

## PRIMERJAVA STANJA VODNE BILANCE IN POTREB IZBRANIH KMETIJSKIH KULTURNIH RASTLIN PO VODI V POMURJU

**Tatjana Kikec**

Dr. geografije – področje izobraževanja

Juša Kramarja 19, SI – 9000 Murska Sobota, Slovenija

e-mail: tatjana.kikec@gmail.com

UDK: 551.589:632.112

COBISS: 1.01

### ***Izvleček***

#### **Primerjava stanja vodne bilance in potreb izbranih kmetijskih kulturnih rastlin po vodi v Pomurju**

V prispevku smo raziskali stanje vodne bilance v Pomurju, njegov količinski, časovni in prostorski vidik ter ga primerjali s potrebami izbranih kmetijskih kulturnih rastlin po vodi v posameznih razvojnih fazah. Primerjava je pokazala, da je razporeditev stanja vodne bilance preko leta, ta je v Pomurju negativna med aprilom in II. dekada avgusta, dokaj ugodna za ozimna žita. Vode jim primanjkuje le v drugi polovici rastne dobe, s polj pa jih pospravimo še pred največjim pomanjkanjem vode v tleh v poletnih mesecih. Večina ostalih kmetijskih kulturnih rastlin kot so koruza, krompir, sladkorna pesa, buče ter zelenjadnice se s pomanjkanjem vode v tleh sooča večji del rastne dobe. V najboljčutljivejših razvojnih fazah so v poletnih mesecih, ko je primanjkljaj vode v tleh največji in jih ta tudi najbolj prizadene. Posledice so poškodovanost kultur ter količinsko manjši pridelek slabše kakovosti.

#### ***Ključne besede***

vodna bilanca, Pomurje, kmetijske kulturne rastline, potencialna evapotranspiracija rastline

### ***Abstract***

#### **Comparison of Water Balance and the Needs of Selected Agricultural Crops for Water in Pomurje Region**

In this article we investigate the state of the water balance in the Pomurje region, its quantitative, temporal and spatial perspectives, and compare it with the needs of selected agricultural crops for water in various stages of development. The comparison has shown that the distribution status of the water balance throughout the year – in Pomurje region it is negative between April and the second half of August – is quite favourable for winter grain. The grain lacks water only in the second half of the growing season, as it is picked before the greatest shortage of water in the soil during the summer months. Most other agricultural crops such as corn, potatoes, sugar beet, pumpkins and vegetables face water scarcity in the ground for the major part of the growth period. Their most sensitive stages of development take place during summer months when the water deficit in the soil is the largest, thus they are greatly affected. The consequences are damaged crops and lower quantities of crops with inferior quality.

#### ***Key words***

Water balance, Pomurje region, agricultural crops, potential evapotranspiration of plants

*Uredništvo je članek prejelo 10.11.2016*

## 1. Uvod

Rastline potrebujejo za uspešno rast in razvoj poleg toplote in svetlobe tudi določeno količino vode oziroma vlage v tleh. Potrebe po vodi se razlikujejo od rastline do rastline in od njihove razvojne oz. fenološke faze. Razpoložljive količine vode na izbrani lokaciji določimo z izračunom vodne bilance in so odvisne od količine padavin, potencialne evapotranspiracije, sposobnosti prsti za zadrževanje vode ter predhodnih vodnih zalog. Vse pogostejši pojav kmetijske suše na območju Pomurja, ta se je v zadnjih dvajsetih letih (1994–2014) pojavila kar v štirinajstih letih (1994, 1995, 1997, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2010, 2011, 2012 in 2013; SURS 2014, ARSO 2014), nam kaže na razhajanja med potrebami kulturnih rastlin po vodi in dejansko razpoložljivimi količinami. Pomanjkanje vode pri rastlinah povzroči sušni stres, posledično se upočasni njihova rast, ob dolgotrajnejšem pomanjkanju vode nastopijo trajne poškodbe na rastlinah, kar se pozna na količini in kakovosti pridelka.

Vse izrazitejše spremembe podnebja, ki se na območju Pomurja kažejo med drugim v višjih temperaturah in manjši količini padavin, vplivajo tudi na spremembo vodne bilance. V večjem delu vegetacijske dobe je ta že tako ali tako negativna, ob daljšem izostanku padavin pa se primanjkljaj vode v tleh poveča do te mere, da je ogroženo uspevanje kulturnih rastlin. Poznavanje količinskega, prostorskega in časovnega vidika vodne bilance na eni strani in potreb kulturnih rastlin po vodi v posameznih razvojnih fazah na drugi strani je ključno za različne možne prilagoditve novo nastalim razmeram. Na podlagi poznavanja stanja lahko načrtujemo različne ukrepe s katerimi bi se prilagodili vse pogostejšemu pojavu kmetijske suše<sup>1</sup> in zmanjšali posledice ob njenem pojavu.

## 2. Metodologija

Za potrebe izračuna vodne bilance smo si z Agencije Republike Slovenije za okolje pridobili podatke o višini padavin in potencialni evapotranspiraciji za obdobje 1961–2010 za meteorološke postaje Murska Sobota, Veliki Dolenci, Lendava, Gornja Radgona, Blaguš in Jeruzalem. Pri izbiri meteoroloških postaj smo upoštevali njihovo razporeditev na preučevanem območju, lego glede na relief in obstoj ter dostopnost čim daljšega niza podatkov. Meteorološke postaje na desnem bregu Mure so predčasno zaključile z opazovanji, zato je njihov niz podatkov nekoliko krajši, za Jeruzalem do leta 2008, za Gornjo Radgono do leta 2001 in za Blaguš do leta 1992. Potencialno evapotranspiracijo so izračunali na Agenciji RS za okolje po Penman-Monteithovi metodi, ki upošteva naslednje meteorološke spremenljivke: temperaturo zraka, relativno zračno vlago, hitrost vetra in sončno sevanje (Allen et al. 1998 povz. po Frantar et al. 2008, 39). Vodno bilanco smo izračunali po poenostavljeni formuli, tako da smo od dnevne višine padavin odšteli dnevno vrednost potencialne evapotranspiracije (ETP)<sup>2</sup>. Na podlagi dnevni podatkov smo izračunali dekadne, mesečne in letne vrednosti.

---

<sup>1</sup> O kmetijski suši govorimo, ko rastlinam v obdobju rasti primanjkuje vlage v prsti za njihov normalen razvoj. Padavin je premalo ali pa se izcedijo v nepravem času, kar najprej povzroči poškodbe na rastlinah in v skrajnem primeru njihovo trajno ovenelost (Duden 2001, 535–536).

<sup>2</sup> Vodna bilanca je vezana na krogotok vode v naravi in nam pove, da je količina padavin (P) enaka vsoti količine odtekle (Q) in izhlapele vode (I), kakor tudi spremembe količine vodne zaloge (N) in biološke ter industrijske porabe (R). To lahko zapišemo v obliki enačbe:

$$P = Q + I + N + R$$

Potrebe izbranih kulturnih rastlin po vodi so odvisne od podnebnih dejavnikov, vrste rastline in od stopnje njenega razvoja. Potencialno evapotranspiracijo rastline, ki pomeni količino vode, ki jo rastlina potrebuje za nemoten razvoj, izraženo v mm/dan ali v l/m<sup>2</sup>/dan, smo izračunali po priporočilih Organizacije Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (FAO) (Irrigation ... 1986). Za izračun smo uporabili formulo:

$$ET_c = ET_0 \times kc$$

Pri čemer pomenijo:

ET<sub>c</sub> - potencialna evapotranspiracija rastline [mm/dan]

ET<sub>0</sub> - referenčna dnevna potencialna evapotranspiracija [mm/dan]

kc - koeficient rastline, ki je različen za posamezne kulture v posamezni fazi razvoja

Podatke o referenčni dnevni potencialni evapotranspiraciji (ET<sub>0</sub>) smo uporabili za meteorološko postajo Murska Sobota za obdobje 1961–2010, ki smo jih pridobili z Agencije RS za okolje. Koeficient rastline (kc) je odvisen od vrste kulture, fenološke faze in od podnebnih značilnosti. Podnebne značilnosti vplivajo na trajanje rastne dobe rastline in na čas nastopa ter trajanje posameznih razvojnih faz. Za določitev koeficienta rastline je potrebno za vsako posamezno kulturo določiti: (1) skupno rastno dobo, (2) posamezne fenološke faze ter njihovo trajanje in (3) vrednost koeficienta rastline za posamezno kulturo v vsaki izmed fenoloških faz (Irrigation... 1986). Podatke o skupni rastni dobi v dnevih, se pravi od setve/saditve do zadnjega dneva žetve/izkopa/obiranja in podatke o trajanju posameznih fenoloških faz smo si za izbrane kulturne rastline pridobili z Agencije RS za okolje za fenološko postajo Murska Sobota ter za vinsko trto za fenološko postajo Veliki Dolenci. Na fenoloških postajah beležijo podrobnejše fenološke faze posameznih kultur, medtem ko priporočila FAO upoštevajo le štiri osnovne razvojne faze (Irrigation... 1986):

1. Začetna faza: obdobje od setve ali presajanja, dokler posevek prekriva približno 10 % tal.
2. Razvojna faza rastlin: obdobje se začne ob koncu začetne faze in traja, dokler ni dosežena popolna pokritost tal (70–80 %), vendar ne pomeni, da je rastlina največje višine.
3. Srednja faza: obdobje se začne ob koncu razvojne faze rastline in traja do končne zrelosti, vključuje cvetenje.
4. Zaključna faza: obdobje se začne ob koncu srednje faze in traja do zadnjega dne žetve; vključuje tudi fazo zorenja.

Okvirne vrednosti koeficienta rastline za posamezno kulturo v posamezni fenološki fazi smo si pridobili v priporočilih FAO. Ker pa se trajanje posameznih fenoloških faz ne ujema z dekadnimi vrednostmi referenčne potencialne evapotranspiracije smo koeficiente posameznih kulturnih rastlin morali določiti na dekadnem nivoju. To smo naredili tako, da smo prešteli število dni trajanja posamezne fenološke faze v posamezni dekadi in izračunali natančnejši koeficient rastline po formuli (Irrigation... 1986):

$$kc = \frac{\text{št. dni v I. dekadi}}{\text{št. dni dekade (10)}} \times kc_1 + \frac{\text{št. dni v II. dekadi}}{\text{št. dni dekade (10)}} \times kc_2$$

Pri čemer pomenijo:

kc<sub>1</sub> - okvirna vrednost koeficienta rastline za razvojno fazo rastline v I. dekadi

kc<sub>2</sub> - okvirna vrednost koeficienta rastline za razvojno fazo rastline v II. dekadi

Dobljeno vrednost zaokrožimo na 0,05 oziroma 0,00 (Irrigation... 1986). Ker nas poleg dnevni vrednosti potencialne evapotranspiracije rastlin zanimajo zlasti dekadne vrednosti, smo dobljene vrednosti pomnožili s številom dni v dekadni (10).

