

VREMENSKO POVZROČENI STRESI KMETIJSKIH RASTLIN LETA 2010

Stress Caused to Agricultural Plants by Weather in 2010

Andreja Sušnik*, Tjaša Pogačar** UDK 632.112"2010"

Povzetek
Najhujša suša, zabeležena v 130 letih, je prizadela Rusijo in uničila petino pridelka pšenice v eni največjih svetovnih izvoznic. Ob suši so obsežni požari prek evropskega dela Rusije dodatno »očistili« še preostala polja. Cene žit na svetovnih trgih so se dvignile. V Sloveniji pa je bil pridelek pšenice leta 2010 zadovoljiv. Ena glavnih značilnosti vegetacijskega obdobja je bilo prepletanje različnih vremenskih stresov na kmetijskih rastlinah, vročine, suše, moče in poplav, katerih učinki so bili raznoliki po regijah in kmetijskih rastlinah.

Abstract
The worst recorded drought in the last 130 years hit Russia and destroyed one-fifth of the wheat yield in one of the world's largest exporters. In addition to drought, wildfires ravaging across the European part of Russia destroyed the remaining fields. Wheat prices have soared on the global markets. Wheat yield in Slovenia in the year 2010 was satisfactory. One of the major characteristics of the vegetation period 2010 was a crossing of different weather that caused stresses on agricultural plants like heat, drought, extreme moisture and floods, the effects of which were very heterogeneous by region and also affected agricultural plants differently.

Ekstremna suša v Rusiji

Vztrajna suša in huda vročina v osrednji in zahodni Rusiji sta prizadeli že spomladanske posevke. Vse od začetka aprila 2010 so bile padavine od osrednje zahodne Rusije do osrednjega Kazahstana 30 odstotkov pod dolgoletnim povprečjem (slika 1). Neugodne sušne razmere so se razširile na sever in zahod Južnega zveznega okrožja Rusije ter na jug Ukrajine, kjer so glavne pridelovalne regije koruze in sončnic.

Najbolj prizadete so bile regije Privolškega zveznega okrožja. Od zgodnjega aprila pa vse do sredine junija je bilo to območje brez opaznega dežja. Letošnje leto je bilo na območju od osrednjega do vzhodnega dela Rusije najbolj sušno v zadnjih tridesetih letih. Prav tako je bilo v zahodnem in severnem Kazahstanu. Vpliv sušnega obdobja je bil močno izražen na ozimnih in jarih žitih. Vročina je prizadela poletne poljščine, kot so koruza in sončnice, ki julija prehajajo v reproduktivno fazo

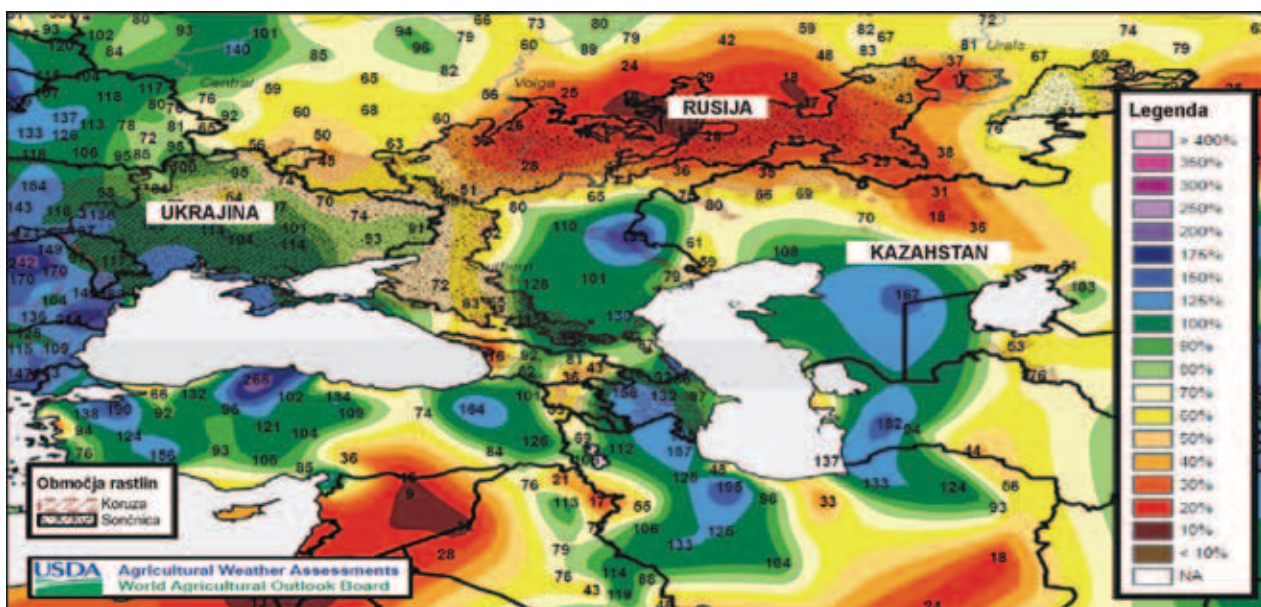
razvoja. Za obdobje svilanja in metličanja je usodna temperatura zraka nad 35 °C, ki pogosto povzroča sterilnost rastlin.

