

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Magyar, S., 2014. Definicija suše in njene posledice. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Brilly, M.): 30 str.

Datum arhiviranja: 28-09-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Magyar, S., 2014. Definicija suše in njene posledice. B.Sc Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Brilly, M.): 30 pp.

Archiving Date: 28-09-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidatka:

SABINA MAGYAR

DEFINICIJA SUŠE IN NJENE POSLEDICE

Diplomska naloga št.: 114/B-GR

DEFINITION AND EFFECTS OF DROUGHT

Graduation thesis No.: 114/B-GR

Mentor:

prof. dr. Mitja Brilly

Ljubljana, 02. 09. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Spodaj podpisana Sabina Magyar izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »Definicija suše in njene posledice«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 19. 08. 2014

Sabina Magyar

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	551.577.38(497.4)(043.2)
Avtor:	Sabina Magyar
Mentor:	prof. dr. Mitja Brilly
Naslov:	Definicija suše in njene posledice
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	30 str., 12 pregl., 14 sl., 3 pril.
Ključne besede:	suša, SPI, podnebne spremembe, oskrba z vodo, škoda, ukrepi

Izvleček

V diplomski nalogi so predstavljene različne definicije suše. Prikazana je razširjenost sušnih pojavov po svetu, Evropi in Sloveniji. Ekstremni sušni dogodki so analizirani glede na trajanje, znesek nastale škode ali število človeških žrtev. V raziskovalnem delu sta preučevani količina mesečnih padavin z izračunom SPI (standardiziran padavinski indeks) in mesečne temperature v Ljubljani med leti 1851 in 2013. Na podlagi tega dobimo trende, ki nam služijo za napoved sprememb, ki nas čakajo v prihodnosti. Na spremembe intenzitete in trajanja suše vplivata predvsem segrevanje ozračja in neenakomerna porazdeljenost padavin. Na koncu so predstavljeni možni ukrepi za zmanjševanje posledic suše ter sonaravni ukrepi za revitalizacijo vodotokov in podtalnice. Zaključimo lahko, da preventiva predstavlja manjše stroške od letnih poplačil škode.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	551.577.38(497.4)(043.2)
Author:	Sabina Magyar
Supervisor:	prof. Mitja Brilly, Ph.D.
Title:	Definiton and effects of drought
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	30 p., 12 tab., 14 fig., 3 ann.
Key words:	drought, SPI, climate change, water supply, damages, drought management techniques

Abstract

The graduation thesis deals with different definitions and extent of drought around the World, in Europe and Slovenia. Extreme drought occurrences are being analysed according to their duration, cost or number of death causes. The research paper studies monthly temperatures and the amount of monthly precipitation of Ljubljana in 1851-2013 period, measuring drought based on Standard Precipitation Index. These data are foundation to further forecast and spotting the changes being brought to us in the future. Intensity of a drought phenomenon depends on warming of the athmosphere and irregular precipitation. Some possible solutions to drought effects reduction and watercourse and groundwater revitalizing are presented at the end. We can conclude that prevention expenses are in considerable favour of annual damage costs.

KAZALO VSEBINE

IZJAVA	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
1 UVOD	1
2 DEFINICIJA SUŠE.....	2
2.1 Pojemna definicija.....	2
2.2 Operativna definicija	2
2.3 Delitev suše.....	3
2.3.1 Meteorološka suša	4
2.3.2 Hidrološka suša	4
2.3.3 Kmetijska suša.....	4
2.3.4 Socialno-ekonomska suša	5
3 PROBLEMATIKA SUŠE.....	6
3.1 Razširjenost suše po svetu	6
3.2 Razširjenost suše po Evropi	7
3.3 Škoda, ki jo povzroči suša.....	9
4 SUŠA IN PRESKRBA Z VODO V SLOVENIJI	11
4.1 Sušni pojavi.....	11
4.2 Posledice v oskrbi z vodo in nastala škoda.....	12
4.3 Primerjava z drugimi naravnimi katastrofami	14
5 ANALIZA PODATKOV ZA LJUBLJANO	15
5.1 SPI.....	15
5.2 Temperature	17
6 VPLIV PODNEBNIH SPREMEMB NA POJAV SUŠE	18
7 UKREPI	20
7.1 Sonaravni ukrepi za zadrževanje vode.....	20
7.1.1 Revitalizacija vodotoka	20
7.1.2 Ekoremediacija.....	21
7.1.2.1 Sanacija melioracijskega jarka.....	21
7.1.2.2 Stranski rokavi vodotokov	21
7.1.2.3 Mlinščice	21
7.1.3 Vegetacijski pas.....	21
7.2 Ukrepi v urbanem okolju	22
7.2.1 Zadrževalniki.....	22
7.3 Ukrepi na kmetijskih površinah	22
7.3.1 Suhi in mokri zadrževalniki	22
7.3.2 Vodnjak	22
7.4 Jez	23

7.5	Namakanje	23
7.5.1	Namakanje v Sloveniji.....	23
7.6	Ostali ukrepi za pridobivanje vode.....	24
7.6.1	Umetno bogatenje podzemne vode.....	24
7.6.2	Desalinacija	25
8	ZAKONI IN DIREKTIVE V SLOVENIJI	26
9	ZAKLJUČEK	27
VIRI		28

PRILOGE

KAZALO SLIK

Slika 1: Razvoj in vplivi sušnega pojava	3
Slika 2: Svetovna ranljivost na dezertifikacijo glede na podnebje in tip tal	6
Slika 3: Število sušnih obdobj po državi v letih 1974-2003	7
Slika 4: Sušni pojavi od leta 2002 naprej	8
Slika 5: Primanjkljaj vode na kmetijskih tleh v Sloveniji (marec–junij 2003)	12
Slika 6: Ocenjena letna škoda po vrstah naravnih nesreč v Sloveniji	14
Slika 7: Vrednost SPI	15
Slika 8: Segrevanje subtropskega pasu v letu 2013 (primerjalno obdobje 1981-2010)	18
Slika 9: Ekoremediacija	21
Slika 10: Vegetacijski pas	21
Slika 11: Izkoriščenost namakanih zemljišč	24
Slika 12: Dotok onesnažene vode v črpališče	24
Slika 13: Umetno bogatenje	25
Slika 14: Obrat za desalinacijo	25

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Sušni pojavi od leta 2002 naprej (IDD).....	9
Preglednica 2: Sušni pojavi v Evropi v letih 1964-2013.....	9
Preglednica 3: Sušni pojavi po kontinentih v obdobju 1964-2013.....	10
Preglednica 4: Sušni pojavi po letu 1901 po številu smrtnih žrtev.....	10
Preglednica 5: Sušni pojavi po letu 1901 po številu neposredno prizadetih.....	10
Preglednica 6: Razpredelnica primanjkljaja vode po conah.....	12
Preglednica 7: Ocenjena letna škoda zaradi suše (v EUR).....	13
Preglednica 8: Največje naravne katastrofe po številu smrtnih žrtev v Sloveniji (1900-2014).....	14
Preglednica 9: Največje naravne katastrofe po št.neposredno prizadetih v Sloveniji (1900-2014)	14
Preglednica 10: Koledarska leta, v katerih je bilo najmanj padavin.....	16
Preglednica 11: Hidrološka leta, v katerih je bilo najmanj padavin.....	16
Preglednica 12: Leta z najmanj padavinami med marcem in septembrom.....	17

1 UVOD

Voda je osnovni vir življenja in je ključna za velik delež sektorjev in dejavnosti. Med najbolj odvisnimi od vode so kmetijstvo, industrija, energetika in gozdarstvo, močan vpliv pa ima tudi na promet, urbanizem, turizem, zdravstvo ter zavarovalništvo. V različnih oblikah jo lahko najdemo v oceanih, na kopnem in v atmosferi.

Skupna količina vode na našem planetu je 1,386 milijarde km³, vendar je od tega le 2,5% sladke, kar znaša 35 milijonov km³ vod. Dve tretjini sladke vode se nahajata v obliki ledu in ena tretjina v podzemnih vodah. Le 1% vseh sladkih vod, ki jih predstavljajo jezera, tekoče vode in voda tik pod zemeljskim površjem, je dejansko na razpolago človeškim potrebam. Na Zemlji je pitne vode v izobilju, vendar je neenakomerno razporejena. [1]

Ker je voda tesno povezana s podnebjem, vsaka podnebna sprememba občutno vpliva tudi na hidrološki krog. V diplomski nalogi bom predstavila osnovne definicije suše, vzroke za nastanek in njeno razširjenost. Suša je ponavljajoč pojav, ki ga je težko napovedati. Razširjena je po celem svetu, vendar njene značilnosti variirajo glede na posamezno regijo. Kaže se v izsušenosti tal, znižanju nivoja podtalnice in zmanjšanjem pretoku površinskih voda, za seboj pa pušča veliko gospodarsko in okoljsko škodo ter posledično močan vpliv na prebivalstvo.

Na podlagi analize mesečnih padavin v Ljubljani od leta 1851 naprej sem predstavila nihanje sušnih obdobij v preteklosti. Pretekli podatki nam seveda služijo za napoved prihodnjih, tako da sem skušala priti do zaključka, kakšne spremembe v podnebjju nas čakajo. Ukvarjala sem se tudi s preventivo, torej z možnimi ukrepi za ublažitev posledic suše, oziroma preprečitve nastanka tega pojava.

2 DEFINICIJA SUŠE

Razlike v značilnostih pojava suše po svetu so razlog za oteženo oblikovanje prave definicije za ta pojav. Ločimo pojmovne in operativne definicije suše. Pojmovne definicije so splošni opisi, ki ljudem pomagajo razumeti koncept pojava, vendar ponujajo malo konkretnih informacij za oceno trenutnega sušnega stanja. V pomoč so predvsem pri ustvarjanju strategij za boj proti suši. [2]

2.1 Pojmovna definicija

Tudi organizacije, ki se ukvarjajo s pojavom suše, si pri definiciji niso enotne. Tako Svetovna meteorološka organizacija (WMO) definira sušo kot obdobje dolgotrajnega pomanjkanja padavin, ki poškoduje poljščino in posledično zmanjša količino pridelka. [2] Evropski center za upravljanje suše (EDC) definira sušo kot trajen pojav s podpovprečno razpoložljivostjo vode na širokem območju. [3] Center za upravljanje s sušo v jugovzhodni Evropi (DMCSEE) sušo opredeljuje kot normalni podnebni pojav za območje celega sveta. [4]

V Mednarodnem hidrološkem slovarju najdemo naslednjo definicijo suše. "Je daljše obdobje pomanjkanja padavin, katerega posledica je upad količine vode v rečnih strugah in jezerskih kotanjah ter izčrpavanje vlage tal in podtalnice." [5]

Na spletu zasledimo definicijo, ki upošteva tudi vpliv družbenih okoliščin na nastanek suše. Suša je posledica tako naravnih kot družbenih okoliščin, ki vplivajo na pomanjkanje vode, nujne za nemoteno izvajanje kmetijstva. S tem sta posledično zmanjšani kakovost in količina pridelka. Pomanjkanje vode je v obliki poškodbe nasadov vidno tudi na gozdovih. [6]

2.2 Operativna definicija

Veliko bolj funkcionalne so definicije, katerih primarni interes je določiti trajanje (začetek, konec) in jakost suše. Operativne definicije izhajajo iz primerjave razmerij med dnevnimi vrednostmi količine padavin in dnevno evapotranspiracijo (izhlapevanje vode iz rastlin). Ta primerjava je podlaga za ocenitev primanjkljaja vode v tleh. Po priporočilih Svetovne meteorološke organizacije se merijo odstopanja trenutne situacije od že znanih preteklih povprečij, ki so zasnovana na podlagi 30-letnih časovnih nizov. [2] Hisdal in Tallaksen sta zapisala, da je časovni interval, primeren za uporabo v analizi, odvisen od padavinskega režima in preučevanega problema. [7]

V sušnem obdobju, ki lahko traja od nekaj dni do več mesecev, je količina padavin manjša od potrebne. Karel Natek je sušno obdobje definiral z najmanj 10 zaporednimi dnevi, v katerih pade manj kot 0,1 mm padavin dnevno. Sušnost je lahko klimatsko, litološko ali geomorfološko pogojena. [8]

S trditvami, ki temeljijo le na številu dni z nezadostno količino padavin, se ne strinja I. Gams, saj ne upoštevajo pedoloških (tip in debelina tal), geoloških (kamninska osnova) in geomorfoloških (naklon terena, osončenost) značilnosti območja ter ostalih klimatskih pojavov (temperatura zraka, veter). Sušo je potrebno obravnavati s stališča klimatogeografije, ker sta evapotranspiracija rastlin in retencijska sposobnost zemlje pomembni lastnosti tal za vrednotenje suše. [9]

Kobold in Sušnik sta izsušenost povezala z več procesi: večje izhlapevanje, manjši odtok, manjše napajanje vodonosnikov. Predpogoj za nastanek sušnega obdobja so pomanjkanje padavin, visoka temperatura, močan veter in nizka relativna vlažnost. [10]