### **3. Značilnosti vodne bilance v Pomurju**

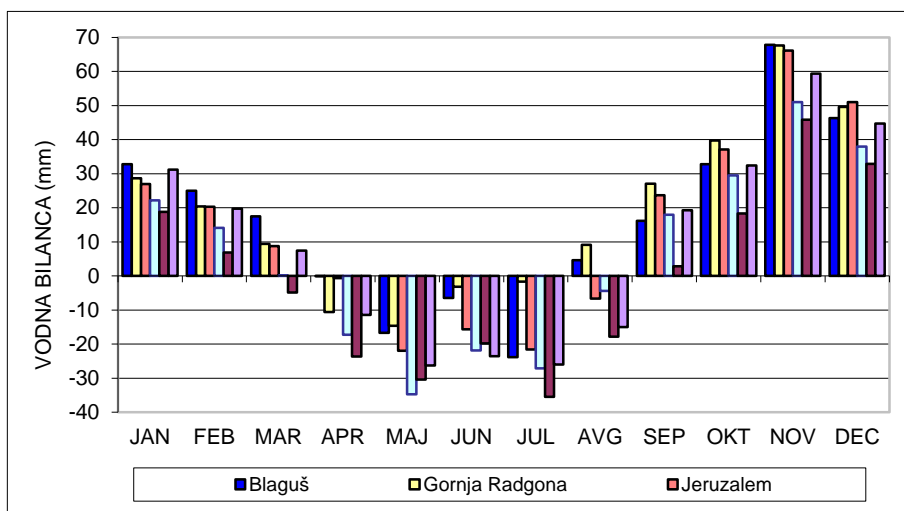
Razmeroma grobo, pa vendar dovolj objektivno ugotovimo sušna obdobja na neki lokaciji z izračuni vodnih bilanc, ki večinoma temeljijo na poprejšnjem izračunu evapotranspiracije in na meritvah višine padavin v določenem časovnem intervalu ob poznavanju vodnoretzijskih lastnosti tal (Kajfež Bogataj, Svet 1993, 22). S pojmom evapotranspiracija označujemo celoten proces prehajanja vode s površine Zemlje v atmosfero. Kolikšen del pade na evaporacijo in kolikšen na transpiracijo je težko določiti, saj oba procesa potekata istočasno in se tekom rastne dobe rastlin spreminjata glede na pokrovnost tal. Z vrednotenjem razlike med evapotranspiracijo in višino padavin lahko v določenem časovnem obdobju ugotavljamo, ali je v tleh vode za rastline preveč, dovolj ali premalo. Sušna obdobja so vsa tista z negativno vodno bilanco.

Vodna bilanca je bila na območju Pomurja v obdobju 1961–2010 negativna spomladi, ko je primanjkovalo v povprečju 28,3 mm vode v tleh, in poleti, ko se je primanjkljaj povečal na v povprečju 42,7 mm. Jesen in zima sta beležila presežek vode v tleh, ki je znašal v jeseni v povprečju 109,1 mm in pozimi v povprečju 88,2 mm. Primanjkljaj vode v tleh se pojavlja med aprilom in avgustom, torej v večjem delu vegetacijske dobe (april–september), kar je z vidika kmetijskih kulturnih rastlin izrazito neugodno in negativno vpliva na njihovo rast in razvoj.

Negativna vodna bilanca se na območju Pomurja prvič pojavi že v II. dekadi marca (v povprečju -1,5 mm), ko pade na tem območju, v primerjavi z ostalima dekadama marca, razmeroma malo padavin (v povprečju le 13,1 mm). V III. dekadi marca se začasno pojavi manjši presežek vode v tleh (v povprečju 4,9 mm), v I. dekadi aprila pa se prične daljše obdobje negativne vodne bilance. V prvih dveh dekadah aprila primanjkljaj v povprečju ne preseže v 2,3 mm, medtem ko med III. dekado aprila in I. dekado julija v posamezni dekadi primanjkuje v povprečju med 7,0 in 8,5 mm vode v tleh. Povprečni mesečni primanjkljaj se tako z 10,6 mm aprila, maja poveča na 24,1 mm. Primanjkljaj je največji na vzhodnem delu regije na meteoroloških postajah Lendava, Veliki Dolenci in Murska Sobota in se s pomikom proti zahodu postopno zmanjšuje. V zadnjih dveh dekadah junija se primanjkljaj vode v tleh ponovno nekoliko zmanjša in znaša v posamezni dekadi v povprečju med 3,5 in 4,6 mm. V zahodnem delu regije se na meteoroloških postajah Gornja Radgona in Blaguš za krajši čas pojavi celo manjši presežek vode v tleh, ki pa v posamezni dekadi ne preseže 3,0 mm. Julija sicer pade nekoliko več padavin (v povprečju 101,1 mm), vendar se hkrati poviša tudi temperatura zraka (povprečna temperatura 19,8 °C), kar poveča potencialno evapotranspiracijo, več vode porabijo tudi rastline. Julija tako primanjkuje v povprečju 22,6 mm vode v tleh, primanjkljaj je največji v I. dekadi (v povprečju -10,4 mm) in v III. dekadi (v povprečju -11,2 mm). V zahodnem delu preučevanega območja se na meteoroloških postajah Blaguš in Gornja Radgona ponovno začasno pojavi manjši presežek vode v tleh, ki pa v posamezni dekadi ne preseže 10,7 mm.

Avgusta, ko večina kmetijskih kulturnih rastlin že prehaja v zaključne fenološke faze, nekatere pa so že zapustila polja, se primanjkljaj vode v tleh močno zmanjša in znaša v povprečju le še 5,0 mm. Dekadne vrednosti nam razkrijejo, da se primanjkljaj vode

v tleh pojavlja le v prvih dveh dekadah avgusta (v I. dekadi v povprečju -6,5 mm in v II. dekadi v povprečju -5,3 mm), v III. dekadi pa se že pojavi presežek vode v tleh, ki znaša v povprečju 6,8 mm. V času poletja se večina padavin pojavlja v obliki ploh z veliko intenzivnostjo, posledično voda hitro steče po površju, precejšen del je zaradi visokih temperatur izhlapi in le manjši del je pronica v tla, pa še ta navlaži le zgornje horizonte prsti (Kikec 2015, 199). Septembra se presežek vode v tleh poveča na v povprečju 17,8 mm, oktobra znaša v povprečju 36,1 mm, največji pa je novembra, ko znaša v povprečju 59,6 mm. Z nastopom meteorološke zime se prične zmanjševati tudi presežek vode v tleh, ta znaša v povprečju decembra 43,7 mm, januarja 26,7 mm, februarja 17,7 mm in je najmanjši marca, ko znaša v povprečju le 6,4 mm. Zmanjšajo se tudi razlike med posameznimi meteorološkimi postajami. Še posebej pomembne so padavine v obliki snega, ki se počasi tali in voda počasi pronica v prst in obnavlja vodne zaloge, zaradi nižjih temperatur je v tem času tudi izhlapevanje manjše.



Slika 1: Mesečna vodna bilanca na izbranih meteoroloških postajah na območju Pomurja v obdobju 1961–2010\*.

\*Meteorološka postaja Blaguš 1961–1992, meteorološka postaja G. Radgona 1961–2001 in meteorološka postaja Jeruzalem 1961–2008.

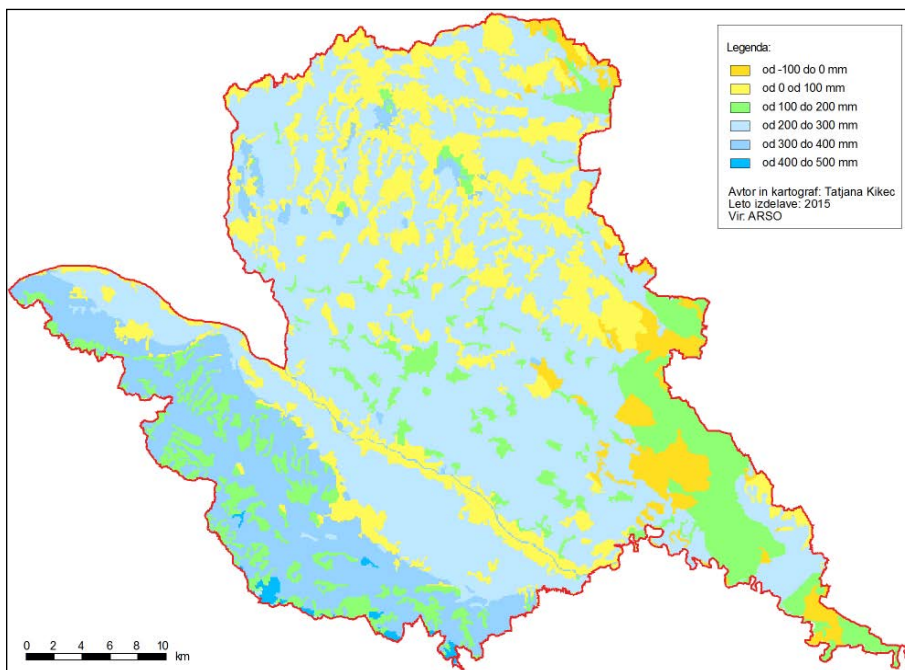
Vir: ARSO 2014; lastni izračuni.

### 3.1 Prostorska razporeditev vodne bilance

Na podlagi podatkovnih slojev o višini padavin in potencialni evapotranspiraciji, ki so ju na Agenciji RS za okolje ustvarili z interpolacijo podatkov vseh obstoječih meteoroloških postaj na območju Pomurja za obdobje 1971–2000, smo pripravili nov podatkovni sloj o preprosti vodni bilanci. To smo storili tako, da smo v programskem paketu ArcGIS oba sloja med seboj odšteli ter tako dobili razmeroma dobro prostorsko sliko stanja vodne bilance na območju Pomurja. Pri izračunu potencialne evapotranspiracije je bila upoštevana tudi pokrovnost tal, ki pomembno vpliva na količino izhlapele vode.