Vročina se je do konca julija širila proti vzhodu in severu. Poletje 2010 je s 43 dnevi, ko so bile najvišje dnevne temperature zraka nad 35 °C, preseglo rekord zadnjih dvajsetih let, tudi leto 1998, ko jih je bilo do začetka avgusta 31 (slika 2). Jedro suše je zelo dobro vidno tudi iz satelitskega posnetka NOAA-NESDIS indeksa zdravstvenega stanja vegetacije VHI (Vegetation Health Index) za 31. teden leta 2010. VHI je kombinacija dveh indeksov, ocene vlažnosti in temperaturnih razmer vegetacije. VHI < 40 označuje različne stopnje stresa, zmanjševanje pridelka, > 60 označuje ugodno zdravstveno stanje vegetacije. VHI je uporaben za napoved izgube pridelka (slika 4).

Na Madžarskem in v osrednjem delu Evrope večjih šokov pri ponudbi pšenice ni bilo, kriza pa je bila večja v velikih evropskih izvoznicah žitaric. Predvsem Bolgarija in Romunija sta imeli med žetvijo veliko dežja in slabega vremena.

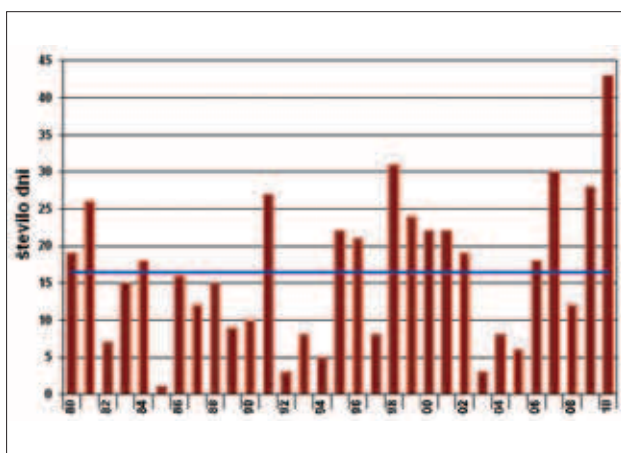
* mag., Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, andreja.susnik@gov.si.

** Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, tjas.pogacar@gov.si.



Slika 1: Odstotek povprečnih padavin od 1. aprila do 2. avgusta 2010. Območja s koruzo so označena črtkano, območja s sončnico pikčasto, razredi deleža padavin pa so obarvani. (vir: The Weekly Weather and Crop Bulletin, 2010)

Figure 1: Percentage of average precipitation in the period between 1 April to 2 August 2010. Cornfield areas are marked with dashes, sunflower fields are marked with dots, while different classes of precipitation amounts are coloured. (source: The Weekly Weather and Crop Bulletin, 2010).