2.3 Delitev suše

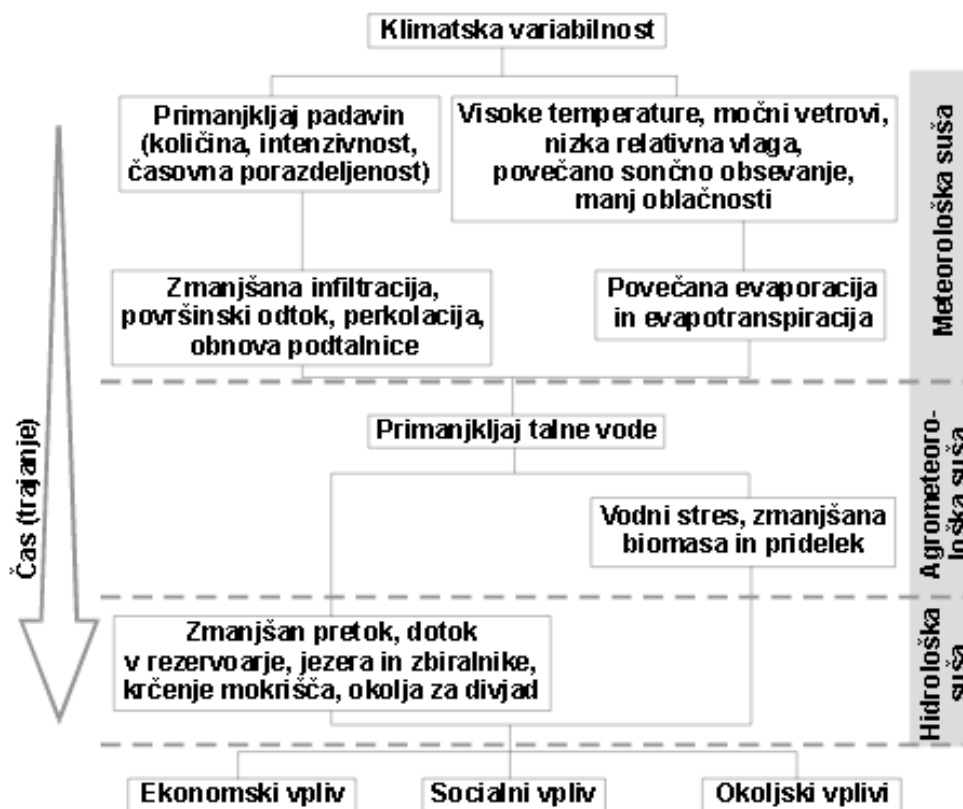
Tate & Gustard sta izdelala klasifikacijo suše, ki z vidika hidrologije deli pojav suše na pet kategorij:

- klimatološka;
- agro-meteorološka;
- suša rečnega toka (zaradi deficita pretoka v vodotokih);
- suša podzemnih voda;
- operativna suša. [11]

Večina definicij zanemara pomen relativnosti pojma suše. Običajno se za meritev suše uporabijo primerjave z dolgoletnimi povprečnimi oziroma pričakovanimi vrednostmi padlih padavin. Palmerjeva analiza večih definicij suše je pokazala, da se le-te močno razlikujejo v opredelitvi časovnega obdobja, potrebnega za nastanek suše. Zaključil je, da je suša posledica nenormalnega primanjkljaja vode, torej nastopi takrat, ko oskrba z vodo pade pod klimatološko pričakovano. [12]

Wilhite in Glantz sta po analizi 150-ih definicij suše prišla do zaključka, da tega pojava ni mogoče zapisati z eno samo splošno definicijo. Tako je nastala delitev suše na:

- meteorološko;
- hidrološko;
- kmetijsko;
- socialno-ekonomsko. [13]



Slika 1: Razvoj in vplivi sušnega pojava

(Vir: <http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/projekti/Gregoric.pdf>)

2.3.1 Meteorološka suša

Meteorološka suša je definirana na podlagi stopnje suhosti in trajanja sušnega obdobja. Je najenostavnejša vrsta suše za preučevanje in opravljanje meritev. Zaradi podnebnih raznolikosti med posameznimi deli sveta je definicija meteorološke suše individualna, torej se osredotoča le na točno določeno območje. Metoda merjenja števila dni brez padavin je primerna le za območja z enakomerno porazdelitvijo padavin čez celo leto. V krajih s sezonskimi vzorci porazdelitve padavin so tako uporabnejše primerjave z dolgoletnimi povprečji. [13]

Individualizacija definicije otežuje neposredne primerjave sušnih pojavov, ki so raztreseni po vsem svetu. Podatki o pričakovani normalni količini padavin, njihovi razporejenosti in vplivu pomanjkanja, se močno razlikujejo od kraja do kraja. Težava je rešljiva z uporabo centilov, kot sta to storila Gibbs in Maher, ko sta uporabila 10-odstotne intervale kumulativne porazdelitve pogostosti mesečnih in letnih padavin za klasifikacijo razmer vlažnosti v Avstraliji. [14]

2.3.2 Hidrološka suša

Hidrološka suša se pojavi z zamikom glede na meteorološko in kmetijsko, saj so procesi izmenjave vode v vodonosnikih počasnejši od procesov v drugih delih vodnega kroga. Lahko je tudi posledica spremembe rabe tal (npr. sečnja gozdov), onesnaževanja tal ali gradnje jezov. O hidrološki suši govorimo, kadar primanjkuje padavin v celem porečju, vključno z zbiralniki vode, jezeri, podtalnico in vlago v zemlji. Stopnjo suše določimo z odčitavanjem nivoja rečne gladine. [13]

V kratkem času lahko prizadene kmetijstvo zaradi izsušenih tal, za ogrožitev nivoja vode v zbiralnikih in s tem produktivnosti hidroelektrarn pa je potrebnega več časa. [13] Hidrološka suša podzemnih voda se pojavi še kasneje, saj je posledica meteorološke suše, hidrološke suše površinskih voda in izsušenosti tal. Z zamikom se tudi konča, saj so nihanja gladin razmeroma počasna in majhna.

Z zmanjšanjem pretoka in hitrosti toka reke pade tudi hitrost izmenjave kisika iz zraka, ki je pomembna za samočistilno sposobnost vode. Do poslabšanja kakovosti vode pride zaradi povišanja škodljivih snovi v vodi, ki se zaradi manjšega pretoka slabše razredčijo. Težava pride še posebej do izraza na odsekih, kjer voda pronica v podtalnico. [15]

2.3.3 Kmetijska suša

Ko nastopi sušno obdobje, je večinoma najprej prizadet kmetijski sektor. Pomanjkanje vode v tleh se odraža na manjšem pridelku. Ob nadaljnjem primanjkljaju padavin suša prizadene še površinske vode in podtalnico ter vpliva na oskrbo z vodo in hidroenergijo. [10]

Glede na zmanjšanje količine pridelka (brez škodljivih vplivov drugih dejavnikov) se kmetijska suša deli na 3 skupine:

- zmerna suša (pridelek zmanjšan do 20%);
- srednja suša (pridelek zmanjšan od 21 do 50%);
- močna suša (pridelek zmanjšan za več kot 50%). [16]

D. A. Wilhite in M. H. Glantz sta zapisala, da je kmetijska suša pojav pomanjkanja vlage, ki bi zadostila potrebam rastlin po vodi. Obseg pridelkov je lahko znatno zmanjšan ali celo ničeln, če suša nastopi med intenzivno rastjo in razvojem kmetijskih rastlin. Kazalci suše so pomanjkanje padavin, razlika med dejansko in pričakovano evapotranspiracijo, izsuševanje tal, upad nivoja podtalnice in vodozadrževalna lastnost tal. [13] Prav tla z zmanjšano sposobnostjo zadrževanja vode so najbolj nagnjena k izsušenosti tal, ki je najpogostejša oblika suše v kmetijstvu. Kadar je v tleh in zraku zadostna količina vlage, nastopi pa izrazito povišanje temperature, pride do fiziološke suše.

2.3.4 Socialno-ekonomska suša

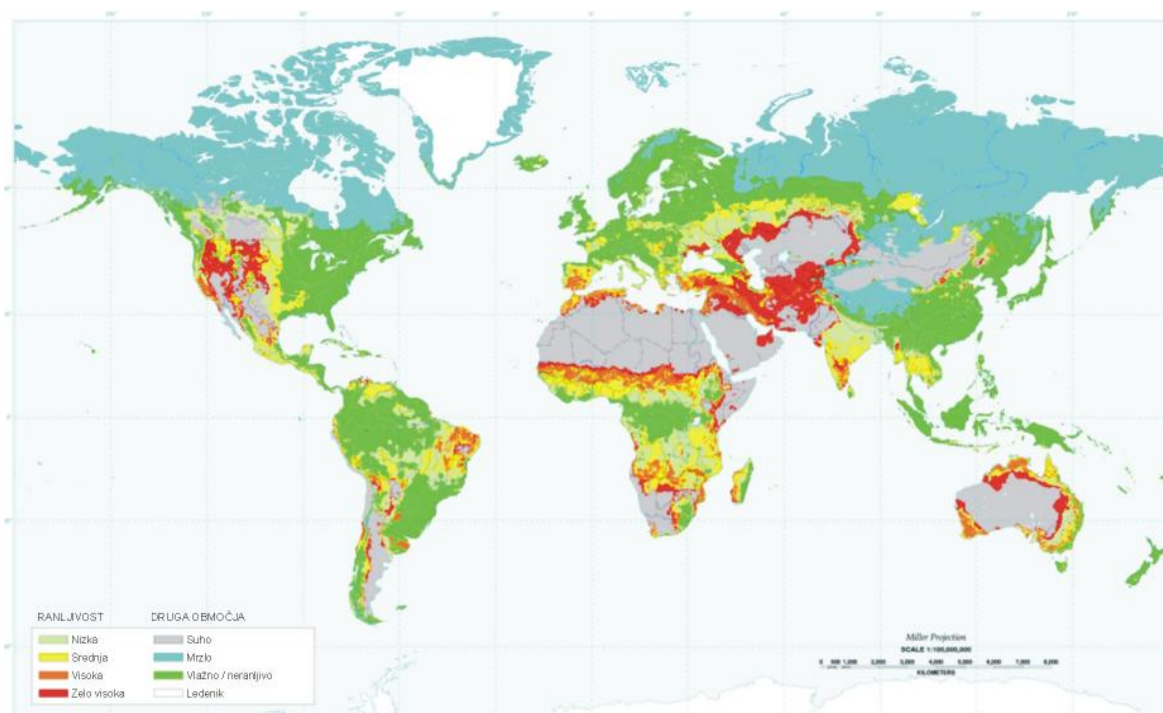
Zaradi klimatske spremenljivosti zaloga vode skozi leto niha od obilne do nezadostne za potrebe človeka in okolja. Socialno-ekonomska suša nastopi, ko potreba po dobrinah in storitvah preseže zmogljivost oskrbe. Povpraševanje po materialnih dobrinah, še posebej po hrani in pijači, se viša vzporedno s porastom svetovne populacije. Če potrošnja raste hitreje, oziroma je občutno višja od zmogljivosti oskrbe, je tudi tveganje za nastanek suše večje. [13]

3 PROBLEMATIKA SUŠE

3.1 Razširjenost suše po svetu

Pojav suše je posledica meteoroloških, fizičnih in človekovih dejavnosti. Dejavniki, ki so povod za sušo, imajo po različnih koncih sveta različne vplive na okolje, tako je recimo pomanjkanje padavin bolj kritično v krajih z višjimi temperaturami, kjer je večje tudi izhlapevanje. Pomembno vlogo imajo tla in njihova sposobnost zadrževanja vode, ob vsem tem pa je pomemben dejavnik človeka, torej poraba vode, življenjski standard in onesnaževanje. Zaradi tega se sušni pojavi po svetu močno razlikujejo med seboj. Razlikujejo se tudi definicije "normalnega" stanja ter vrednotenje jakosti suše. V tropskih območjih je suša razglašena že po nekaj dnevih brez dežja, medtem ko v avstralska državna strategija definicijo suše že vključuje v termin normalne klimatske variabilnosti. V Avstraliji so kmetje upravičeni do finančne pomoči le v izjemnih sušnih razmerah, torej ko pojav suše preseže meje, ki so upoštewane v normalnem tveganju pridelave. [17]