Največji letni primanjkljaj vode v tleh (do -100 mm) se pojavi na skrajnem vzhodu Pomurja, kjer je padavin najmanj in kjer prevladuje gozdna vegetacija. Pozitivna vodna bilanca z letnim presežkom vode do 100 mm se pojavi na območjih z gozdno vegetacijo (ta v primerjavi z drugimi vrstami vegetacije transpirira v zrak mnogo večje

količine vode), in sicer na celotnem območju Prekmurja, ter na zahodu do vzhodnega vznožja Radgonsko-Kapelskih gor in osrednjega dela Apaškega polja. Na zahodnejše ležečih območjih je letni presežek vode manjši. Na teh območjih prevladujejo evtrične in distrične rjave prsti na pliocenskih sedimentih, ponekod najdemo tudi plitve do srednje globoke obrečne prsti. Skupno se letni presežek vode do 100 mm pojavi na 18,8 % (251,0 km<sup>2</sup>) površine območja. Na njivskih površinah na hipogleju (v preteklosti so bile izvedene melioracije) in deloma na obrečnih prsteh na skrajnem vzhodu Pomurja, kjer pade 800–825 mm padavin, ter na gozdnih površinah na evtrični in distrični rjavi prsti na miocenskem peščenem laporju ter na distrični rjavi prsti na pliocenski glini v zahodnem delu območja, kjer pade 925 mm padavin in več, znaša letni presežek vode v tleh 100–200 mm. Območja zavzemajo 13,3 % (177,6 km<sup>2</sup>) površine regije. Na travniških in njivskih površinah na območju Prekmurja, na zahodu do vznožja Radgonsko-Kapelskih in Ljutomerskih gor ter osrednjega dela Apaškega polja z letnimi višinami padavin do 925 mm se pojavlja presežek vode v tleh, ki znaša 200–300 mm. Med prstmi prevladujejo hipoglej in psevdoglej (izvedene melioracije), obrečne prsti ter distrične rjave prsti in distrični ranker. Ta območja obsegajo slabo polovico Pomurja (48,4 % oz. 647,2 km<sup>2</sup>). Letni presežek vode v tleh 300–400 mm se pojavi na njivskih in travniških površinah na psevdogleju, hipogleju ter na evtrični in distrični rjavi prsti na miocenskem peščenem laporju v zahodnem delu območja. Največji letni presežek vode v tleh, 400–500 mm, se pojavlja na njivskih in vinogradniških površinah na distrični rjavi prsti na pliocenski glini na skrajnem jugozahodu na območju Ljutomerskih gor. Primanjkljaj vode v tleh je torej največji na vzhodnem delu Pomurja in se s pomikom proti zahodu postopno zmanjšuje.



Slika 2: Vodna bilanca med letoma 1971 in 2000.  
Vir: Lastni izračuni, 2015.

Preglednica 1: Primanjkljaj/presežek vode v tleh\* na kmetijskih površinah.

| Razred  | Gozdovi |                    | Njive, vrtovi      |      | Travniki, pašniki  |     |
|---------|---------|--------------------|--------------------|------|--------------------|-----|
|         | [mm]    | [km <sup>2</sup> ] | [km <sup>2</sup> ] | [%]  | [km <sup>2</sup> ] | [%] |
| -100–0  | 53,3    | 4,0                | 2,7                | 0,2  | 0,4                | 0,0 |
| 0–100   | 233,2   | 17,4               | 16,8               | 1,3  | 0,6                | 0,0 |
| 100–200 | 57,3    | 4,3                | 78,1               | 5,8  | 7,1                | 0,5 |
| 200–300 | 17,6    | 1,3                | 575,9              | 43,1 | 24,1               | 1,8 |
| 300–400 | 8,5     | 0,6                | 157,7              | 11,8 | 5,7                | 0,4 |
| 400–500 | 0,3     | 0,0                | 4,3                | 0,3  | 0,0                | 0,0 |

| Razred  | Sadovnjaki |                    | Vinogradi          |     | Ostalo             |     | Skupaj             |      |
|---------|------------|--------------------|--------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|------|
|         | [mm]       | [km <sup>2</sup> ] | [km <sup>2</sup> ] | [%] | [km <sup>2</sup> ] | [%] | [km <sup>2</sup> ] | [%]  |
| -100–0  | 0,0        | 0,0                | 0,0                | 0,0 | 0,2                | 0,0 | 56,6               | 4,2  |
| 0–100   | 0,0        | 0,0                | 0,7                | 0,1 | 1,7                | 0,1 | 253,0              | 18,9 |
| 100–200 | 0,0        | 0,0                | 1,0                | 0,1 | 36,7               | 2,7 | 180,3              | 13,5 |
| 200–300 | 0,0        | 0,0                | 10,6               | 0,8 | 22,7               | 1,7 | 650,9              | 48,7 |
| 300–400 | 0,6        | 0,0                | 13,4               | 1,0 | 4,3                | 0,3 | 190,2              | 14,2 |
| 400–500 | 0,0        | 0,0                | 1,0                | 0,1 | 0,7                | 0,1 | 6,3                | 0,5  |

Vir: Medmrežje 2; ARSO 2014; lastni izračuni.

\*Podatki veljajo za analizirano obdobje 1971–2000.

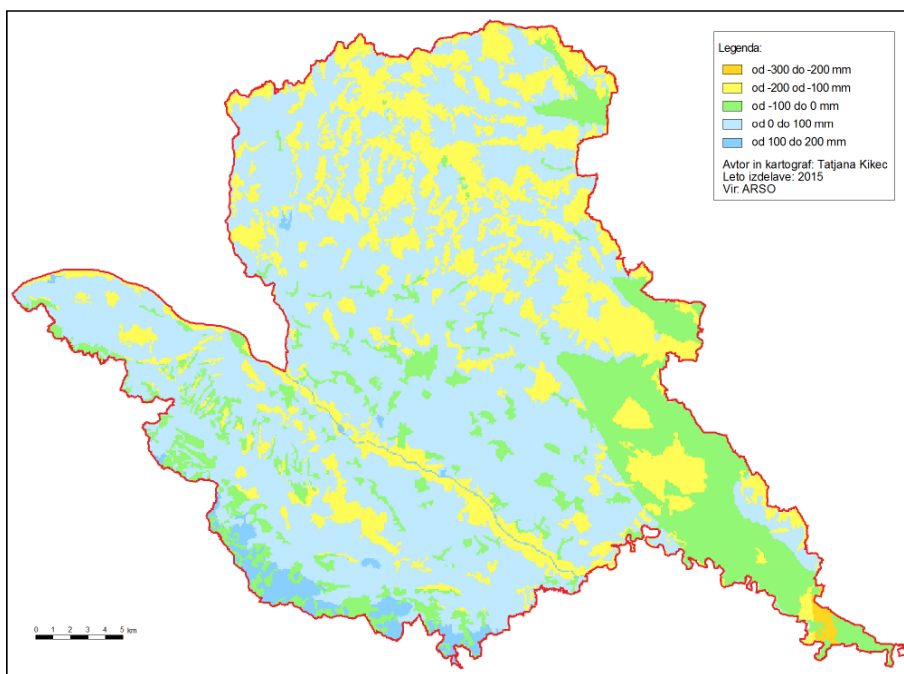
Za razvoj kulturnih rastlin je zlasti pomembna vodna bilanca v času vegetacijske dobe. Do nje smo prišli tako, da smo v programskem paketu ArcGIS od podatkovnega sloja ocena višine padavin v času vegetacijske dobe odšteli podatkovni sloj ocena potencialne evapotranspiracije v času vegetacijske dobe ter smo tako dobili oceno vodne bilance v času vegetacijske dobe. Ocena zato, ker smo do nje prišli na podlagi povprečnega deleža padavin ter povprečnega deleža potencialne evapotranspiracije v času vegetacijske dobe, izračunanega na podlagi podatkov šestih analiziranih meteoroloških postaj (Kikec 2015, 222).

V času vegetacijske dobe se največji primanjkljaj vode v tleh, od -300 do -200 mm, pojavi na skrajnem jugovzhodu Pomurja na območju Murske šume, kjer v tem času pade do 500 mm padavin. Primanjkljaj vode v tleh od -200 do -100 mm se pojavi na gozdnih površinah na celotnem vzhodnem in osrednjem delu Pomurja do vznožja Vzhodnih Slovenskih goric na zahodu. Ta območja obsegajo slabo četrtino (23,9 % oz. 320,0 km<sup>2</sup>) površine Pomurja. Na njivskih površinah na skrajnem vzhodu in jugovzhodu območja, kjer pade v času vegetacijske dobe do 525 mm padavin, ter na gozdnih površinah v zahodnem delu Pomurja na območju Vzhodnih Slovenskih goric, kjer pade 575 mm in več padavin, se pojavlja na 16,6 % (221,7 km<sup>2</sup>) površine območja do 100 mm velik primanjkljaj vode v tleh. Na dobri polovici (56,8 % oz. 759,9 km<sup>2</sup>) površine Pomurja se v času vegetacijske dobe pojavlja presežek vode v tleh do 100 mm. To so njivska in travniška območja, izjema je skrajni vzhodni in jugovzhodni del Pomurja. Največji presežek vode v tleh, od 100 do 200 mm se v času vegetacijske dobe pojavlja na njivskih in vinogradniških površinah na skrajnem zahodu v Vzhodnih Slovenskih gorah, kjer pade 625 mm in več padavin.

Primanjkljaj vode v tleh se pojavi najprej na skrajnem vzhodu Pomurja v marcu in se v naslednjih mesecih postopno povečuje in širi proti zahodu. Maja tako primanjkuje vode v tleh v večjem delu območja, izjema je skrajni zahodni del (Vzhodne Slovenske

gorice z Radgonsko-Kapelskimi goricami), kjer se primanjkljaj praktično ne pojavi oz. se pojavi le v posameznih sušnih letih.