Slika 2: Število dni z več kot 35 °C v obdobju od 1. junija do 2. avgusta v letih od 1980 do 2010 v Južnem zveznem okrožju Rusije (vir: The Weekly Weather and Crop Bulletin, 2010)

Figure 2: Number of days with the temperature over 35 °C in the period between 1 June to 2 August from 1980 to 2010 in the Southern Federal District of Russia (source: The Weekly Weather and Crop Bulletin, 2010).



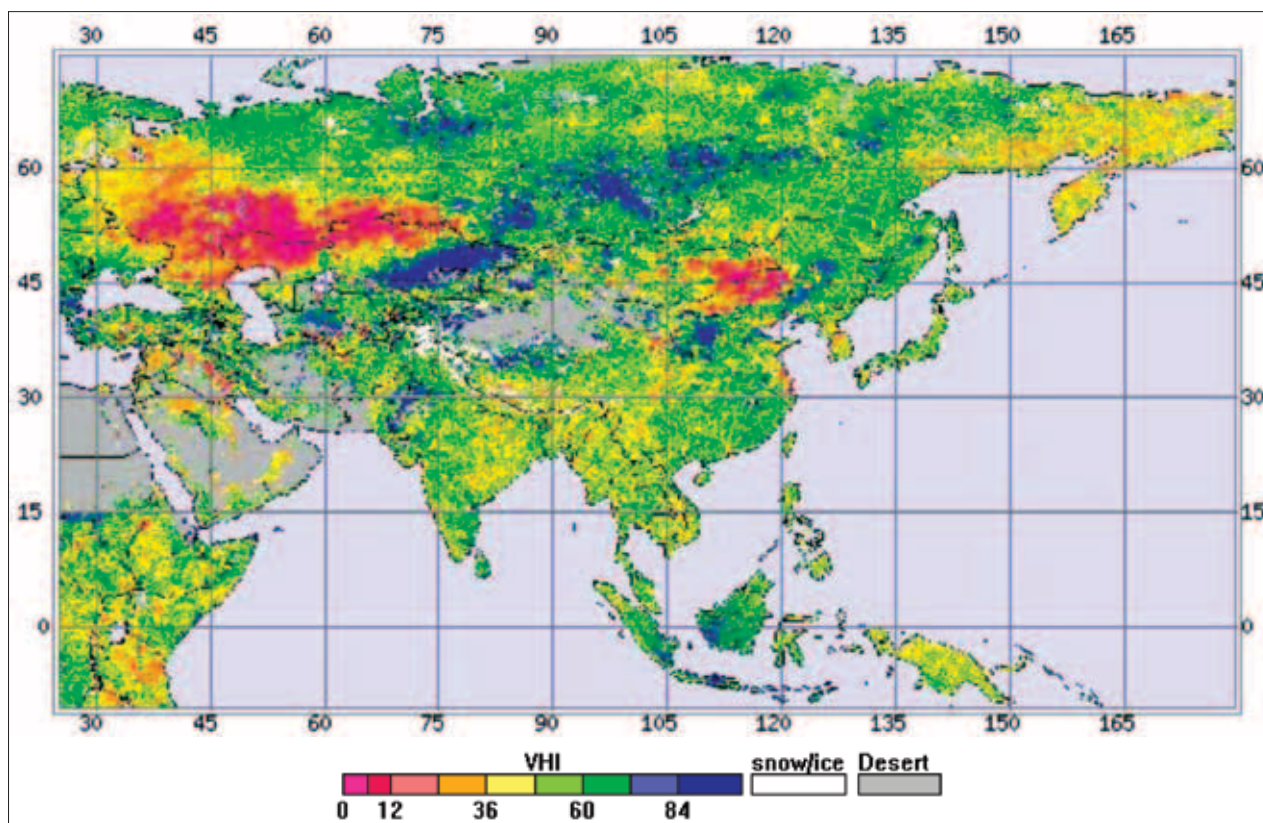
Slika 3: Žetev v Rusiji poleti 2010 so prizadeli suša in požari. Plameni so uničili pridelek v bližini Voroneža, okrog 500 kilometrov južno od Moskve. (foto: Mikhail Metzger, objavljeno v Climate Change Foreign Policy Blogs)