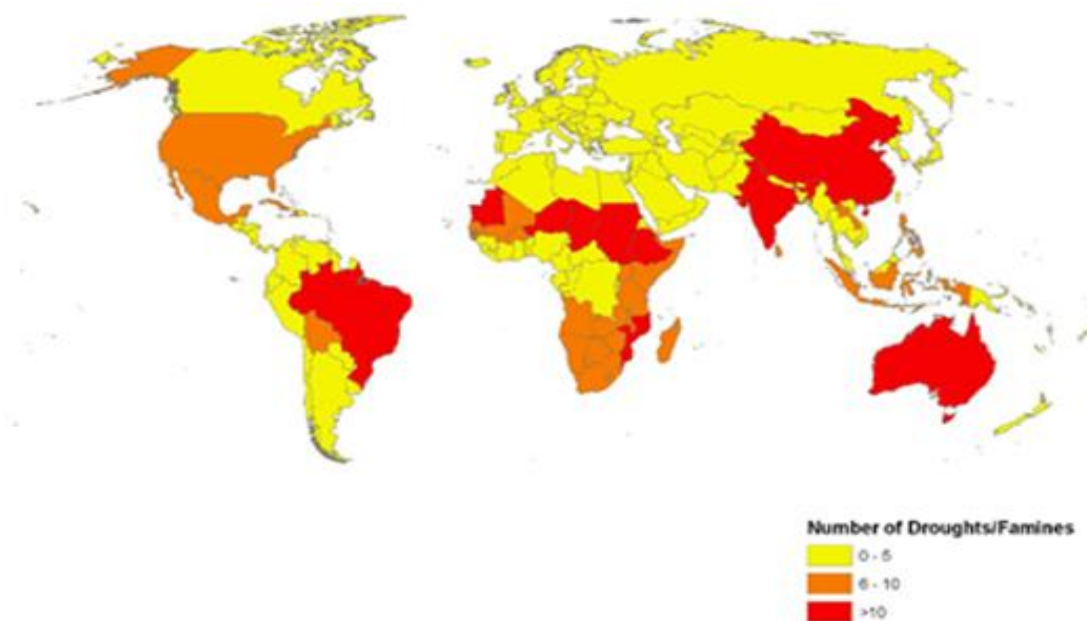
Dezertifikacija je pojav suhega in polsuhega podnebja. Predstavlja velik ekonomski in socialni problem, saj je na teh območjih zmanjšana pridelava hrane, ker tla niso primerna za obdelavo in pašo. Lahko vodi do revščine, lakote, migracij, konfliktov in vojn. Od leta 1970 se je hitrost dezertifikacije podvojila, tako da je danes kar milijarda ljudi v stotih državah sveta ogroženih, četrtnina teh pa neposredno prizadetih. Po napovedih Združenih Narodov se bodo do leta 2025 v puščave spremenile 2/3 obdelovalne zemlje v Afriki, 1/3 v Aziji in 1/5 v Južni Ameriki. Tudi napovedi za Evropo so slabe, saj se dezertifikacija širi iz Afrike skozi Severno Sredozemlje. Na Portugalskem je ogroženih že 60%, v Španiji 31% in v Turčiji 75% obdelovalnih površin. [18]



Slika 2: Svetovna ranljivost na dezertifikacijo glede na podnebje in tip tal
(Vir: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/agromet/product/document/sl/IZZIVI_Slovenije_na_podroczju_sus_in_degradacije_tal.pdf)

Leta 2012 je suša prizadela večji del sveta, tako območja ogrožena zaradi dezertifikacije, kot tudi večji del Evrope, ZDA, Brazilijo in Kitajsko. Na več kot 60 odstotkih ozemlja ZDA (brez Aljaske) so bili pridelek in vodne zaloge močno zmanjšani. Pridelek je bil bolj prizadet le v letih 1934–1936, v času t.i. Dust Bowla, obdobja hudih prašnih viharjev. Leto 2012 je bilo v ZDA najtoplejše po letu 1895, temperature so bile za 1,7°C višje od povprečja 20. stoletja ter za 0,55°C nad prejšnjim rekordnim letom 1998. Škoda v poljedelstvu je bila ocenjena na 20 milijard USD, vročinski val pa je terjal več kot 120 življenj. [19]

Avstralija, Kitajska, Indija, Brazilija in območje Sahela v Afriki so kraji po svetu, ki so v obdobju tridesetih let (1974-2003) sušo občutili več kot 10-krat. [20]



Slika 3: Število sušnih obdobj po državi v letih 1974-2003
(Vir: <http://www.emdat.be/>)

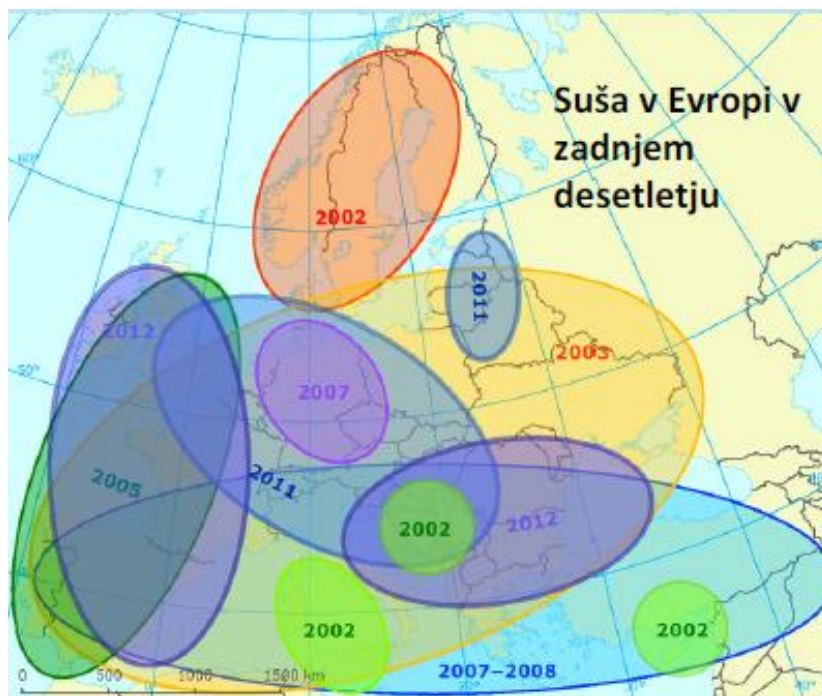
Po podatkih FAO znaša letna minimalna potreba vode na prebivalca 1200m³, od tega 1150 m³ za pridelavo hrane. Od leta 1950 se je svetovna poraba vode povečala za trikrat, na 4500 km³ na leto, kar znaša več kot tretjino vseh lažje dostopnih količin sladke vode. Dve tretjini te vode se porabita samo za namakanje v kmetijstvu. [1] Problem oskrbe s pitno vodo narašča, delež ljudi, ki stradajo, pa se je kljub podvojenemu številu prebivalstva od leta 1961, zaradi potrojene proizvodnje hrane, enakomerno zmanjševal z več kot 50% svetovnega prebivalstva na današnjih 18%.

3.2 Razširjenost suše po Evropi

Dobra desetina Evropejcev živi na sušnih območjih, 17% ozemlja je prizadetega zaradi suše, [18] uporaba modelnih izračunov pa je pokazala, da se bodo površine z vodnim deficitom povečale še za 20-25%. [21]

Kot je že znano, suša ne nastopi le v poletnih mesecih. Ob nizki količini padavin se pojavlja tudi v preostalih delih leta, predvsem na Iberskem polotoku, jugu Francije, v osrednji Italiji, na Madžarskem in v delih Grčije, Bolgarije ter Romunije.

V obdobju 2000-2006 je bilo zaradi suše letno prizadetega povprečno 15% ozemlja Evropske Unije in 17% evropskega prebivalstva. Ob tem je nastalo za skupno 100 milijard EUR škode. V zadnjem desetletju smo bili priča sedmim sušnim pojavom, ki so precej razdrobljeni po ozemlju Evrope. Največ jih je bilo v južnem delu Evrope, leta 2002 pa je suša prizadela tudi Skandinavijo. [22]



Slika 4: Sušni pojavi od leta 2002 naprej
(Vir: <http://www.arso.gov.si/podnebnem%20spremembe/projekti/Susnik.pdf>)

Po kriterijih [23] Mednarodne podatkovne baze katastrof (International Disaster Database-IDD) je bilo v Evropi precej manj sušnih pojavov, kot navajajo ostali viri. Kriteriji, ki naravno katastrofo uvrstijo na seznam IDD*:

- 10 ali več smrtnih žrtev;
- 100 ali več neposredno prizadetih ljudi (poškodovanci, brezdomci in drugače oškodovani);
- opredelitev katastrofe kot izredno stanje;
- prošnja za mednarodno pomoč.

*izpolnjen mora biti vsaj eden izmed kriterijev

Skupna škoda teh trinajstih pojavov znaša 7959709 (v 1000 \$).

Preglednica 1: Sušni pojavi od leta 2002 naprej
(Vir: <http://www.emdat.be/>)

Leto	Država
2002	Italija
2003	Bosna in Hercegovina
2003	Hrvaška
2003	Madžarska
2003	Rusija
2004	Portugalska
2006	Litva
2007	Moldavija
2010	Rusija
2012	Italija
2012	Moldavija
2012	Rusija
2012	Ukrajina

3.3 Škoda, ki jo povzroči suša

Če analiziramo 50-letno obdobje, ki ga razdelimo na desetletja, opazimo da v Evropi število sušnih pojavov, neposredno ogroženih ljudi in škod narašča. V preteklosti je bilo število smrtnih žrtev, zaradi slabe intervencije in pripravljenosti, višje kot danes. S primerjavo števil sušnih pojavov po celinah pridemo do zaključka, da je Afrika najbolj ogrožena, če pa primerjamo po številu smrtnih žrtev, vidimo, da jih je v Aziji, kljub manjšemu številu suš, največ. Azijcev je številčno največ tudi neposredno prizadetih, saj so območja, ki jih prizadene suša, gosto poseljena. Največ škode je bilo povzročene v Ameriki, saj zaradi njenega močno razvitega gospodarstva vsak pojav prinese veliko izgube. Po podatkih NDMC (2001) je letna škoda v ZDA zaradi suše in njenih posledic 6-8 milijard \$, kar je več kot dvojni znesek škode nastale zaradi poplav. [24]

Največ škode zaradi naravnih nesreč nastane v razvitem svetu, največ žrtev in prizadetih pa v deželah v razvoju. Čeprav škoda narašča tudi zaradi višanja vrednosti premoženja, podatki o nesrečah potrjujejo pomembnost preventivnih ukrepov za zmanjševanje učinkov naravnih nesreč. [19]

Preglednica 2: Sušni pojavi v Evropi v letih 1964-2013
(Vir: <http://www.emdat.be/>)

Obdobje	Št. suš	Št. smrtnih žrtev	Št. neposredno prizadetih	Škoda (1000 \$)
1964-1973	22	3184	14833288	166811
1974-1983	27	2856	31342107	3625900
1984-1993	42	2268	5838190	3975800
1994-2003	56	1210	11766494	1162000
2004-2013	55	2201	8306926	7947870

Preglednica 3: Sušni pojavi po kontinentih v obdobju 1964-2013
(Vir: <http://www.emdat.be/>)

Kontinent	Št. sušnih pojavov	Št. smrtnih žrtev	Št. neposredno prizadetih	Škoda (1000 \$)
Afrika	270	677.143	366.793.799	2.984.593
Amerika	131	77	69.810.746	50.471.139
Azija	146	1.513.389	1.692.816.029	34.251.865
Evropa	41	2	10.488.769	25.481.309
Oceanija	22	660	8.034.019	11.526.000
Skupaj	610	2.191.271	2.147.943.362	124.714.906

Če razvrstimo sušne pojave od leta 1901 do danes glede na število smrtnih žrtev, opazimo, da sta na vrhu osrednja Afrika in Indonezija. Neposredno prizadetih je daleč največ v Indiji in na Kitajskem. [25]

Preglednica 4: Sušni pojavi po letu 1901 po številu smrtnih žrtev
(Vir: <http://www.emdat.be/>)

Št. smrtnih žrtev	Država	Leto
85000	Nigerija	1910
8000	Indonezija	1966
672	Indonezija	1997
85	Kenija	1999
84	Indonezija	1986
80	Kenija	2004
79	Uganda	2002
9	Mozambik	2002
9	Mozambik	2003
8	Filipini	1998

Preglednica 5: Sušni pojavi po letu 1901 po številu neposredno prizadetih
(Vir: <http://www.emdat.be/>)

Št. neposredno prizadetih	Država	Leto
300000000	Indija	2002
300000000	Indija	1987
200000000	Indija	1972
100000000	Indija	1965
100000000	Indija	1982
82000000	Kitajska	1994
60000000	Kitajska	2002
60000000	Kitajska	2009
50000000	Indija	2000
49000000	Kitajska	1988

4 SUŠA IN PRESKRBA Z VODO V SLOVENIJI

Slovenija ima na večjem delu svoje površine pozitivno vodno bilanco, kar pomeni, da je količina padavin na njenem ozemlju višja od količine vode, ki izhlapi iz tal in z dihanjem rastlin. Kljub temu se vedno pogosteje spopadamo z občasnimi primanjkljaji vode, večinoma v času intenzivne rasti rastlin. V zadnjih dvajsetih letih opazamo v pretočnih režimih slovenskih rek zmanjšanje spomladanskega viška vode in povečanje jesenskega. Analize nakazujejo tudi izrazitejši poletni minimum. Tako se pomladi in poleti spopadamo s sušo, v jesenskih mesecih pa z visokimi vodami. Letna količina padavin ostaja blizu obdobjnega povprečja, vendar je njihova razporeditev spremenjena. [10]

Za preskrbo s pitno vodo v dobrih 50% primerov uporabljamo podtalnico, saj naj bi bila najboljše kvalitete. Zaradi tega napačnega prepričanja se v praktično vseh vodovodnih sistemih spopadamo z mikrobiološko onesnaženostjo pitne vode. Ker so površinske vode bolj pretočne, imajo večjo samočistilno sposobnost in so zato v nekaterih primerih bistveno manj onesnažene kot podzemne vode. [26]

Odrasel človek porabi povprečno 150 litrov vode na dan. V izrednih razmerah so nosilci vodooskrbe javna podjetja in organi civilne zaščite, medtem ko sanitarne ekipe izvajajo samokontrolo higienske neoporečnosti vode. Oskrba z vodo se organizira odvisno od lokalnih razmer in možnosti:

- dovažanje vode s cisternami/ladjami iz drugih krajev, ki jih ni doletela nesreča;
- prečiščevanje vode z mobilnimi napravami za čiščenje vode;
- oskrba iz lokalnih vodnih objektov.