Z vidika pridelave kmetijskih kulturnih rastlin nas zanima zlasti pojav primanjkljaja vode v tleh na njivah in vrtovih, ki se v Pomurju nahajajo na 835,5 km<sup>2</sup> oz. na 62,5 % površine območja. Aprila imajo ta na območju Prekmurja, vzhodnega dela Prlekije in vzhodnega dela Apaškega polja do 10 mm presežka vode v tleh, kar je pomembno za normalno razraščanje ozimnih žit. Maja imajo presežek vode v tleh do 10 mm le še njivske površine na skrajnem zahodu Pomurja, v preostalem delu pa se že pojavlja primanjkljaj vode, ki znaša do 20 mm. Presežek vode je v tem času še zlasti pomemben za klasenje in cvetenje pšenice ter vznik koruze in krompirja. Junjsko deževje običajno nekoliko poveča zalogo vode v tleh, na njivskih površinah se tako primanjkljaj pojavlja le še na vzhodnem delu Goriškega ter v osrednjem in vzhodnem delu Ravenskega ter Dolinskega in znaša do 10 mm. Visoke julijske temperature povečajo evapotranspiracijo, poveča pa se tudi primanjkljaj vode v tleh. Primanjkljaj do 10 mm se pojavi na njivskih površinah na celotnem območju Prekmurja (izjema je vzhodni del, kjer se primanjkljaj poveča na 20 mm), v zahodnem delu do vzhodja Radgonsko-Kapelskih goric, osrednjem delu Apaškega polja in celotnem Murskem polju. V tem času potrebuje koroza največje količine vode saj prehaja iz fenofaze metličenja v fenofazo cvetenja. Avgusta se glede na izračunane ocene obdobjnih vrednosti na njivskih površinah primanjkljaj vode v tleh naj ne bi več pojavljal.



Slika 3: Ocena vodne bilance v času vegetacijske dobe med letoma 1971 in 2000.  
Vir: Lastni izračuni, 2015.

Poleg njivskih površin nas z vidika stanja vodne bilance zanimajo tudi sadovnjaki, ki se v Pomurju nahajajo le na 0,6 km<sup>2</sup> površine ter še zlasti vinogradi, ki zavzemajo 26,7 km<sup>2</sup> oz. 2,1 % površine območja. Kot nam že poimenovanje izdaja, se vinogradi na večjih površinah nahajajo v Lendavskih in v Radgonsko-Kapelskih goricah ter v



pomurskem delu Vzhodnih Slovenskih goric ali Ljutomersko-Ormoških goric, v manjšem obsegu tudi na območju Goričkega, zlasti v njegovem jugovzhodnem delu. Na teh območjih prevladujejo distrične rjave prsti na pliocenski glini, pesku in drobnem produ ter evtrične in deloma distrične rjave prsti na miocenskem peščenem laporju. V času vegetacijske dobe imajo ta območja presežek vode v tleh do 100 mm, Ljutomersko-Ormoške gorice ponekod tudi do 200 mm. Vinogradniške površine v Lendavskih goricah imajo aprila presežek vode v tleh do 10 mm, medtem ko se med majem in julijem soočajo s primanjkljajem vode v tleh do 10 mm. Avgusta se ponovno pojavi presežek vode v tleh do 10 mm, ki se septembra poveča na od 20 do 30 mm. Na vinogradniških površinah v Radgonsko-Kapelskih in v Vzhodnih Slovenskih goricah znaša aprila presežek vode v tleh od 10 do 20 mm ter maja do 10 mm, ponekod v Radgonsko-Kapelskih goricah se maja pojavi primanjkljaj vode v tleh do 10 mm. Junija znaša presežek vode v tleh od 0 do 20 mm, julija se ta na večjem delu zmanjša na do 10 mm, avgusta pa se presežek vode v tleh ponovno poveča na od 10 do 20 mm, v večjem delu Vzhodnih Slovenskih goric na do 30 mm. Septembra v času zorenja grozdja se presežek vode v tleh poveča na od 20 do 40 mm.

Navedeno predstavlja le oceno povprečnega stanja, dejansko stanje v posameznih, zlasti v sušnih letih, je lahko precej drugačno, primanjkljaj vode v tleh je takrat običajno bistveno večji, pomanjkanje vode pa traja tudi dalj časa.

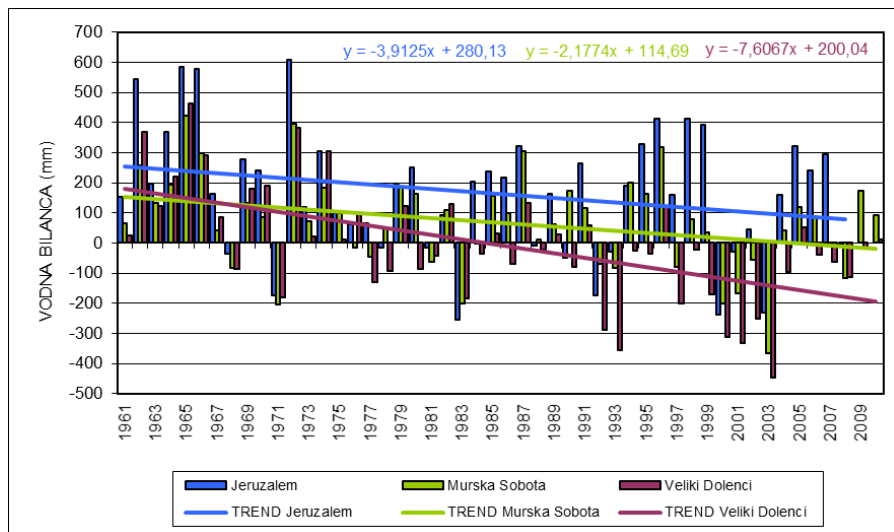
### 3.2 Trendi spreminjanja vodne bilance

Izračunani linearni trendi letne razlike med višino padavin in potencialno evapotranspiracijo kažejo, da se je primanjkljaj vode v tleh v analiziranem obdobju najbolj povečal na meteorološki postaji Veliki Dolenci na severovzhodu Pomurja (-6,3 mm/10 let), kjer je letna vodna bilanca že tako negativna (-6,6 mm). To sovпада z nekoliko višjimi temperaturami, ki povečujejo evapotranspiracijo in z zmanjševanjem višine padavin v tem delu Pomurja. Ostale analizirane meteorološke postaje beležijo pozitivno letno vodno bilanco, vendar se je glede na izračunane trende letni presežek vode v tleh v analiziranem obdobju zmanjšal. Na meteorološki postaji Blaguš v zahodnem delu Pomurja za -46,6 mm/10 let, v termalnem pasu ležeči meteorološki postaji Jeruzalem za -37,7 mm/10 let, na meteorološki postaji Murska Sobota v osrednjem ravninskem delu za -34,9 mm/10 let ter na meteorološki postaji Gornja Radgona za -29,6 mm/10 let in meteorološki postaji Lendava na skrajnem jugovzhodu za -27,0 mm/10 let.

V času vegetacijske dobe so izračunani linearni trendi za analizirano obdobje na vseh šestih analiziranih meteoroloških postajah negativni. Primanjkljaj vode v tleh se je najbolj povečal na meteorološki postaji Veliki Dolenci (-42,8 mm/10 let), sledi meteorološka postaja Blaguš (-33,5 mm/10 let) ter meteorološka postaja Gornja Radgona (-15,5 mm/10 let), kjer se v času vegetacijske dobe pojavlja manjši presežek vode v tleh (6,1 mm). Najmanjše povečanje primanjkljaja vode v tleh je bilo na meteorološki postaji Lendava (-14,8 mm/10 let) in Jeruzalem (-13,2 mm/10 let).

Primanjkljaj vode v tleh se je glede na izračunane linearne trende v analiziranem obdobju najbolj povečal v času poletja (v povprečju -15,6 mm/10 let), in sicer najbolj julija (v povprečju -10,8 mm/10 let), za več kot polovico manj avgusta (v povprečju -4,81 mm/10 let), kar je z vidika uspevanja kulturnih rastlin zelo neugodno. Le malo manj se je primanjkljaj vode v tleh povečal spomladi (v povprečju -15,5 mm/10 let), najbolj maja (v povprečju -7,0 mm/10 let) in aprila (v povprečju -6,3 mm/10 let). V času zime je vodna bilanca pozitivna, vendar je trend negativen (v povprečju -9,8 mm/10 let), presežek vode v tleh se je najbolj zmanjšal januarja (v povprečju -5,9

mm/10 let) in februarja (v povprečju -3,1 mm/10 let). Glede na pozitivne trende višine padavin septembra in oktobra je trend vodne bilance v jeseni le minimalno negativen (v povprečju -0,9 mm/10 let), septembra (v povprečju 5,7 mm/10 let) in oktobra (v povprečju 1,3 mm/10 let) pa se je presežek vode v tleh povečal.



Slika 4: Trendi letne vodne bilance na meteoroloških postajah Jeruzalem, Murska Sobota in Veliki Dolenci (1961–2010\*).

\*Meteorološka postaja Jeruzalem 1961–2008.

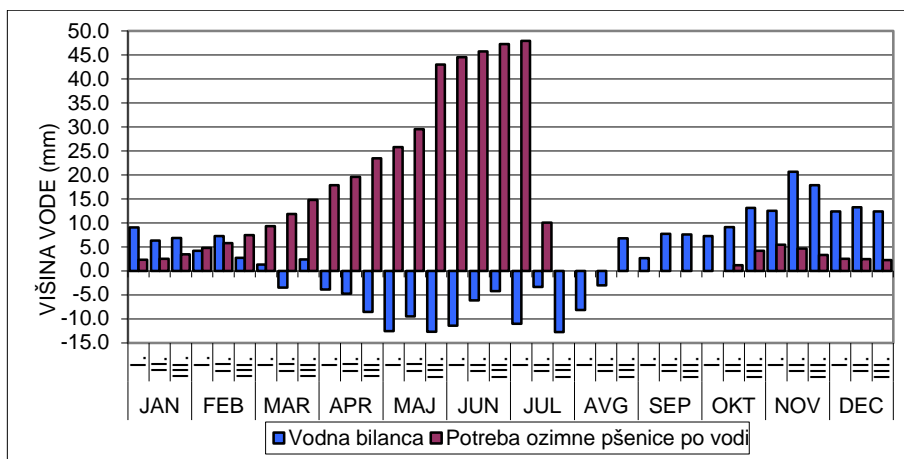
Vir: ARSO 2014; lastni izračuni.

Stanje in trendi vodne bilance so z vidika uspevanja kulturnih rastlin izrazito neugodni, saj se primanjkljaj vode v tleh najbolj povečuje v spomladanskih in poletnih mesecih, torej večji del vegetacijske dobe, ko so potrebe rastlin po vodi največje. Dodatno k neugodnim razmeram botruje dejstvo, da je večina njivskih površin na plitvih do srednje globokih prsteh na produ in pesku (tip ranker), kjer meteorna voda zelo hitro odteče v večje globine in ni več na voljo koreninskemu sistemu rastlin (Kajfež-Bogataj, Bergant 2005, 38–39).