Figure 3: In the summer of 2010 the crop in Russia was affected by drought and fires. The flames destroyed the harvest in the proximity of Voronezh, approximately 500 kilometres south of Moscow (photo: Mikhail Metzger, published in the Climate Change Foreign Policy Blogs).

Vremensko povzročeni stresni v vegetacijskem obdobju 2010 v Sloveniji

Stres je stanje spremenjenih fizioloških razmer zaradi različnih dejavnikov, ki prekinajo ravnovesje v rastlini. Odziv na stres (angl. strain) so biokemično-fiziološke spremembe v rastlini (Gaspar in sod., 2002, v Jaleel in sod., 2009). Glavni stresni so abiotični, mednje spadajo

klimatski (sevanje, temperatura, suša, veter, sneg, led, dež, toča itn.), edafski (fizikalne in kemijske lastnosti tal), fizikalni in kemični ter biotski (rastline, glive, mikrobi, živali, človek) (Batič, 2008b). V članku se bomo osredotočili na vremenske oziroma klimatske stresorje ter njihove kombinacije, ki so leta 2010 vplivali na izbrane kmetijske rastline (ozimna pšenica, koruza, sončnice, sadno drevje). Zaradi različnih obdobij nastopa stresov in sovpadanja razvojnega obdobja kmetijskih rastlin so bili njihovi odzivi različni.



Slika 4: Indeks zdravstvenega stanja vegetacije – Vegetation Health Index (VHI) v 31. tednu leta 2010 (2.–8. 8. 2010) (vir: NESDIS, 2010)

Figure 4: The Vegetation Health Index (VHI) in the 31st week of the year 2010 (2 to 8 August 2010) (source: NESDIS, 2010).

Sušni stres

Meteorološka suša je izraz, ki označuje daljša obdobja brez padavin. Sušni stres nastopi, ko pride do pomanjkanja rastlini dostopne vode v tleh in ko vremenske razmere sprožajo nenehno izgubo vode zaradi transpiracije in evaporacije (Jaleel in sod., 2009).

Sušni stres vodi do zapiranja listnih rež in zmanjševanja izmenjave plinov.

Označuje ga zmanjšanje vsebnosti vode v rastlini, zmanjšanje vodnega potenciala lista in izguba turgorja, zapiranje rež ter zmanjšano povečevanje celic in rasti (slika 5) (Jaleel in sod., 2009). Pri hudem sušnem stresu lahko pride do ustavitve fotosinteze, motenj v metabolizmu in tudi do propada rastline. Sušni stres večinoma zmanjšuje rast listov, kar se kaže kot venenje listne ploskve in sušenje celotnih listov, povzroča slabše razvite generativne organe in zmanjšan ter manj kakovosten pridelek. Rast listov je na sušni stres pri pšenici bolj občutljiva kot pri koruzi in sončnicah (Sacks in sod., 1997, v Jaleel in sod., 2009).

Vsa žita imajo sorazmerno velike potrebe po vodi. Za tvorbo enega kilograma suhe snovi porabijo od 400 do 700 litrov vode na kvadratni meter. Najmanj vode potrebujeta ječmen in rž, nekoliko več pšenica in tritikala, naj-

bolj zahteven pa je oves (Tehnološka priporočila ..., 2008). Za normalen pridelek, to je okrog šest ton na hektar, potrebuje pšenica 700–1200 mm padavin, ki pa morajo biti ustrezno razporejene skozi vse leto (Vučko, 2009).