Pitna voda mora zadoščati več standardom:

- temperatura od 7 do 12°C;
- brez barve, vonja in okusa;
- nevtralna (pH 7);
- določena trdota (od 5 do 15 stopinj nemške trdotne skale, ki znaša 10 mg CaO/stopinjo);
- kemično, biološko in bakteriološko neoporečna.

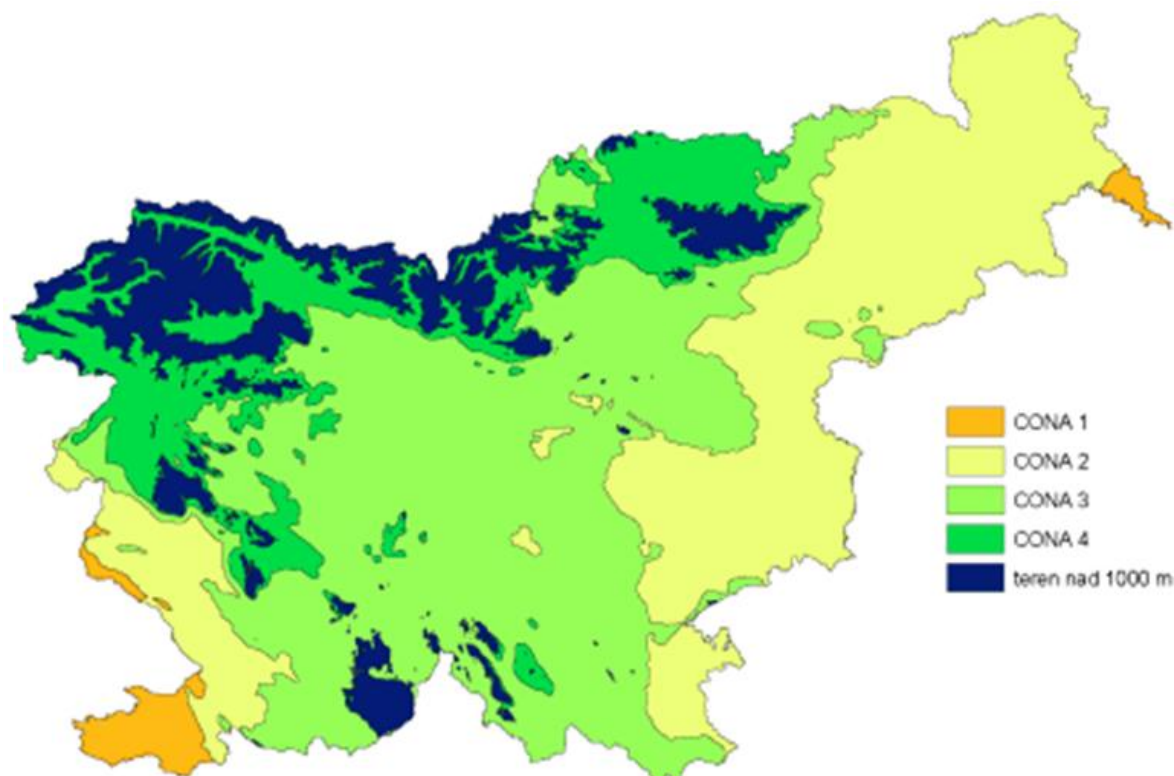
Za zaščito voda se vršijo naslednji ukrepi:

- kurativni ukrepi (dodajanje nitrata, kloriranje);
- preventivni inženirski ukrepi (zaježitev, regulacija rečne struge, umetno povečanje nizkih pretokov, izpiranje in odstranitev hraniv iz vodotoka, čiščenje rečnega korita z mehanskimi sredstvi, umetno prezračevanje, ponovna uporaba vode);
- aktivna zaščita z negativnimi vodnjaki;
- zdravljenje jezer in umetnih akumulacij;
- izpusti v morje. [27]

4.1 Sušni pojavi

O Sloveniji še ne govorimo kot o sušni deželi, čeprav so suše že ponavljajoč pojav na našem ozemlju. Kmetijska suša, ki nastopi v mesecih od aprila do septembra, se je v zadnjih 60-ih letih pojavila 16-krat (1967, 1971, 1973, 1977, 1983, 1992, 1993, 1994, 2000, 2001, 2003, 2006, 2007, 2009, 2012, 2013). Viden je porast pogostosti pojava kmetijske suše v zadnjih letih, saj se je po letu 1990 pojavila 11-krat, od tega po letu 2000 8-krat. [22]

Najhujša suša na območju Slovenije je nastopila leta 2003. Sušno pomladansko in poletno obdobje je prineslo rekorden primanjkljaj vode v zadnjih 50 letih (1961-2002) in posledično uničenje pridelka ter največjo finančno škodo. Za obdobje od 1. marca do konca junija smo območja s podobno visokim deficitom vode razvrstili na 4 cone. Upoštevali smo, da območja nad 1000 m nadmorske višine ne predstavljajo intenzivnih kmetijskih površin.



Slika 5: Primanjkljaj vode na kmetijskih tleh v Sloveniji (marec–junij 2003)
(Vir: <http://www.arso.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/ranljivost.pdf>)

Preglednica 6: Razpredelnica primanjkljaja vode po conah
(Vir: <http://www.arso.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/ranljivost.pdf>)

Cona	Primanjkljaj vode [mm]	Območja
Cona 1	> 210	Primorje, Slovenska Istra, JZ Kraškega roba, Z Vipavske doline, občina Lendava
Cona 2	170 – 210	večji del SV Slovenije, Dolenjska, Bela Krajina, Goriška Brda, Kras, V Vipavske doline, Brkini
Cona 3	130 – 170	večji del osrednje Slovenije, Kočevsko, Suha Krajina, del celjske regije
Cona 4	< 130	alpske doline na Z Slovenije in na Koroškem, Pohorje

4.2 Posledice v oskrbi z vodo in nastala škoda

Problematika vodooskrbe se kaže v zdravstveni oporečnosti pitne vode, neustreznih tlakih, premajhnih dimenzijah cevovodov, nezadostnih količinah pitne vode in kapacitetah vodohranov ter rezervnih vodnih virov. Ponekod prihaja do nekontrolirane izgube in lomov cevovodov ter izpraznitve vodohranov in s tem do poslabšanja hidravličnih razmer, kar lahko privede do vdora nečistoč v oskrbovalni sistem, s čimer bi bilo ogroženo zdravje prebivalcev. Zaradi neurejene vodovodne infrastrukture na Goričkem je oskrba s pitno vodo že v vsakdanjiku otežena, stanje pa se v sušnih obdobjih še poslabša. V poletnih in jesenskih mesecih leta 2003 je bilo za 47.400 prebivalcev Slovenije s cisternami prepeljanih 120.000m³ pitne vode. [28]

Tudi vodovodni sistem na obali je potreben obnove, saj so tamkajšnji prebivalci odvisni od dobave vode iz hrvaške strani. Zaradi kraškega izvora je ta voda zelo trda in manj kakovostna po kemični sestavi, kar povzroča povečano usedanje apnenčastih oblog na stenah cevodovodov in s tem zmanjšuje njihovo prepustnost.

Evropska vodna direktiva predpisuje preprečitev slabšanja kakovosti voda in sprejetje ustreznih sanacijskih ukrepov do leta 2015. Velik korak do varne oskrbe z vodo lahko naredimo s hidravličnimi izboljšavami in zmanjšanjem motenj v oskrbi zaradi okvar na vodovodnem omrežju. Ker so ogroženi predvsem manjši sistemi, je primarne cevodode in podsisteme potrebno medsebojno povezati v enovit sistem oskrbe, saj so ti lažje upravljivi. [26]

Zaradi slabih preventivnih ukrepov preprečevanja suše je posledično cena sanacije škode višja. V letih 2000-2006 je znašala skupna ocenjena škoda zaradi suše 247.261.000 evrov. Odprava posledic suše je državo stala 85.904.000 evrov, medtem ko je za izvajanje preventivnih ukrepov za preprečevanje oziroma ublažitev posledic namenila le 3.280.000 evrov (več kot 25-krat manjša vsota kot za odpravo posledic). [29]

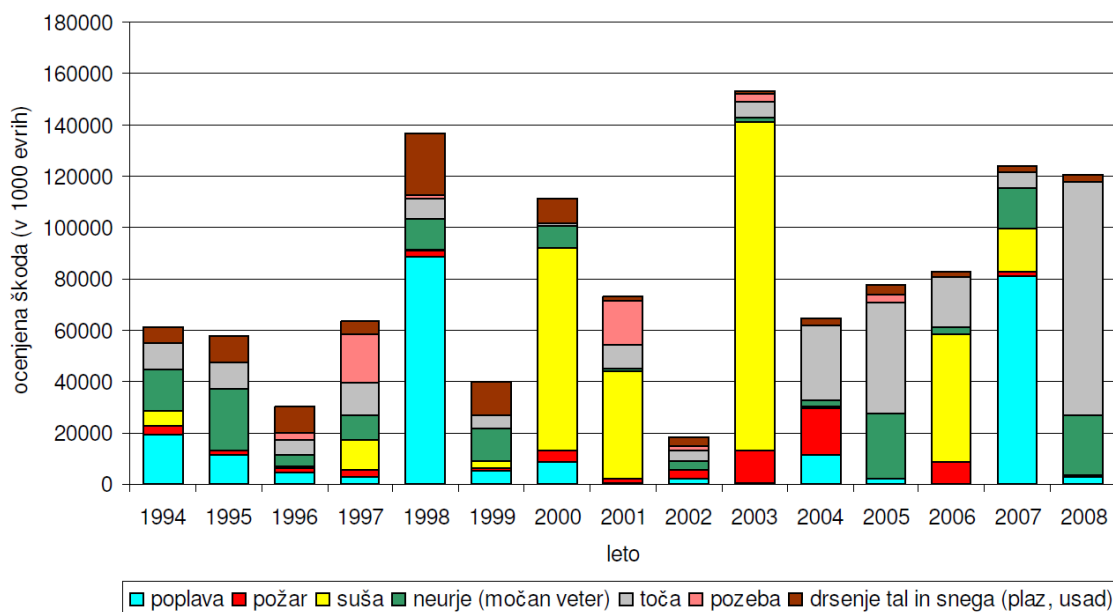
Iz rezultatov analize za obdobje 2003-2012 glede količine izplačane pomoči ter ocene celotne škode je razvidno, da je suša leta 2003 povzročila kar polovico celotne škode tega desetletnega obdobja.

Preglednica 7: Ocenjena letna škoda zaradi suše (v EUR)
(Vir: <http://www.stat.si/>)

	2003	2004	2006	2007	2012	Skupaj
Ocena škode po suši	128.384.000	300.000	49.958.000	16.382.000	56.510.351	251.534.351
Izplačana državna pomoč – škoda po suši	36.846.208	76.500	13.988.240	4.586.960	5.651.035	61.148.943

4.3 Primerjava z drugimi naravnimi katastrofami

Ob primerjavi škode, ki jo povzročijo naravne nesreče, je vidno, da prav suša terja največ denarnih sredstev za odpravo posledic, predvsem v kmetijstvu.



Slika 6: Ocenjena letna škoda po vrstah naravnih nesreč v Sloveniji

(Vir: <http://www.stat.si/>)

Čeprav uvrščamo sušo v Sloveniji med naravne katastrofe, saj povzroča domačemu gospodarstvu ogromno škode, med dokumentiranimi naravnimi katastrofami Mednarodne podatkovne baze katastrof (IDD) ne zasledimo nobenega sušnega pojava iz območja naše države. Kriteriji, ki naravno katastrofo uvrstijo na seznam IDD so navedeni že na str. 8.