#### 4. Primerjava potreb izbranih kulturnih rastlin po vodi s stanjem vodne bilance

Potencialna evapotranspiracija (ETP) je tista količina vode, ki jo porabijo rastline, kadar so ves čas rasti in razvoja optimalno preskrbljene s talno vodo, te jim je nikoli ne primanjkuje in je nikoli ni preveč. V naravi to optimalno preskrbo s talno vodo le težko dosežemo. Na splošno porabijo rastline v celotnem ciklu letnega razvoja in rasti manj vode, kot je vrednost potencialne evapotranspiracije na začetku in na koncu vegetacije. Med cvetenjem in dozorevanjem je številne kmetijske kulturne rastline porabijo 10 do 20 % več od vrednosti potencialne evapotranspiracije (Matajc 1996, 141). Učinkovitost padavin za rastline je poleg fenološke faze odvisna tudi od globine koreninskega sistema, kar je med drugim odvisno tudi od tipa in globine prsti. Lahke peščene in prodnate prsti imajo majhno vodnoretencijsko kapaciteto, v globini koreninskega sistema ne zmorejo zadržati dovolj vode, zato se hitro izsušijo. Vodna bilanca je tako pozitivna le na dan, ko dežuje in morda še kakšen dan pozneje, potem pa se prst ponovno izsuši in pride do pomanjkanja vode v tleh (Kikec 2015, 200).

Različne kmetijske kulturne rastline imajo zelo različne potrebe po vodi, razlike se pojavljajo tako v količini potrebne vode, kot tudi v njeni razporeditvi po posameznih fenoloških fazah. Razporeditev vodne bilance še najbolj ustreza ozimnim žitom, ki jih kmetje v Pomurju sejejo v II. oz. III. dekadi oktobra, ko je vodna bilanca pozitivna. Do vključno II. dekade marca potrebe ozimnih žit po vodi ne presegajo presežka vode v tleh, kar omogoča v primeru ugodnih toplotnih razmer njihov neoviran vznik, razvoj in razraščanje. Od začetka marca se potrebe žit po vodi pričnejo postopoma večati, s primanjkljajem vode se prvič soočijo v II. dekadi marca, od I. dekade aprila pa jim vode primanjkuje vse do žetve. Ozimna pšenica ima največje potrebe po vodi med III. dekado maja in I. dekado julija, ko ji te v posamezni dekadi primanjkuje 43,0–48,0 mm. Od polne zrelosti do žetve med 5. in 30. julijem se potreba ozimne pšenice po vodi močno zmanjša (v II. dekadi julija potrebuje le še 10,1 mm vode), primanjkljaj vode v tleh pa se postopno povečuje, kar pa pšenice več ne ovira. V večini let tako polja zapusti še preden se na območju pojavi največji primanjkljaj vode v tleh. Pomanjkanje vode jo najbolj prizadene konec aprila in maja, ko je v fazi klasenja, v tem času v posamezni dekadi potrebuje 23,4–43,0 mm vode, primanjkljaj vode v tleh pa v tem času znaša 8,6–12,7 mm. V celotni rastni dobi potrebuje ozimna pšenica 442,7 mm vode, v povprečno namočenem letu pa ji na območju Pomurja primanjkuje 291,7 mm vode.

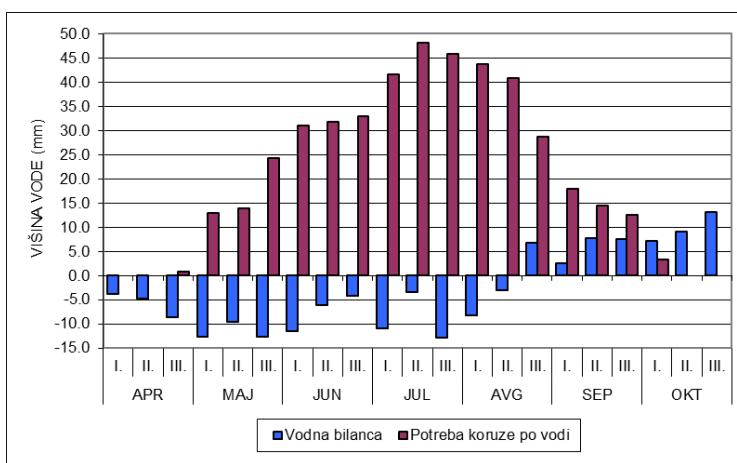


Slika 5: Primerjava potreb ozimne pšenice po vodi s stanjem vodne bilance na meteorološki postaji Murska Sobota v obdobju 1961–2010.

Vir: ARSO 2014; Fenološki podatki ... 2014; Irrigation ... 1986; lastni izračuni.

Večina ostalih kmetijskih kulturnih rastlin je v času največjega primanjkljaja vode v tleh v Pomurju ravno v najbolj občutljivejših razvojnih fazah, ko jih pomanjkanje najbolj prizadene. Koruza je v primerjavi z ozimnimi žiti večja porabnica vode, v rastni dobi potrebuje za nemoteno rast 445,1 l vode. Kmetje jo v Pomurju sejejo med 19. aprilom in 10. majem, ko se že pojavlja primanjkljaj vode v tleh, ki znaša v povprečju do 12,9 mm, kar lahko ovira vznik semen. Potreba korusa po vodi se poveča po vzniku rastline ter v času intenzivne rasti, vse dokler se rastlina ne razvije do te mere, da zeleni pokrov skorajda v celoti prekrije tla. Takrat ostane njena potreba po vodi začasno bolj ali manj enaka. V posamezni dekadi junija potrebuje koruza 31,0–33,0 mm vode, primanjkljaj vode v tleh pa v tem času znaša v posamezni dekadi 4,2–11,5 mm. Največje potrebe po vodi ima koruza od začetka metličenja v začetku julija do mlečne zrelosti sredi avgusta, ko v posamezni dekadi porabi 40,8–48,2 mm vode. V tem

obdobju je tudi najbolj občutljiva na pomanjkanje vode, ki pa je v Pomurju v tem času običajno primanjkuje. Ko rastlina doseže voščeno zrelost, se njena potreba po vodi prične postopno zmanjševati, vodna bilanca pa je v tem času v Pomurju že pozitivna.

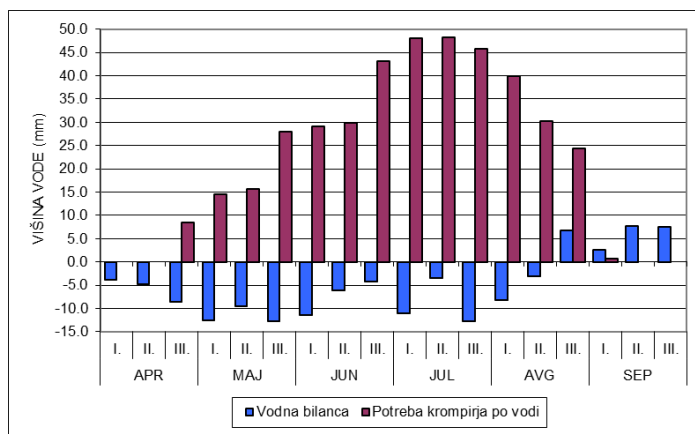


Slika 6: Primerjava potreb koruze po vodi s stanjem vodne bilance na meteorološki postaji Murska Sobota v obdobju 1961–2010.

Vir: ARSO 2014; Fenološki podatki ... 2014; Irrigation ... 1986; lastni izračuni.

V času celotne rastne dobe koruzi v povprečno namočenem letu na območju Pomurja primanjkuje 404,1 mm vode. Krompir potrebuje v rastni dobi za nemoteno rast in razvoj 406,0 mm vode, na območju Pomurja pa mu je v povprečno namočenem letu primanjkuje 396,4 mm. Glede na vremenske in talne razmere ga kmetje sadijo med 8. in 27. aprilom. Krompir, za razliko od koruze, potrebuje že v III. dekadi aprila 8,4 mm vode za vznik, vendar te v tem času na območju Pomurja že primanjkuje (-8,6 mm). Sorazmerno z rastjo se povečuje tudi njegova potreba po vodi, med III. dekado maja in II. dekado junija v posamezni dekadi potrebuje v povprečju 29,0 mm vode, primanjkljaj vode v tleh v tem času v Pomurju znaša 6,2–12,7 mm. V času cvetenja v II. in III. dekadi junija ter v času oblikovanja prvih gomoljev julija in v I. dekadi avgusta, se njegova potreba po vodi še poveča. Takrat je tudi najbolj občutljiv na pomanjkanje vode, v posamezni dekadi je potrebuje v povprečju 40,0–48,2 mm. Ravno v tem času se na območju Pomurja pojavlja največji primanjkljaj vode v tleh, ki znaša v posamezni dekadi 3,4–12,8 mm. Krompir se na pomanjkanje vode prilagaja z nižjim in skromnejšim nadzemnim delom ter z bolj drobnimi in manjšim številom gomoljev. Ko doseže fiziološko zrelost, se njegova potreba po vodi zmanjša, v zadnji fazi tik pred izkopom v I. dekadi septembra potrebuje le še 0,8 mm vode. V času izkopavanja krompirja je vodna bilanca v Pomurju ponovno pozitivna.

Med vrtninami ima največje potrebe po vodi paradižnik, ki v rastni dobi za nemoteno rast potrebuje 446,8 mm vode. Na območju Pomurja se s pomanjkanjem vode sooča celotno rastno dobo, v povprečno namočenem letu mu primanjkuje 414,9 mm vode. Vodna bilanca je negativna že ob njegovi setvi v III. dekadi aprila, v drugem delu rastne dobe pa njegove potrebe po vodi presežejo presežek vode v tleh, ki se pojavlja od III. dekade avgusta naprej. Paradižnik potrebuje največ vode med I. dekado julija in I. dekado avgusta, v posamezni dekadi med 41,9–46,2 mm.



Slika 7: Primerjava potreb krompirja po vodi s stanjem vodne bilance na meteorološki postaji Murska Sobota v obdobju 1961–2010.