Preglednica 8: Največje naravne katastrofe po številu smrtnih žrtev v Sloveniji (1900-2014)

(Vir: <http://www.emdat.be/>)

Št. smrtnih žrtev	Naravna katastrofa	Datum
289	Ekstremno visoke temperature	julij 2003
6	Neurje	18.9.2007
1	Potres	12.7.2004

Preglednica 9: Največje naravne katastrofe po št. neposredno prizadetih v Sloveniji (1900-2014)

(Vir: <http://www.emdat.be/>)

Št. neposredno prizadetih	Naravna katastrofa	Datum
12000	Poplava	5.11.2012
1050	Neurje	18.9.2007
700	Potres	12.4.1998
605	Potres	12.7.2004

5 ANALIZA PODATKOV ZA LJUBLJANO

Predvsem za obdobje 2. svetove vojne beležimo rekordna števila smrtnih žrtev kot posledice suše. Takrat sta bili količina pridelane hrane in z njo lakota, odvisni od vremenskih pogojev, saj je bila hrana lokalnega izvora. V današnjih časih, ko hrano uvažamo praktično iz celega sveta, je obseg lakote v zelo majhni meri odvisen od podnebja, v večji meri je odvisen od gospodarstva. Ker je svetovno gospodarstvo v zadnjih letih nestabilno, se spodbuja lokalna oskrba s hrano. Ta ukrep je smiseln le do določene mere, ki ne prinaša prevelikih izgub in nespametnih vlaganj. Za kmetijstvo je treba uporabiti najboljša zemljišča in tista, ki jih lahko z ukrepi (navedeni v poglavju: Ukrepi) usposobimo za donosno pridelavo hrane.

5.1 SPI

Sušo je možno meriti na več načinov, najbolj razširjen pri operativni rabi pa je izračun SPI (standardiziran padavinski indeks). Na podlagi količine padavin lahko poračunamo pomanjkanje le-teh glede na povprečne vrednosti (standardni odklon) za določene časovne skale. To sem storila z računalniškim programom Nacionalnega centra za upravljanje s sušo NDMC (National Drought Mitigation Center) za izračun SPI (Program to Calculate Standardised Precipitation Index).

Kot vhodni podatek sem vnesla mesečne vrednosti padavin v Ljubljani med leti 1851 in 2013 (<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>). Primerjala sem podatke za časovni skali enega in 24-ih mesecev, saj so lahko izračuni za enomesečno skalo zavajajoči zaradi majhnih količin sezonskih (zimskih) padavin. Sušni dogodek se začne, ko vrednost SPI pade pod -1 in traja, dokler je vrednost negativna.

SPI	Klasifikacija	Verjetnost (%)
2.00 ali več	ekstremno mokro	2.3
1.50 do 1.99	zelo mokro	4.4
1.00 do 1.49	zmerno mokro	9.2
0 do 0.99	normalno	34.1
0 do -0.99	normalno	34.1
-1 do -1.49	zmerna suša	9.2
-1.50 do -1.99	huda suša	4.4
-2.00 ali manj	ekstremna suša	2.3

Slika 7: Vrednost SPI

(Vir: Gregorič, G., Ceglar, A. 2007. Monitoring suše- regionalni aspekt. V: 19. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor: str. 124)

Vsaka točka na grafu SPI za mesečna obdobja v odvisnosti od časa (Priloga A) pripada mesečni vrednosti SPI, s črno barvo pa je označena trendna črta, ki prikazuje drseče povprečje za 12-mesečna obdobja. Rezultati kažejo, da so bila do leta 1900 sušna predvsem leta 1857-1859, 1862-1863, 1875, 1890-1894. Septembra leta 1920 se je pričela suša, ki je trajala do konca poletja leta 1922. Daleč najbolj sušno obdobje v Ljubljani je nastopilo med leti 1940 in 1960, s pričetkom avgusta 1942 do septembra 1944, nato junija 1945 do konca 1946. Sledilo je še sušno leto 1947 in obdobje med marcem 1949 vse do oktobra 1950. Do leta 1960 so bile sušne predvsem jeseni (november 1953 in 1957 ter oktober 1954). V naslednjih 20 letih opazimo poletne suše v letih 1968, 1971, 1977 in 1982. V zadnjih dveh desetletjih je število sušnih pojavov spet naraslo. Opazimo suše med leti 1990 in 1993, 2001 in 2003, 2006, septembra 2008, leta 2011 in marca 2013.

Rezultati izračuna SPI za 24-mesečna obdobja (Priloga B) pa nam dajo malenkost drugačno sliko. Velike suše so Ljubljano prizadele sredi 19. stoletja, nato okrog leta 1890 in ponovno v drugem desetletju 20. stoletja. Naslednje sušno obdobje je trajalo kar 10 let (1939-1949), za tem se suša pojavi še v letih 1988, 2001-2003, 2006 in 2010.

Z analizo rezultatov SPI vidim, da so nas sušna obdobja spremljala že v preteklosti, vendar šele v današnjih časih opozarjamo na ta pojav. Danes je škoda, ki jo povzroči suša, visoka zaradi škode v gospodarstvu, nekoč pa so bile posledice tega pojava predvsem smrtne žrtve, saj ljudje niso prišli do vode in hrane, potrebne za preživetje.

Preglednica 10: Koledarska leta, v katerih je bilo najmanj padavin

Leto	Padavine [mm]
1857	767,00
1890	810,00
1865	819,00
1920	850,00
1942	864,00
1946	873,00
1921	931,00
1949	956,00
1877	974,00
2011	1000,00

Leta (obravnavano hidrološko leto, torej 1946 pomeni obdobje od 1.10.1946 do 30.9.1947), v katerih je bilo najmanj padavin:

Preglednica 11: Hidrološka leta, v katerih je bilo najmanj padavin

Leto	Padavine [mm]
1946	722,00
1865	829,00
1857	844,00
1890	883,00
1949	972,00
1921	977,00
1858	982,00
1950	1003,00
1877	1022,00
2003	1032,00

Preglednica 12: Leta z najmanj padavinami med marcem in septembrom

Leto	Padavine [mm]
1865	358,00
1890	437,00
1857	455,00
1946	458,00
2003	539,00
1977	550,00
1949	552,00
1950	567,00
1942	592,00
1947	596,00

5.2 Temperature

Za obdobje 1851-2013 sem primerjala še povprečne mesečne vrednosti temperature (Priloga C). Linearna trendna črta na grafu letnih temperatur kaže na povečanje povprečne letne temperature za 2,0736°C.

Enačba trenda: $y = 0,0128x + 8,6094$

Povprečna letna temperatura (1851): 8,6094°C

Povprečna letna temperatura (2013): 10,683°C

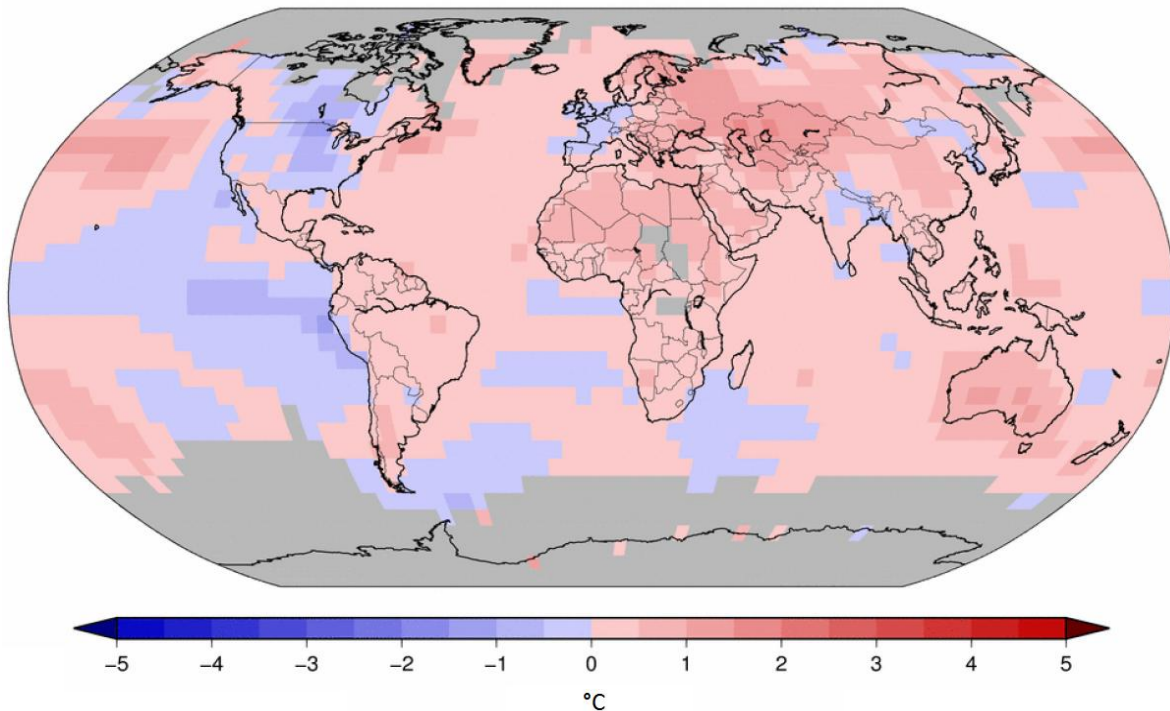
Ta porast povprečne letne temperature nam pokaže, da so napovedi za povečanje števila sušnih pojavov v prihodnosti, ki temeljijo na osnovi povišanih temperatur, netočne oziroma pomanjkljive, saj beležimo velike sušne pojave v obdobjih s temperaturami, ki niso ekstremne.

6 VPLIV PODNEBNIH SPREMENB NA POJAV SUŠE

Klimatologi napovedujejo spremembe v podnebnju kot ga poznamo danes. Rezultati opravljenih raziskav so zaradi pomanjkanja podatkov o preteklih pojavih sprejemljivi le hipotetično. Vidimo lahko le, da so spremembe med seboj povezane, saj globalni klimatski modeli za napoved sprememb v hidrosferi še niso razviti. [30] Sklepamo, da se bodo tudi v prihodnje pojavljali vsi do zdaj znani ekstremni vremenski dogodki, verjetno pa se bomo soočali z njihovo povečano intenziteto in večjo frekvenco. Na drugi strani se bomo zaradi neenakomerne razporeditve padavin spopadali s pomanjkanjem le-teh. Zaradi segrevanja ozračja bo prišlo do taljenja ledenikov in posledično dviga morske gladine. Narast temperature zraka bo povzročila večje izhlapevanje vode iz tal in rastlin, tako da lahko pričakujemo še daljše in intenzivnejše suše. [21] Najranjlivejša območja danes bodo postala še bolj ranljiva. Suha tla bodo izpostavljena eroziji vetra, ki povzroča dezertifikacijo, dvig količine intenzivnih padavin pa lahko poveča vodno erozijo tal. [17]

Sušna območja, ki zavzemajo tretjino zemeljskega površja, pomembno prispevajo h globalnim podnebnim spremembam, saj letno izpustijo v atmosfero 0,23-0,29 milijard ton ogljika. Tla vsebujejo trikrat večjo količino ogljika kot vegetacija in dvakrat večjo kot atmosfera. [18] Oceani, oziroma fitoplankton in ostale morske rastline, blažijo prisotnost ogljikovega dioksida v ozračju, saj ga porabijo za fotosintezo, katere rezultat je 30-50% vsega proizvedenega kisika na Zemlji. [1] Ogljikov dioksid v ozračju predstavlja pokrov, ki zadržuje toploto na spodnji, torej Zemljini strani ozračja. Zaradi večanja količine ogljikovega dioksida v atmosferi se naš planet segreva, kar pokaže dvig povprečne letne temperature zraka. Dvig temperature zraka in tal preko aktivnosti mikroorganizmov pospeši proces fotosinteze (pridobivanje ogljika) in mineralizacije (izguba ogljika) organske snovi v tleh, kar dolgoročno negativno vpliva na strukturno stabilnost tal, vodno kapaciteto ter razpoložljivost hranil v tleh in poveča izpust CO₂ v ozračje. [17]

Ker podnebje neposredno in posredno vpliva na prostorsko in časovno razporeditev kmetijskih dejavnosti in ekosistemov, je pomembna seznanjenost s spremembami. Intenziteta podnebnih sprememb se razlikuje po podnebnih pasovih. [21]



Slika 8: Segrevanje subtropskega pasu v letu 2013 (primerjalno obdobje 1981-2010)
(Vir: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/service/global/map-blended-mntp/201301-201312.gif>)

Nekatere spremembe so v primerjavi s preteklostjo vidne že danes. Spomladanske suše so vedno bolj pogoste, saj je razmerje med dežjem in sneženjem spremenjeno. Zaradi tega pride do dolgotrajnega zmanjšanja zalog vode, ki se sproščajo šele spomladi ali ob začetku poletja, pa tudi še poleti. [21]

V južni Evropi količina padavin upada in lahko se zgodi, da se bo v drugi polovici dvajsetega stoletja na Iberskem polotoku letna količina padavin zmanjšala za 40 %. Nasprotno od padavin, naj bi temperature do leta 2070 narasle za 6°C (Mednarodni forum o podnebnih spremembah - IPCC). Že v zadnjih letih je opazen narast padavin v severnoevropskih državah. Ta pojav se bo še stopnjeval in verjetno zvišal poplavno ogroženost. Celotna Evropa se bo spopadala s pogostejši ekstremnimi vremenskimi dogodki, kot sta močno deževje in suša.