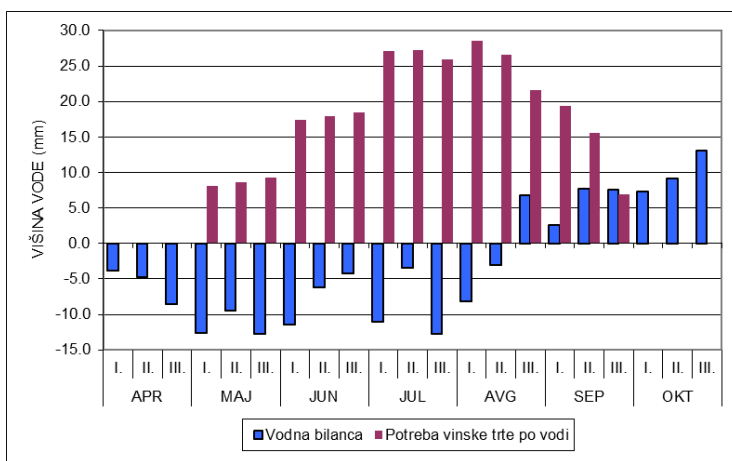
Vir: ARSO 2014; Fenološki podatki... 2014; Irrigation ... 1986; lastni izračuni.

Nekoliko manjša porabnica vode je paprika, ki v rastni dobi, od II. dekade maja do II. dekade septembra potrebuje 346,2 mm vode (Prav tam). Največ je potrebuje med I. dekadom julija in II. dekadom avgusta, v posamezni dekadi 35,5–42,0 mm, ko se na območju Pomurja pojavlja primanjkljaj vode v tleh, ki znaša v posamezni dekadi 3,1–12,8 mm. Podobno kot paradižnik, se tudi paprika v Pomurju sooča s pomanjkanjem vode v celotni rastni dobi, v povprečno namočenem letu ji primanjkuje 329,0 mm vode.

Bučke potrebujejo v rastni dobi, ki traja v Pomurju od II. dekade maja do I. dekade septembra, 385,7 mm vode, največ julija in v I. dekadi avgusta, v posamezni dekadi 38,1–42,0 mm, ko je vodna bilanca na območju Pomurja izrazito negativna. Kljub nekoliko krajši rastni dobi se tudi bučke, podobno kot paradižnik in paprika, v Pomurju soočajo s pomanjkanjem vode v celotni rastni dobi, primanjkuje jim 376,4 mm vode.

Vinska trta je v primerjavi z drugimi kulturnimi rastlinami manjša porabnica vode, v rastni dobi je porabi le 278,8 mm; v Pomurju ji v povprečno namočenem letu primanjkuje 254,1 mm vode. Zaradi globljega koreninskega sistema ima dostop do vode tudi v večji globini, ko so zgornji horizonti prsti že izsušeni. Potreba vinske trte po vodi preseže razpoložljive količine vode v tleh s pojavom prvih listov v I. dekadi maja, ko v posamezni dekadi maja potrebuje v povprečju 8,7 mm vode; primanjkljaj vode v tleh znaša v tem času v posamezni dekadi 9,6–12,7 mm. Njena potreba po vodi se še nekoliko poveča v času cvetenja junija (v posamezni dekadi potrebuje v povprečju 17,9 mm vode), največje potrebe po vodi pa ima vinska trta v fazi formiranja plodov in rasti grozdnih jagod julija in avgusta. V posamezni dekadi julija potrebuje v povprečju 26,8 mm vode in v posamezni dekadi avgusta v povprečju 25,6 mm vode, medtem ko znaša primanjkljaj vode v tleh julija v povprečju 22,6 mm in avgusta v povprečju 5,0 mm. S pričetkom zorenja grozdnih jagod se potreba vinske trte po vodi prične postopno zmanjševati, v zadnji fazi zorenja tik pred trgatvijo konec septembra oz. v začetku oktobra potrebuje v posamezni dekadi le še 6,9 mm vode. Od III. dekade avgusta naprej je vodna bilanca v Pomurju že minimalno pozitivna, vendar se vinska trta, zaradi velikih potreb po vodi, do vključno II. dekade septembra sooča s pomanjkanjem vode. Pomanjkanje vode jo manj prizadene, zlasti dobro prenaša krajša sušna obdobja.

Med velike porabnike vode spada sadno drevje, zlasti jabolana, ki na območju Pomurja v rastni dobi, med II. dekadno aprila in I. dekadno oktobra, potrebuje 518,7 mm vode. Jablana potrebuje že v začetnih razvojnih fazah precejšnje količine vode (v posamezni dekadi aprila v povprečju 12,7 mm), njena potreba po vodi pa se v sledečih razvojnih fazah še stopnjuje vse do faze rasti plodov, ko med II. dekadno junija in III. dekadno julija v posamezni dekadi potrebuje 39,8–42,0 mm vode. S pričetkom zorenja plodov se njena potreba po vodi postopno zmanjšuje, vendar ji vse do obiranja plodov konec septembra in v začetku oktobra, kljub pozitivni vodni bilanci na območju Pomurja v tem času, še vedno primanjkuje v posamezni dekadi do 6,0 mm vode.



Slika 8: Primerjava potreb vinske trte po vodi s stanjem vodne bilance na meteorološki postaji Murska Sobota v obdobju 1961–2010.

Vir: ARSO 2014; Fenološki podatki ... 2014; Irrigation ... 1986; lastni izračuni.

Zelo podobno razporeditev potreb po vodi v rastni dobi kot jabolana ima tudi hruška, katere sadove obiramo nekoliko prej, že v začetku septembra. Glede na krajšo rastno dobo je tudi njena potreba po vodi nekoliko manjša, in sicer potrebuje 445,7 mm vode. Na območju Pomurja ji v povprečno namočenem letu v rastni dobi primanjkuje 436,2 mm vode.

Primerjava potreb izbranih kmetijskih kulturnih rastlin po vodi s stanjem vodne bilance na območju Pomurja je pokazala, da so potrebe večine kmetijskih kulturnih rastlin v času največjega primanjkljaja vode v tleh med majem in julijem, precej večje od primanjkljaja. V času rastne dobe se tako večina od njih sooča s pomanjkanjem vode, le v zaključnih fenoloških fazah septembra in oktobra se potrebe večine kulturnih rastlin po vodi že toliko zmanjšajo, da so zadovoljene s presežkom vode v tleh, ki se pojavlja v tem času na območju Pomurja. Večina kmetijskih kulturnih rastlin ima največje potrebe po vodi v poletnih mesecih junij, julij in avgust, izjema so ozimna žita, ki polja zapustijo že v sredini julija. V času največjih potreb kmetijskih kulturnih rastlin po vodi so te tudi najbolj občutljive na njeno pomanjkanje. Med kmetijskimi kulturami rastlinami je največja porabnica vode koruza, večje količine potrebuje tudi različno sadno drevje, medtem ko so vrtnine, z izjemo paradižnika, na splošno manjše porabnice vode.

Preglednica 2: Potrebe izbranih kmetijskih kultur po vodi in primanjkljaj vode za izbrane kmetijske kulture v rastni dobi na območju Pomurja.

| Kulturna rastlina | Potreba rastline po vodi (mm) | Primanjkljaj vode za rastlino* (mm) | Velikost primanjkljaja glede na potrebo (%) |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---|
| Koruza            | 445,1                         | -413,2                              | 92,8  |
| Ozimna pšenica    | 442,7                         | -291,7                              | 65,9  |
| Krompir           | 406,0                         | -396,4                              | 97,7  |
| Sladkorna pesa    | 504,0                         | -463,0                              | 91,9  |
| Jablane           | 518,7                         | -475,5                              | 91,7  |
| Hruške            | 445,7                         | -436,2                              | 97,9  |
| Vinska trta       | 278,8                         | -254,1                              | 91,1  |
| Zelje             | 376,2                         | -309,6                              | 82,3  |
| Paprika           | 346,2                         | -329,0                              | 95,0  |
| Paradižnik        | 446,8                         | -414,9                              | 92,8  |
| Bučke             | 385,7                         | -376,4                              | 97,6  |

\*Primanjkljaj je izračunan na podlagi primerjave potrebe rastline po vodi s stanjem vodne bilance na meteorološki postaji M. Sobota v obdobju 1961–2010.

Vir: ARSO 2014; Fenološki podatki ... 2014; Irrigation ... 1986; lastni izračuni.

## 5. Posledice vodnega stresa in poškodovanost kmetijskih kulturnih rastlin

Poleg toplote je voda najpomembnejši abiotski faktor za normalno rast in razvoj rastlin. Prehodno pomanjkanje vode je za rastline običajen pojav in večina jih je razvila ustrezne mehanizme, da takšna obdobja premagajo brez večjih težav. Večji problem predstavlja za rastline dolgotrajnejša suša. Sušni stres se v rastlinah ne pojavi nenadoma, temveč se razvije postopno. Posledice suše se v rastlinah postopno akumulirajo in se lahko ohranjajo dalj časa, zato običajno težko določimo začetek in konec suše. Prve vidne posledice sušnega stresa lahko opazimo šele, ko turgor<sup>3</sup> upade do tolikšne mere, da rastlina prične veneti, lahko pa se pojavijo tudi druge vidne posledice, kot je na primer zvijanje listov. Primanjkljaj vode spremeni metabolizem rastline, distribucijo asimilatov in mobilnost hranil že veliko prej, kot se pojavijo vidne posledice (Larcher 1995, 335). Fiziološki in biokemični odzivi kulturnih rastlin na pomanjkanje vode so zelo različni in so odvisni od vrste in sorte kulturne rastline, predhodne izpostavljenosti sušnemu stresu, jakosti stresa, sezone ter drugih okoljskih dejavnikov (Šircelj 2006, 272).