Na sušo močno vpliva tudi poraba vode v gospodinjstvih, kmetijstvu in gospodarstvu, ki iz leta v leto narašča. Povečana poraba vode in napoved upada srednjih nizkih pretokov vodotokov zahtevata ohranjanje kakovosti podtalnice na vodovarstvenih območjih, ki še niso v uporabi. S prilagoditvijo izpustov čistilnih naprav in sistemov odvajanja meteornih voda lahko zmanjšamo ranljivost vodotokov. Zaradi pomanjkanja vode bodo posredno prizadeti kmetijstvo, energetika in predelovalna industrija, saj se bo povišana izguba pridelka odražala v višji ceni hrane, upad podtalnice in tekoče vode pa v podražitvi pitne vode. Cena električne energije lahko naraste, saj bodo imele termoelektrarne na premog in jedrske elektrarne na voljo manj vode za hlajenje, za hidroelektrarne pa bodo potrebne nove akumulacije. [21]

7 UKREPI

Suša ima velik vpliv na okolje, predvsem na obalne, jezerske in rečne ekosisteme ter tla in gozdove, ogromno škode pa povzroča tudi gospodarstvu. Kljub svoji kompleksnosti in veliki škodi, ki jo pusti za sabo, spada suša med manj raziskane naravne nesreče. Ker suše ne znamo preprečiti, se moramo z interdisciplinarnim pristopom na njo ustrezno pripraviti. Potrebne so ekonomske primerjave preventivnih ukrepov s stroški za odpravljanje posledic. Pred izvrševanjem ukrepov je potrebno izvesti analizo trenutnega stanja, ki ga nato vrednotimo glede na vremensko variabilnost. Podnebje je potrebno spremljati po celem svetu in na ravni države po pokrajinah, saj so razlike velike.

Posledice ukrepov so večplastne, za zagotovitev čim bolj učinkovitega prilagajanja bi se med seboj morali prepletati kratkoročni, srednjeročni in dolgoročni ukrepi. Veliko je možno narediti že s trajnostnim upravljanjem z vodnimi viri, torej z varčno in učinkovito rabo voda v gospodinjstvih in v gospodarstvu. Da bi tudi v času suše imeli zadostno zalogo vode, gradimo objekte, ki vodo zadržijo in shranijo ter izvajamo postopke bogatenja in revitalizacije vodotokov. Na področju kmetijstva so preventivni ukrepi ohranitev najboljših zemljišč, okolju prijazna raba ter povečana prehranska samooskrba.

7.1 Sonaravni ukrepi za zadrževanje vode

Definicija sonaravnih sistemov za lokalno zadrževanje vode, ki jo uporablja Iniciativa za ukrepe naravnega zadrževanje vode (NWRM) se glasi: "Sonaravni ukrepi za zadrževanje vode so namenjeni sonaravni obnovi in vzdrževanju ekosistemov povezanih z vodo. So zelena infrastruktura, ki omogoča vzdrževanje in obnovo pokrajine, tal in vodonosnikov z namenom izboljšanja njihovih naravnih lastnosti in okoljskih storitev ter boljše prilagoditve klimatskim spremembam z zmanjšano ranljivostjo zaradi poplav in suš."

S sonaravnimi sistemi za lokalno zadrževanje vode se poveča količina razpoložljive vode v sušnih obdobjih, zmanjša onesnaženje ter estetsko izboljšata pokrajina in biodiverziteteta. [31]

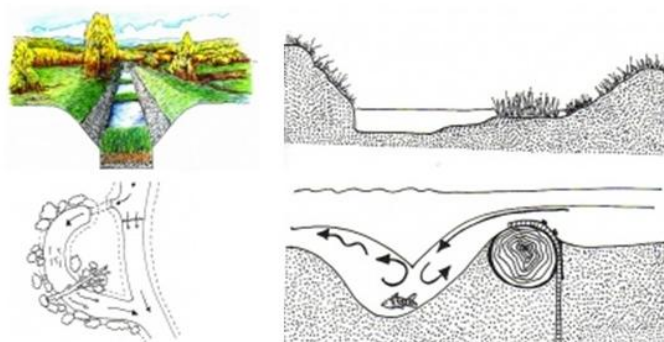
7.1.1 Revitalizacija vodotoka

Revitalizacija ali obnova degradiranih vodotokov z ustreznimi vodnogospodarskimi posegi zagotavlja dolgoročno trajnostno in gospodarno upravljanje z vodotokom, sanira nepravilne posege v vodotokih in vzpostavlja ponovno strukturo in funkcijo vodnega ekosistema. Poveča kapaciteto zadrževanja vode v vodotoku oziroma zniža visoke pretoke in zviša nizke pretoke, kar je ugodno za male hidroelektrarne in za ekosistem vodotoka. Z revitalizacijo, ki se izvede v strugi ali na obrežju vodotoka, se povečajo samočistilne sposobnosti vodotoka, ohranja se biotska raznovrstnost in s tem izboljša ekološko stanje vodotoka. Osuševanje mokrišč in odvajanje vode poslabšata razmere, saj povečata suhost tal in koeficient odtoka s tal.

Nekaj možnih ukrepov revitalizacije:

- izgradnja rečnih akumulacij;
- več meandrov;
- obnova poplavnih ravnin in mokrišč;
- mrtvi stranski rokavi;
- znižanje brežin in oblikovanje poplavnih ravnin;
- odbijači toka;
- z utrjenih bregov odstranjene skale;
- zadrževalniki za poplavne vode, samovzdrževalni tolmuhi;
- zadrževanje in čiščenje padavinskega odtoka. [31]

7.1.2 Ekoremediacija



Slika 9: Ekoremediacija

(Vir: http://www.ertc.si/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=39)

7.1.2.1 Sanacija melioracijskega jarka

Ta metoda spodbudi zadrževanje vode in ustvari nov habitat. Ker imajo nekatere rastline veliko sposobnost akumulacije težkih kovin in drugih nevarnih onesnaževalcev, očisti ostanke onesnaževal iz kmetijstva (pesticidi, presežki hranil), ki z neposrednim prehajanjem v vodo ogrožajo zdravje ljudi in živali. [32]

7.1.2.2 Stranski rokavi vodotokov

V vodotokih, ki služijo odvzemu vode za pitno vodo, ribogojstvu, industriji in energetiki, je potrebno zadrževati vodo v času visokih vodostajev, da se zmanjšajo negativne posledice nizkih vodostajev. Z uravnavanjem vodnih viškov in zadrževanjem visokega vala ustvarimo v stranskih jarkih in obvodnih neuporabnih zemljiščih nov biotop. V času visokega vodostaja poteka usedanje delcev in zadrževanje strupenih ter hranilnih snovi, v sušnih obdobjih pa bogatimo nizke pretoke ter ohranjamo ekološko sprejemljiv pretok v vodotoku in omogočimo odvzem vode za uporabnike. [32]

7.1.2.3 Mlinščice

Mlinščice so opuščeni stranski rokavi vodotokov. Z ekoremediacijo, tako da vgradimo peščene in rastlinske filtre, dosežemo večnamensko funkcijo (zadrževanje in čiščenje vode, ohranjanje in večanje biotske pestrosti) določenih delov mlinščic z relativno majhnimi stroški.

7.1.3 Vegetacijski pas

Pasovi lesne grmovne in zeliščne vegetacije ščitijo vodne vire ter tla pred onesnaženjem iz kmetijskih površin, gospodinjstev, naselij, izpustov iz industrije, farm, odlagališč odpadkov, itd. Zaradi izboljšane kvalitete vode, zaščitenega zraka in tal, optimalnejših svetlobnih pogojev in ugodnejših kisikovih ter temperaturnih razmer vode, se poveča biološka pestrost in posledično izboljša ekološko stanje obvodnega habitata.



Slika 10: Vegetacijski pas

(Vir: http://www.ertc.si/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=39)

7.2 Ukrepi v urbanem okolju

V urbanih predelih odteka veliko neizkoriščene meteorne vode, z večanjem deleža nepropustnih površin, pa še bolj obremenimo čistilne naprave. Zato načrtujemo:

- zadrževalnike;
- deževni vrtovi;
- infiltracijski jarki;
- peščeni filtri, porozno tlakovanje;
- pogozdovanje, zeleni pokrovi, urbane zasaditve;
- blažilni pasovi, zelene strehe.

7.2.1 Zadrževalniki

Sonaravni zadrževalniki in grajena močvirja posnemajo naravna močvirja oziroma manjša jezera. Z zadrževanjem in čiščenjem padavinskega odтока iz grajenih površin (cest, parkirišč, streh) zagotovijo ustrezno kakovost vode za uporabo.

Nadgrajeni zadrževalniki za povečanje kakovosti vode imajo na iztoku sorbcijske in peščene filtre zasajene s trstičjem. Na dno bazena se dodajajo železove soli, na dotoku pa aluminijev hidroksid.

[31]

7.3 Ukrepi na kmetijskih površinah

Kar nekaj je ukrepov, s katerimi je mogoče preprečiti ali delno omiliti posledice suše na kmetijskih površinah. To so gradbene strukture ali procesi, ki nam omogočajo zadrževanje vode:

- zadrževalniki (suhi-zadrževanje vode za 24 ur; in mokri);
- vodnjak;
- prilagoditve melioracijskih jarkov;
- jez;
- namakanje.

7.3.1 Suhi in mokri zadrževalniki

Zadrževalniki omogočajo zadrževanje vode, kar pozitivno vpliva na stabilnost podzemne vode. Zagotavljajo poplavno varnost z zadrževanjem vode, ko je te preveč, če pa vode primanjkuje, zaloge iz zadrževalnika zagotovijo minimalen in biološko nujen pretok vode v vodotokih. Lahko so namenjeni namakanju ali ribogojstvu, vendar te dejavnosti ne smejo ogroziti osnovne naloge zadrževalnikov.

[29]

7.3.2 Vodnjak

Vrtanje vodnjakov je način za pridobivanje podzemne vode iz globine na površje. Podtalnica se nahaja v podzemnih jezerih, imenovanih akvifri.

7.4 Jez

Jez je gradbena struktura, ki z zadrževanjem vode v svojem zaledju preprečuje poplave in omogoča namakanje v sušnih obdobjih. V jezove hidroelektrarn so nameščene turbine in električni generatorji za pridobivanje električne energije.

Glede na obliko in gradbeni material poznamo več vrst jezov. Nasipni jezovi se gradijo iz naravnega materiala (zemlja, kamen, skala), kar je zelo ekonomično, ali betona. Navadno zajezijo široke doline in so največji med vsemi vrstami jezov. Za zajezitev globokih in ozkih sotesk gradimo armiranobetonske jezove, saj so najmočnejši in vzdržijo velike vodne tlake. Tisti, ki imajo trikotni prerez, se imenujejo težnostni jezovi, saj jih na svojem mestu drži njihova lastna teža. Na strani, kjer nastane jezero, imajo navpično steno, na spodnji pa poševno. Za gradnjo zahtevajo manj konstrukcijskega materiala kot drugi jezovi, če so pa zgrajeni v obliki loka, prenesejo še več obremenitve. Na podlago, ki ne omogoča gradnje drugih jezov, gradimo stebrne jezove. Stebri iz armiranega in prednapetega betona podpirajo jez s spodnje strani. Navadno so ravni, v obliki loka ali oboka. [33]

7.5 Namakanje

Namakanje je umetno dodajanje vode kmetijskim površinam za neovirano rast pridelka. Je edini agrotehnični ukrep, ki zagotavlja uspešno premagovanje dolgotrajnejših sušnih obdobjih. 35% vse vode, ki se porabi za produkcijo hrane po celem svetu, prihaja od namakanja, ostalo prispevajo padavine. Kar 70% vse odvzete vode na svetu se porabi za namakanje, v Evropski Uniji znaša povprečje le 30% (60% na jugu EU). [18]