Ob pomanjkanju talne vode že v zgodnjih razvojnih fazah je oviran vznik, rastline začnejo zaostajati v rasti, kar se pozna na njihovem razvoju v sledečih razvojnih fazah. Vlažnost je eden izmed najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na razvoj koreninskega sistema. Pri pomanjkanju vlage v prsti rastlina razvije večji koreninski sistem ter daljše korenine s katerimi prodre globlje v prst, da pride do potrebne vode. Ker se običajno pri rastlinah sočasno pojavi tudi toplotni stres, je moten tudi proces fotosinteze in oplodnja cvetov, zato so ti slabo oplojeni ali sploh niso, kar pomeni izpad pridelka. Primanjkljaj vode v času cvetenja, opravevanja ter polnjenja zrn večini poljščin škoduje, še posebej koruzi, soji in pšenici (Parry 2000, povz. po Kajfež Bogataj in Črepinšek 2004, 53). Če pri koruzi v fazi metličenja listna ovenelost traja 6–8 dni, se pričakovani pridelok zmanjša do 50 %, še bolj škodljiv pa je vpliv suše v

<sup>3</sup> Turgorski tlak ali turgor je znotrajcelični tlak, ki je potreben za normalen potek fizioloških procesov. Ko rastlina več ne more vzpostaviti turgorja, četudi popolnoma omeji transpiracijo (npr. preko noči), nastopi točka venenja (Vodnik 2005).

fazi oplodnje, ko rastlina ob nezadostnih količinah vode ostane brez nastavka zrnja, kar pomeni 100 % izpad zrnja (Tanjšek et al. 1991, 66). Koruza je še vedno zelo priljubljena poljščina med pomurskimi kmetovalci, vendar potrebuje, zaradi sposobnosti oblikovanja velike količine suhe snovi, za nemoteno rast in razvoj precejšnje količine vode, zato je ob pojavu suše običajno med najbolj poškodovanimi kmetijskimi kulturami. V ekstremno sušnem letu 2003 je najvišja stopnja poškodovanosti kornja<sup>4</sup> ponekod na plitvih peščeno-prodnatih prsteh znašala tudi do 80 % (Ocena poškodovanosti ... 2003 in 2007, 2011), leta 2012 in 2013 do 51 % ter silažne kornja do 62 % (Ocena poškodovanosti ... 2012 in 2013, 2014).

Sušnega leta 2003 so ozimna žita zaradi pomanjkanja vode že zelo zgodaj pričela zaostajati v razvoju, zavirano je bilo njihovo stebenje, na posameznih območjih v Pomurju se je njihova rast ustavila na višini 20 cm. Zaradi hkratnega temperaturnega stresa je bila motena fotosinteza in predvsem oplodnja cvetov ter začetek nalivanja zrnja. Žita so razvila krajše klase, večja je bila sterilnost cvetov in posledično večje število praznih klasov (Zrnec in Matajc 2003, 26). Zaradi suše in visokih temperatur so ozimna žita prsilno in hitreje dozorevala. Njihova najvišja stopnja poškodovanosti je ponekod na plitvih peščeno-prodnatih prsteh jugovzhodno od Murske Sobotne znašala 70–75 %, med 61–70 % pa so ozimna žita bila poškodovana na Murskem polju, na severozahodu Dolinskega in Ravenskega ter na osrednjem in jugovzhodnem Goričkem (Ocena poškodovanosti ... 2003 in 2007, 2011). V sušnih letih 2012 in 2013 ozimna žita niso bila poškodovana saj je bila žetev opravljena pred pojavom hude suše v drugi polovici julija (Ocena poškodovanosti ... 2012 in 2013, 2014).

Mladi nasad krompirja si po suši hitro opomore, če pa ga suša prizadene v drugi polovici rasti, potem ko je že pričel cveteti, si ne opomore več. V vročih dneh morajo korenine nepretrgoma dovajati velike količine vode, sicer se listne reže zaprejo. Asimilacija se tako prične zmanjševati že pri neznatnem pomanjkanju vlage v tleh, kar omejuje rast nasada, še zlasti listov, ki ostanejo manjši, rastline pa se prej postarajo in odmrejo, kar zmanjšuje količino suhe snovi, torej pridelka (Kus 1987, 31, 33, 36, 159). Podobno kot pri pšenici je tudi pri krompirju najvišja stopnja poškodovanosti zaradi suše leta 2003 na plitvih peščeno-prodnatih prsteh ponekod znašala 70–75 % (Ocena poškodovanosti ... 2003 in 2007, 2011), v sušnih letih 2007, 2012 in 2013 pa najvišja stopnja poškodovanosti krompirja ni presegla 50 % (Prav tam; Ocena poškodovanosti ... 2012 in 2013, 2014).

Kljub globljemu koreninskemu sistemu tudi sadno drevje v poletnih mesecih občuti pomanjkanje vode v tleh, kar povzroča ovenelost listov in odpadanje še nedozorelih sadežev. Vinsko trto pomanjkanje vode v zgornjih horizontih prsti manj prizadene, ob večjem pomanjkanju talne vode pogosto pride le do venenja listov, ob ekstremni suši pa se upočasni njena rast, kar vpliva na slabši razvoj jagod, ki ostanejo bolj drobne.

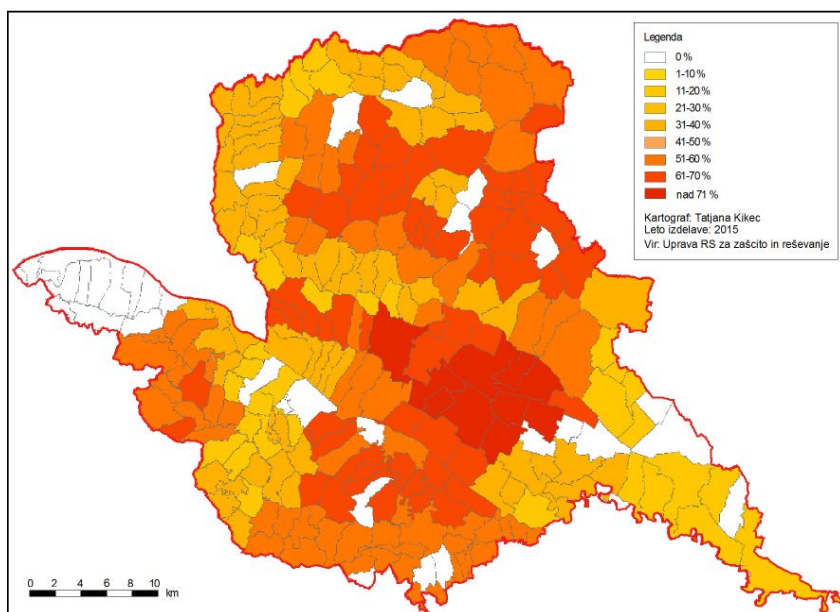
---

<sup>4</sup> Podatki o stopnji poškodovanosti posameznih kulturnih rastlin zaradi suše so pomemben pokazatelj prostorske razširjenosti in intenzivnosti pojava suše, vendar je pri njihovi uporabi potrebno upoštevati sledeče:

- prijava škode: za prijavo in uveljavljanje škode se je potrebno soočiti z birokratskimi postopki, ki jim zlasti manjši kmetje sami niso kos, zato škode pogosto ne prijavijo – ta se običajno pojavi v večjem obsegu kot nam kažejo podatki;
- način zbiranja podatkov: ker ne obstajajo enotni kriteriji za ocenjevanje škode, so ocene v veliki meri odvisne od subjektivne presoje članov v prvi fazi občinske in v drugi fazi regijske komisije za ocenjevanje škode;
- nivo zbiranja podatkov: podatki se zbirajo na nivoju katastrskih občin, kar je za natančnejšo prostorsko omejitev območij pojava suše prevelika enota, saj ni nujno, da se suša pojavi na celotni površini katastrske občine, poleg tega pa se v posamezni katastrski občini pojavljajo poleg njiv tudi druge oblike rabe tal, kjer se suša ne pojavi.



Največjo škodo običajno utrpijo mladi vinogradi, eno- in dvoletni trsi, ki se zaradi slabše odpornosti posušijo. Sušnega leta 2003 so tudi sadovnjaki in vinogradi utrpeli precejšnjo škodo, listje se je posušilo in odpadalo, plodovi so ostali majhni, ponekod so se celo posušili in odpadli. Izpad pridelka je bil posledica aprilske ohlavitve, ki je sadno drevje in vinsko trto ujela v najboljčutljivejših fenoloških fazah odpiranja rodnih brstov do cvetenja, ter poletne suše. Najvišja stopnja poškodovanosti grozdja je znašala 80–85 % in je bila ocenjena na območju Radgonsko-Kapelskih goric, najvišja stopnja poškodovanosti sadja je znašala 50–55 % (Ocena poškodovanosti ... 2003 in 2007, 2011) Leta 2012 je vinska trta dokaj dobro kljubovala suši, najvišja stopnja poškodovanosti je znašala 36 %, med sadnim drevjem so bile poškodovane le slive in češplje, ki so bile zaradi suše poškodovane tudi leta 2013, in sicer je najvišja stopnja poškodovanosti znašala 50–60 % (Ocena poškodovanosti ... 2012 in 2013, 2014).



Slika 9: Stopnja poškodovanosti pšenice v sušnem letu 2003 v Pomurju.

Vir: Uprava RS za zaščito in reševanje, 2015.

Ob dalj časa trajajočem izpadu padavin in pojavu kmetijske suše se zmanjša količina pridelka, slabša je tudi njegova kakovost. Najbolj prizadete so tiste kulturne rastline, ki se v času pomanjkanja vode nahajajo v najboljčutljivejših razvojnih fazah, in ki so velike porabnice vode. Škoda je običajno ogromna in samo v Pomurju, kjer zavzemajo njive in vrtovi 835,5 km<sup>2</sup> oz. 62,5 % površine regije (Medmrežje 2), presega milijonske zneske.

Gledano dolgoročno ima škoda, ki jo vsakih nekaj let povzroči kmetijska suša, velike posledice tako za kmetijstvo kot za gospodarstvo Pomurja, kjer se 7,6 % delovno aktivnega prebivalstva še vedno ukvarja s kmetijstvom (SURs 2015).

Preglednica 3: Škoda zaradi poškodovanosti kulturnih rastlin zaradi suše v letih 2003, 2007, 2012 in 2013.

| Škoda                     | 2003          | 2007         | 2012          | 2013          |
|---------------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Poškodovana površina (ha) | 64.750,06     | 13.100,81    | 20.483,74     | 26.764,33     |
| Ocenjena škoda (EUR)      | 31.509.395,33 | 7.556.610,17 | 11.744.366,63 | 25.531.136,48 |

Vir: Ocena poškodovanosti ... 2003 in 2007, 2011; Ocena poškodovanosti ... 2012 in 2013; 2014.

## 6. Zaključek

Primerjava stanja vodne bilance in potreb izbranih kmetijskih kulturnih rastlin po vodi v Pomurju je pokazala velika neskladja, kar ima ob dalj časa trajajočem izostanku padavin za posledico poškodovanost rastlin in posledično manjše količine pridelka slabše kakovosti.