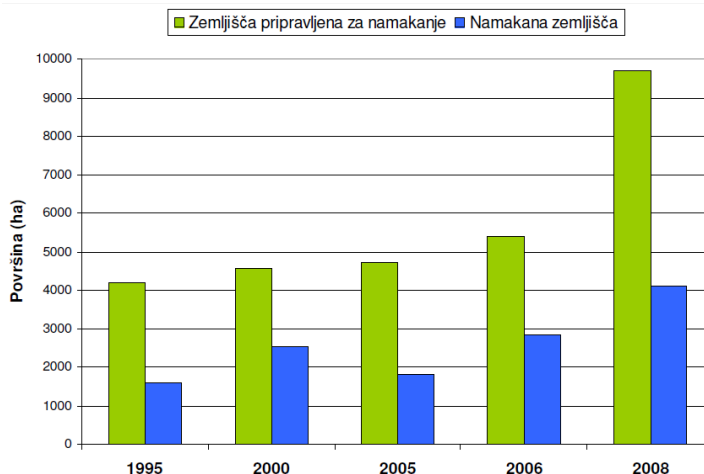
Za ustrezno načrtovanje namakalnih sistemov in za izračun vodne bilance tal je potrebno razumeti meteorološke razmere in vremenske prognoze. Namakalni sistemi morajo biti primerni vodnemu viru ter zahtevam rastlin po vodi, da ne pride do negativnih vplivov na okolje. Za zagotovitev primerne vodnega vira lahko zgradimo velike in male namakalne sisteme, vrtine, zadrževalnike, itd. Stalno in naravno usklajeno pridelavo kmetijskih rastlin na namakanih površinah dosežemo z ustrezno tehnično opremo in z vodenim namakanjem. [17]

7.5.1 Namakanje v Sloveniji

Čeprav je dokazano, da je namakanje kmetijskih zemljišč najučinkovitejši ukrep za zavarovanje pred kmetijsko sušo in kljub dobrim možnostim za namakanje kmetijskih zemljišč v Sloveniji, je razmerje med površino velikih namakalnih sistemov in izkoriščenostjo namakanja nizka. V obdobju 2003-2012 je bilo namakanih le cca 470.000 ha obdelovalnih površin (t.j. 1%), kar priča o neurejenosti sistema. [22]

Leta 1994 sprejeta strategija namakanja kmetijskih zemljišč RS je predvidevala ureditev namakanja za 10.000-12.000 ha zemljišč v roku petih let. Do leta 2000 se je uredilo le 4.000 ha. Leta 2006 je bilo v Sloveniji 15.000 ha velikih in malih namakalnih sistemov. [18]

Izmed preučevanih let je bil sistem namakanja boljše izkoriščen le v sušnih letih 2000 in 2006 (več kot 50%). V letu 2008, ki je bilo zadnje preučevano, je bilo registriranih 9.695 ha zemljišč, pripravljenih za namakanje, dejansko namakanih pa le 42%. [18]



Slika 11: Izkoriščenost namakanih zemljišč

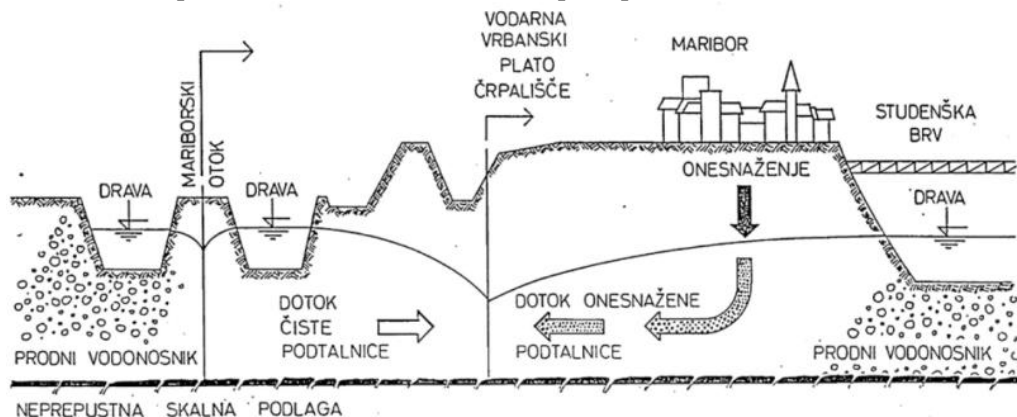
(Vir: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/agromet/product/document/sl/IZZIVI_Slovenije_na_podrocju_sus_in_degradacije_tal.pdf)

7.6 Ostali ukrepi za pridobivanje vode

7.6.1 Umetno bogatenje podzemne vode

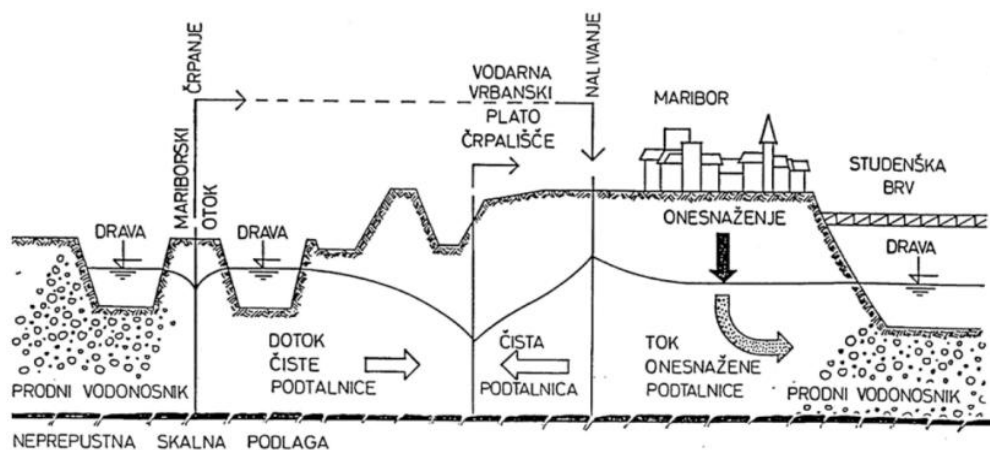
Podzemne in površinske vode se pretakajo z mesta z višjim potencialom na mesto z nižjim potencialom, saj so hidravlično povezane med seboj. Infiltracijo površinskih voda v podzemlje lahko umetno povečamo z zaježitvijo vodotoka, ali s kontroliranim zajemanjem vode, ki jo v bazenih ali vodnjakih ponikamo v podtalje. [26] Z nadziranjem količine, kvalitete, lokacije in časovnega razporeda bogatenja vplivamo na gibanje podzemne vode in na njeno kvaliteto. Če infiltriramo vodo slabše kvalitete, deluje vodonosnik kot počasni filter, ki izboljša kvaliteto te vode. S primernim upravljanjem infiltrirane vode lahko za kasnejše črpanje shranimo le-to, saj so hitrosti gibanja podzemne vode relativno majhne.

Izgrajen in delujoč sistem umetnega bogatenja in aktivne zaščite podtalnice najdemo v Mariboru (Vrbanski plato). Sistem brez nalivanja vode je bil neprimeren, saj je zaradi prekomernega črpanja v vodnjake dotekala onesnažena voda izpod mesta. Umetno bogatenje preusmeri tok onesnažene vode, saj z nalivanjem čiste vode z Mariborskega otoka, med mesto in črpališče, odrinemo onesnaženo vodo izpod mesta. Tako sta povečani kakovost in količina črpane podtalnice. [26]



Slika 12: Dotok onesnažene vode v črpališče

(Vir: http://www.sdzv-drustvo.si/si/vodni_dnevi/2005/referati/09-Kompare.pdf)



Slika 13: Umetno bogatenje

(Vir: http://www.sdzv-drustvo.si/si/vodni_dnevi/2005/referati/09-Kompare.pdf)

7.6.2 Desalinacija

Kar 97% vseh vodnih površin na našem planetu je slanih. Zato se iščejo nove možnosti izrabe slane vode za kmetijstvo in gospodinjstvo uporabo. Kljub visokim stroškom desalinacije, je na ta način s pitno vodo oskrbljenih 300 milijonov ljudi po svetu. Gradnja takih tovarn, ki potrebujejo ogromno energije, je potrebna predvsem v bolj sušnih območjih na svetu, kot so Avstralija, Izrael in Združeni Arabski Emirati. [34]



Slika 14: Obrat za desalinacijo

(Vir: http://www.fotomedia.com.au/wp-content/uploads/Photography_GCD-Alliance_Gold_Coast_Desalination_Plant_Aerial.jpg)

8 ZAKONI IN DIREKTIVE V SLOVENIJI

Zaradi napovedane povečane nevarnosti pojavljanja suše v srednji in vzhodni Evropi sta Svetovna meteorološka organizacija (WMO) in Združenje svetovnih voda (GWP) ustvarila skupen projekt Celostno upravljanje s sušo v centralni in vzhodni Evropi (Integrated Drought Management in Central and Eastern Europe). S tem projektom se želi dokazati, da so preventivni ukrepi in prilagajanje na sušo koristni in cenejši kot saniranje nastale škode. Prav tako okvirna direktiva Evropske Unije o vodah zahteva izdelan državni Program upravljanja s sušo.

Slovenija še ne velja za sušno deželo, vendar klimatske spremembe napovedujejo poslabšanje stanja, zato mora upravljanje s sušo postati del Načrtov upravljanja z vodami (NUV 2015). V Sloveniji je potrebno povečati prehransko samooskrbo, vendar je reševanje problemov povezanih z degradacijo tal zahtevno, ker so zemljišča tako v Evropski Uniji kot tudi v Sloveniji večinoma v privatni lasti. [18]

Rast ogroženosti Slovenije zaradi suše je privedla do pobude za ustanovitev Centra za upravljanje suše v jugovzhodni Evropi, ki ima sedež v Ljubljani na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO). ARSO, ki spremlja sušo na območju Slovenije, uporablja podatke o odstopanju padavin od povprečja (SPI) kot osnovo za monitoring suše. Posledice suš, ki se odražajo na stopnji suhosti tal, na stanju vodotokov in podzemnih voda ter na vegetaciji, so opravljene s satelitskimi meritvami in javno dostopne na spletnih straneh ARSO in meteo.si. ARSO izdaja v času daljšega sušnega obdobja 10-dnevni bilten "Hidrometeorološke razmere in stanje vodnih zalog v Sloveniji". Tukaj so zbrane meteorološke situacije, stanja vodotokov in zalog podzemnih voda ter vodne bilance kmetijskih tal. Vsi podatki so posredovani javnosti in strokovnim institucijam ter resorskim ministrstvom (URSZR, MKO, ..) [35]

ARSO izvaja projekt BOBER-Boljše Opazovanje za Boljše Ekološke Rešitve (Better Observation for Better Environmental Response) v vrednosti 33 milijonov evrov, katerega cilj je nadgradnja sistema za spremljanje in analizo stanja vodnega okolja v Sloveniji. V načrtu je izgradnja 248 novih ter nadgradnja 33 merilnih mest za spremljanje vodnega okolja (meritve vrste, količine in intenzitete padavin, višine snega v visokogorju in sredogorju, vodostajev površinskih in podzemnih voda ter kakovosti podzemnih voda) ter postavitve dodatnega vremenskega radarja v zahodni Sloveniji. [36]

9 ZAKLJUČEK

Suša je razširjena po celem svetu, vendar variira glede na posamezne regije, kar otežuje njeno definicijo in analizo. V diplomski nalogi, ki vsebuje tako teoretične, kot tudi raziskovalne elemente, sem povzela nekaj definicij pojava suše in predstavila njeno razširjenost po svetu, Evropi in Sloveniji, nato pa raziskala vzroke za nastanek in možnosti ukrepanja ter zaščite pred posledicami suše.

Z zbranimi podatki mesečnih padavin in temperatur za Ljubljano, sem analizirala trende in na podlagi preteklih dogodkov skušala napovedati spremembe v prihodnosti. V vzajem sem vzela tudi faktor podnebnih sprememb, ki niso le napoved za prihodnost, saj so prisotne v našem ozračju že danes.

Ker pojava suše za enkrat še ne znamo preprečevati, sem se osredotočila na ukrepe, ki lahko posledice ublažijo. Z raznimi zadrževalniki vode, bogatenjem podtalnice in premišljenim kmetijstvom so lahko finančna škoda in posledice v okolju ter na prebivalstvu občutno manjše. Veliko se da narediti že s trajnostnim upravljanjem z vodnimi viri, torej z varčno in učinkovito rabo voda v gospodinjstvih in v gospodarstvu. Ukrepi so potrebni prav zaradi visokih škod v gospodarstvu, ki jih danes povzroča suša. Nekoč, predvsem v obdobju 2. svetovne vojne, pa beležimo rekordna števila smrtnih žrtev, saj ljudje niso prišli do vode in hrane, potrebne za preživetje, ker je bila hrana lokalnega izvora odvisna predvsem od vremenskih pogojev.

V kmetijstvu težimo k ohranitvi najboljših zemljišč, okolju prijazni rabi ter povečani prehranski samooskrbi. Kadar vse to ne zadošča, gradimo objekte, ki vodo zadržijo in shranijo. Ena izmed rešitev je zagotovo vlaganje v namakalne sisteme, ki je dokazano najučinkovitejši ukrep za zavarovanje pred kmetijsko sušo, vendar je kljub dobrim možnostim za namakanje v Sloveniji, izkoriščenost namakanja nizka.

Povpraševanje po materialnih dobrinah, še posebej po hrani in pijači, narašča sorazmerno s porastom svetovne populacije. Tako je tudi tveganje za nastanek suše večje, če je potrošnja višja od zmožnosti oskrbe. Zaloge vode, ki so primarno odvisne od klimatskih pogojev in nihajo skozi leto, na svojem minimumu nikakor ne zadoščajo potrebam potrošnikov. Zato je, zaradi varnosti svetovnega prebivalstva, potrebno opozarjati in predvsem ukrepati na področju spopadanja s sušo.

VIRI

- [1] Plut, D. 1995. Vode v Sloveniji. Nazarje, Epsi: 9–13 str.
- [2] Monacelli, G. 2005. Drought within the context of the region VI. Pruhonice, CZ: 8 str.
<http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/regions/DOC8.pdf> (Pridobljeno 12. 04. 2014.)
- [3] EDC. 2014. Spletna stran European Drought Centre.
<http://www.geo.uio.no/edc/> (Pridobljeno 12. 04. 2014.)
- [4] DMCSEE. 2007. Spletna stran Drought Management Centre for Southeastern Europe.
<http://www.dmcsee.org/sl/domov/> (Pridobljeno 12. 04. 2014.)
- [5] WMO, UNESCO. 2012. Mednarodni hidrološki slovar (International Glossary of Hydrology). Švica, WMO: 169 str.
http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/publications/international_glossary/385_IGH_2012.pdf
(Pridobljeno 12. 04. 2014.)
- [6] Naravne nesreče. 2014. Spletna stran Center odličnosti Vesolje.
<http://naravnesrece.geopedia.si/susa.php> (Pridobljeno 12. 04. 2014.)
- [7] Hisdal, H., Tallaksen, L.M. 2000. Meteorological Drought. V: Hisdal, H. (ur.), Tallaksen, L.M. (ur.). Technical Report to the ARIDE project No. 6. University of Oslo, Department of Geophysics: 6–8 str.
- [8] Natek, K. 1983. Ogroženost Slovenije zaradi suše. V: Gams, I. (ur.). Naravne nesreče v Sloveniji kot naša ogroženost. Zbornik posveta, 14. oktober, 1983. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti: 94–99 str.
- [9] Gams, I. 1983. Dostavek k prispevku Ogroženost Slovenije zaradi Suše. V: Gams, I. (ur.). Naravne nesreče v Sloveniji kot naša ogroženost. Zbornik posveta, 14. oktober, 1983. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti: 99–100 str.
- [10] Kobold, M., Sušnik, M. 2003. Hidrološke razmere površinskih voda opazovanih slovenskih rek v letu 2003. V: 14. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor, 15. december, 2003. Maribor: Vodnogospodarski biro: str. 70–78.
- [11] Tate, E.L., Gustard, A. 2000. Drought Definiton: A Hydrological Perspective. V: Vogt, J.V. in Somma, R. (ur.). Drought and Drought Mitigation in Europe. Kluwer Academic Publishers: 23–48 str.
- [12] Palmer, W.C. 1965. Meteorological Drought. Research Paper No.45. US Dept. Of Commerce, Weather Bureau: 58 str.
- [13] Wilhite, D.A., Glantz, M.H. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. Water International 10(3): 111–120 str.
- [14] Gibbs, W. J., Maher, J. V. 1967. Rainfall deciles as drought indicator. Melbourne, Bureau of Meteorology: bilten št. 48.
- [15] Zupan, M. 1991. Kakovost površinskih voda v sušnih obdobjih. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. 1991, 5: 156–160 str.
- [16] Matajca, I. 1991. Suša v kmetijstvu in namakanje. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. 1991, 5: 153–156 str.

- [17] Kajfež-Bogataj, L., Sušnik, A., Črepinšek, Z., idr. 2003. Ranljivost slovenskega kmetijstva in gozdarstva na podnebno spremenljivost in ocena predvidenega vpliva. Ljubljana, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, ARSO: 98, 104 str.
- [18] Suhadolc, M., Sušnik, A., Lobnik, F., idr. 2010. Izzivi Slovenije na področju suš in degradacije tal: uresničevanje ciljev Konvencije ZN o boju proti degradaciji/dezertifikaciji tal (UNCCD). Ljubljana, ARSO: 32–47 str.
- [19] Ciglič, R., Zorn, M., Koma, B. 2013. Največje naravne nesreče leta 2012 glede na povzročeno škodo in žrtve. V: Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. 2013, 27: 141–147 str.
- [20] EM-DAT. 2014. Spletna stran The International Disaster Database. <http://www.emdat.be/sites/default/files/Maps/Disaster/map2.jpg> (Pridobljeno 30. 04. 2014.)
- [21] Kajfež-Bogataj, L. 2008. Kaj nam prinašajo podnebne spremembe? Ljubljana, Pedagoški inštitut: 12–52 str.
- [22] Sušnik, A. 2013. Kmetijska suša – od sledenja do upravljanja. Nacionalno posvetovanje o prilagajanju podnebnim spremembam in suši. Ljubljana, ARSO, 06.02.2014: 6, 11, 13 str. <http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/projekti/Susnik.pdf> (Pridobljeno 15. 04. 2014.)
- [23] EM-DAT. 2014. Spletna stran The International Disaster Database. Bruselj, Katoliška univerza Leuven. <http://www.emdat.be/result-country-profile> (Pridobljeno 30. 04. 2014.)
- [24] Lehner, B., Döll, P. 2014. V: EuroWasser, 7. Europe's droughts today and in the future. Kassel, Center for Environmental Systems Research: 1 str. http://www.usf.uni-kassel.de/usf/archiv/dokumente/kwws/5/ew_7_droughts.pdf (Pridobljeno 20. 04. 2014.)
- [25] EM-DAT. 2014. Spletna stran The International Disaster Database. [http://cred01.epid.ucl.ac.be:5317/?after=1964&before=2013&dis_group\[\]=Natural&dis_type\[\]=Drought&agg1=continent&agg2=](http://cred01.epid.ucl.ac.be:5317/?after=1964&before=2013&dis_group[]=Natural&dis_type[]=Drought&agg1=continent&agg2=) (Pridobljeno 21. 04. 2014.)
- [26] Kompare, B. 2005. Možnosti uporabe površinskih voda za pripravo pitne vode. Mednarodni simpozij: Vodni dnevi, Portorož, 2005. http://www.sdzv-drustvo.si/si/vodni_dnevi/2005/referati/09-Kompare.pdf (Pridobljeno 05. 05. 2014.)
- [27] Zapiski s predavanj pri predmetu Inženirska hidrotehnika. Prof. Kompare, B. Š.l. 2011/2012
- [28] Cvitanich, I., Dobnikar Tehovnik, M., Gacin, M., idr. 2010. Vode v Sloveniji: Ocena stanja voda za obdobje 2006-2008 po določilih okvirne direktive o vodah. Ljubljana, MOP, ARSO: 43 str.
- [29] Računsko sodišče RS, 2007. Revizijsko poročilo o smotrnosti ravnanja RS pri preprečevanju in odpravi posledic suše v kmetijstvu. Ljubljana, RS-RS: 13, 31–32 str. [http://www.rs-rs.si/rsrs/rsrs.nsf/I/K99638A13FF506FB3C1257322003D2E6B/\\$file/Susa_RSP00-06.pdf](http://www.rs-rs.si/rsrs/rsrs.nsf/I/K99638A13FF506FB3C1257322003D2E6B/$file/Susa_RSP00-06.pdf) (Pridobljeno 06. 05. 2014.)
- [30] Brilly, M., Šraj, M. 2005. Osnove hidrologije. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 309 str.
- [31] Istenič, D., 2014. Sonaravni sistemi za lokalno zadrževanje vode. Nacionalno posvetovanje o prilagajanju podnebnim spremembam in suši. Ljubljana, ARSO, 06.02.2014: 5–22 str. <http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/projekti/Istenic.pdf> (Pridobljeno 28. 03. 2014.)

[32] ERTC, 2014. Spletna stran Ekoremediacijski tehnološki center.
http://www.ertc.si/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=39
(Pridobljeno 16. 05. 2014.)

[33] Wikipedia. 2014. Spletna stran.
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Jez> (Pridobljeno 16. 05. 2014.)

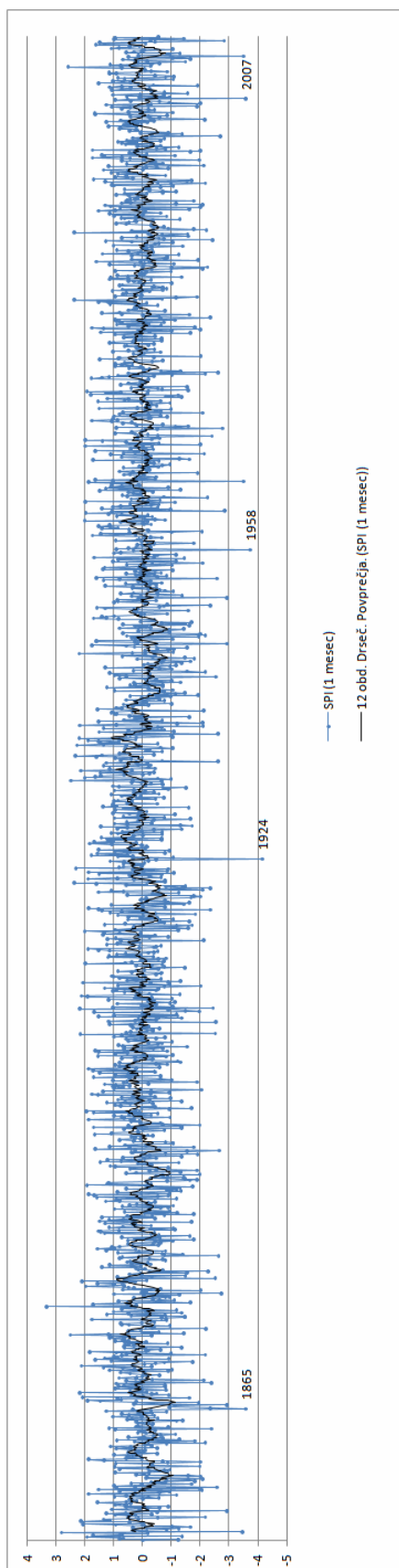
[34] Wikipedia. 2014. Spletna stran.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Desalination> (Pridobljeno 16. 05. 2014.)

[35] Gregorič, G., Muri, B. 2014. Monitoring suše v sklopu Agencije RS za okolje. Nacionalno posvetovanje o prilagajanju podnebnim spremembam in suši. Ljubljana, ARSO, 06.02.2014: 4–5 str.
<http://www.arso.gov.si/podnebnne%20spremembe/projekti/> (Pridobljeno 28. 03. 2014.)

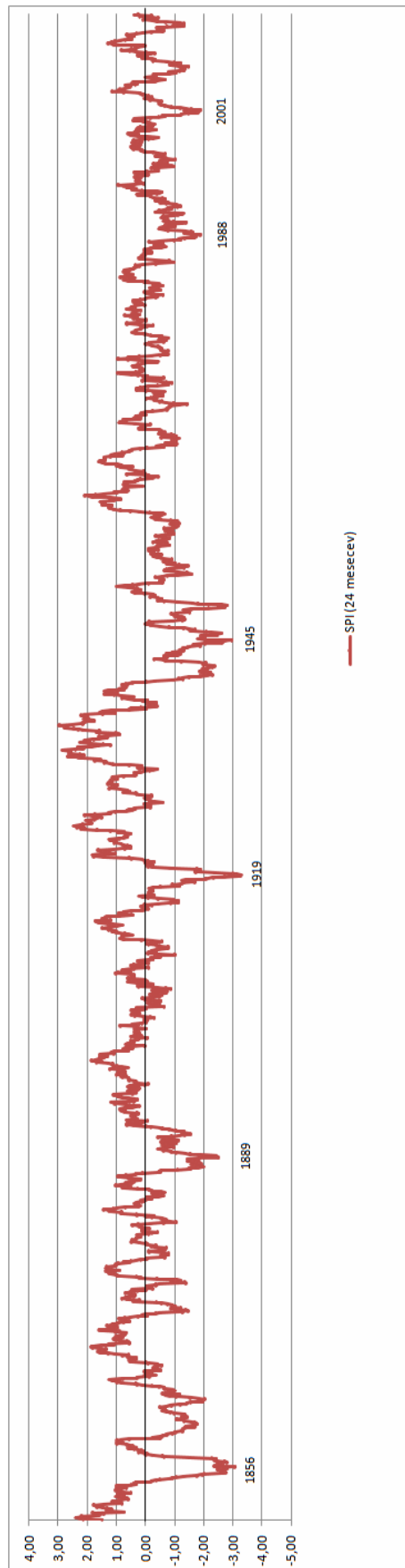
[36] Vlada Republike Slovenije. 2014. Spletna stran.
<http://vrs-3.vlada.si/> (Pridobljeno 16. 05. 2014.)

PRILOGE

Priloga A: Graf mesečnih vrednosti SPI v odvisnosti od časa



Priloga B: Graf 24-mesečnih vrednosti SPI v odvisnosti od časa



Priloga C: Povprečne mesečne vrednosti temperature