Vodna bilanca je na območju Pomurja negativna med aprilom in II. dekada avgusta, torej večji del vegetacijske dobe. Primanjkljaj vode v tleh je največji maja, ko znaša v povprečju - 24,1 mm, sledi julij s povprečno -22,6 mm. Gledano prostorsko je primanjkljaj največji v vzhodnem delu Pomurja, s pomikom proti zahodu se postopno zmanjšuje in je najmanjši v zahodnem ter jugozahodnem delu območja. Razporeditev stanja vodne bilance preko leta je dokaj ugodna za ozimna žita, saj jim vode primanjkuje le v drugi polovici rastne dobe, polja pa zapustijo še pred hujšim primanjkljajem vode v tleh. Večina ostalih kmetijskih kulturnih rastlin kot so koruza, krompir, buče in drugo se s pomanjkanjem vode v tleh sooča večji del rastne dobe, v najbolj občutljivejših razvojnih fazah pa se nahajajo ravno v poletnih mesecih junij, julij, avgust, ko je primanjkljaj vode v tleh na območju Pomurja največji in jih ta najbolj prizadene. Tudi izračunani linearni trendi vodne bilance niso nič kaj spodbudni, saj se primanjkljaj vode v tleh še povečuje, in sicer najbolj v spomladanskih in poletnih mesecih, torej v večjem delu vegetacijske dobe, ko so potrebe rastlin po vodi največje.

V času nizke samooskrbe v Sloveniji zato velja razmisliti in na novo preučiti primernost pridelave posameznih kmetijskih kulturnih rastlin, prilagoditi njihov izbor in način pridelave. Velike porabnice vode bo vsaj deloma smiselno nadomestiti z bolj odpornimi kulturami in tistimi z večjimi regeneracijskimi sposobnostmi po krajših sušnih obdobjih. Možnost je tudi v sajenju bolj zgodnjih sort (s tem se sicer poveča nevarnost spomladanske pozebe), ki zorijo pred nastopom sušnega obdobja, ter zelo poznih sort. Posledice suše se da vsaj deloma omiliti tudi z določenimi agrotehničnimi ukrepi. Vsekakor pa bo potrebno z različnimi ukrepi pričeti čim prej in se tako prilagoditi razmeram, ko je pojav suše v Pomurju vse pogostejši.

## Literatura

- Duden, 2001: Tematski leksikon geografija, geslo: suša. Učila, Tržič, str. 535–536.
- Fenološki podatki za izbrane kmetijske kulture za fenološke postaje na območju Pomurja za obdobje 1961–2010 (digitalna oblika). 2014, Agencija RS za okolje, Ljubljana.
- Frantar, P. (ur.) 2008: Vodna bilanca Slovenije 1971–2000. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Ljubljana.
- Irrigation Water Management: Irrigation water needs. 1986, FAO. Pridobljeno: <http://www.fao.org/docrep/S2022E/S2022E00.htm> (10. 7. 2013).

- Kajfež Bogataj, L. in Svet, M. M. 1993: Dinamika parametrov vodne bilance kmetijskih tal v Sloveniji v obdobju 1961–1990. V: Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, št. 61, str. 21–27.
- Kajfež Bogataj, L. in Črepinšek, Z. 2004: Možni vplivi spremenjene klime na kmetijstvo. V: Ranljivost slovenskega kmetijstva in gozdarstva na podnebno spremenljivost in ocena predvidenega vpliva. Ministrstvo RS za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Ljubljana, str. 47–71.
- Kajfež - Bogataj, L., Bergant, K. 2005: Podnebne spremembe v Sloveniji in suša. Ujma, 19, Ljubljana.
- Kikec, T. 2015: Geografska tipizacija Pomurja glede na sušo in možnosti za prilagoditev pojavu. Doktorska disertacija. Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Maribor.
- Kolbezen, M. in Pristov, J. 1998: Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS, Ljubljana. Pridobljeno: [http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/bilanca6190\\_2\\_BESEDILO.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/bilanca6190_2_BESEDILO.pdf) (14.4.2011).
- Kus, M. 1987: Krompir. Knjižica za pospeševanje kmetijstva XVIII. ČZP, Kmečki glas, Ljubljana.
- Larcher, W. 1995: Physiological plant ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups. 3<sup>rd</sup> edition, Berlin, Springer Verlag.
- Matajc, I. 1996: Vpliv sušnih in deževnih obdobij na pridelavo kmetijskih rastlin. Ujma 10, Ljubljana, str. 138–142.
- Ocena poškodovanosti kmetijskih kultur zaradi suše leta 2003 in 2007. Poročilo regijske komisije za ocenjevanje škode, nastale zaradi pojava suše (digitalna oblika). 2011, Uprava za zaščito in reševanje RS, Izpostava Murska Sobota.
- Ocena poškodovanosti kmetijskih kultur zaradi suše leta 2012 in 2013. Poročilo regijske komisije za ocenjevanje škode, nastale zaradi pojava suše (digitalna oblika). 2014, Uprava za zaščito in reševanje RS, Izpostava Murska Sobota.
- Podatki o oceni škode po vzroku elementarne nesreče. Statistični urad RS. Pridobljeno: <http://www.stat.si/> (20. 3. 2015).
- Podatki o višini padavin in potencialni evapotranspiraciji za izbrane meteorološke postaje na območju Pomurja za obdobje 2061–2010 (digitalna oblika), 2014. Agencija RS za okolje, Ljubljana.
- Pokrovnost tal v Sloveniji (digitalna oblika), 2014. Ministrstvo za okolje in prostor - Agencija RS za okolje, Ljubljana.
- Šircelj, H. 2006: Sušni stres v kmetijskih rastlinah. V: Novi izzivi v poljedelstvu. Zbornik prispevkov VII. simpozija v Rogaški Slatini, 7.–8. dec. 2006, Slovensko agronomsko društvo, Ljubljana, str. 271–277.
- Tanjšek, T. et al. 1991: Koruza. Knjižica za pospeševanje kmetijstva. ČZP Kmečki glas, Ljubljana.
- Vodnik, D. 2005: Fiziologija rastlin. PowerPoint prezentacija za predavanja iz predmeta Fiziologija rastlin za študijsko leto 2005/06. Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana. Pridobljeno: <http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/Voda-UNI-2005-06.pdf> (14.5.2015).
- Zrnec, C. in Matajc, I. 2003: Agrometeorologija. V: Mesečni bilten Agencije RS za okolje, julij 2003, Ljubljana, str. 25–30.
- Medmrežje 1: <http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/statfile2.asp> (12.4.2015).
- Medmrežje 2: <http://rkg.gov.si/GERK/> (13. 11. 2014).

## **COMPARISON OF WATER BALANCE AND THE NEEDS OF SELECTED AGRICULTURAL CROPS FOR WATER IN POMURJE REGION**

### **Summary**

In addition to heat and light plants need a certain amount of water or moisture in the soil for successful growth and development. The available quantities of water at the selected location are determined by calculating the water balance and are dependent on rainfall, potential evapotranspiration, the soil's ability to retain water and previous water supplies. The water balance has been calculated on the basis of data from the Slovenian Environment Agency (ARSO) about the amount of rainfall and potential evapotranspiration for the period between 1961 and 2010 for six selected meteorological stations in Pomurje region. We deducted a daily value of potential evapotranspiration from daily precipitation. The needs of the agricultural crops for water are dependent on climatic factors, the type of crop and the level of its development. The potential evapotranspiration of plants, which means the amount of water needed for the smooth development, was expressed in mm / day or l / m<sup>2</sup> / day (Irrigation ... 1986) and was calculated using the formula of Food and Agriculture Organization of the United Nations (Chapter 2).

The water balance in Pomurje region was between 1961 and 2010 negative in spring (an average -28,3 mm) and summer (an average -42,7 mm), while in autumn (an average of 109.1 mm) and winter (an average of 88,2 mm) there was excess of water in the soil. The shortage of water in the soil occurs between April and the second decade of August - the major part of the growing season (April to September), which is in terms of agricultural crops distinctly unfavourable and has a negative impact on their growth and development. The shortage of water in the soil is the biggest in May, with the average of -24,1 mm, followed by July with an average of -22,6 mm (ARSO 2014, their own calculations). Viewed spatially, the deficit of water is the highest in the eastern and south-eastern part of Pomurje region; by moving to the west it is gradually decreasing and is the smallest in the western and south-western part of the area. The calculated water balance trends are in terms of the flourishing agricultural crops highly unfavourable, since the water deficit in the soil increases the most in spring and summer months, hence the major part of the growing season when the plant's needs for water are the greatest.

A comparison of the needs of selected agricultural crops for water with the state of the water balance in Pomurje region has shown that the needs of most agricultural crops for water during the maximum deficit of water in the soil between May and July are significantly higher than the deficit. Most crops face a shortage of water in a large part of the growth period, only in the final phenological stages in September and October are the water needs so reduced that they are already met with an excess of water in the soil, which at this time appears in Pomurje region. Allocation of the status of the water balance over the year is favourable for winter grain (Fig. 5) which in the first half of the growing season has sufficient water to ensure a smooth emergence, development and proliferation. The water lacks in the second half of the growing season from late February to mid-July, when it is harvested before the greatest water scarcity. Most other agricultural crops, corn, potatoes, pumpkins and vegetables, such as peppers and tomatoes, face a lack of water in the soil for the major part of the growth period (Fig. 6 and 7). The maximum water needs are during the summer months of June, July and August, when the largest deficit of water in the soil occurs in Pomurje region. Then the majority of agricultural crops are in the most sensitive stages of development, when water shortages affect them greatly. Even fruit trees

and vines (Fig. 8) have the greatest need for water in July and August, when they are in the stage of formation of the fruit and its growth. Unlike fruit trees, vines are smaller consumers of water and are more resistant to the lack of it, as due to the deeper root system they have access to water at greater depths, when the upper horizons of the soil have already dried out.

A transitional lack of water is normal for the plants and most of them have developed appropriate mechanisms to overcome such periods without any major problems. A bigger problem for the plants is prolonged drought. The first visible effects of drought stress appear as wilting of plants and rolling of leaves, their growth slows down, the prolonged water shortages cause irreversible damage to the plants, which is reflected in the quantity and quality of the crop. The most affected are those crops that are in a time of shortage of water in the most sensitive stages of development, and that are large consumers of water. Damage caused by agricultural drought is usually huge and only in Pomurje region, where arable land and gardens present 835,5 km<sup>2</sup> or 62,5 % of the region (Internet 2), exceeds millions of euros. At a time of low self-supply in Slovenia we should therefore consider and re-examine the adequacy of production of different agricultural crops, adapt their selection and production methods, as start with these measures as soon as possible.