Sušni stres je zelo pomemben omejevalni dejavnik v začetnih fazah rasti in razvoja rastlin (Jaleel in sod., 2009).



Slika 5: Nekateri pomembnejši vzroki zmanjšane rasti rastlin v razmerah sušnega stresa (vir: Jaleel in sod., 2009)

Figure 5: Some significant reasons for a diminished growth of plants in drought stress conditions (source: Jaleel et al., 2009).

Izpad pridelka zaradi pomanjkanja vode je največji, če nastopi v obdobju od začetka kolenčenja do klasenja žit. V skrajnih primerih se lahko pridelek zmanjša celo do 80 odstotkov (Tehnološka priporočila ..., 2008).

Leta 2010 obširnejše kmetijske suše oziroma njenih posledic v Sloveniji nismo imeli. Kmetijske rastline so se v intervalih suše in vročine znašle v različnih razvojnih fazah, zato je bila temu primerno raznolika tudi poškodovanost rastlin zaradi sušnega in vročinskega stresa.

Z meteorološkega vidika lahko ugotovimo, da je bilo daljše sušno obdobje od 23. junija do 23. julija. V tem obdobju ponekod ni padlo niti 30 mm dežja. Z izjemo severovzhodne Slovenije in Primorske je tako sušno obdobje poleti v Sloveniji zelo redko. V večjem delu Štajerske in Prekmurja je bilo v zadnjih desetletjih padavinsko najskromnejše poletje 1992. Takrat od konca julija do sredine avgusta ni bilo dežja niti za vzorec. Tudi temperature so bile letos nadpovprečne, julija so za okoli 3 °C presegle dolgoletna povprečja.

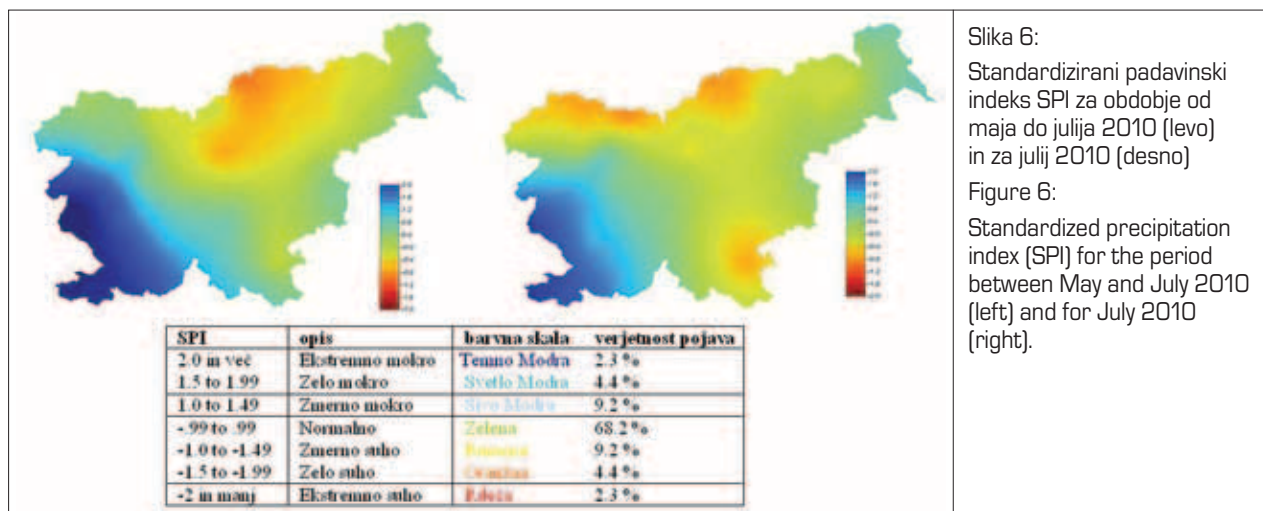
Ob analizi letošnje kmetijske suše ugotavljamo, da je bilo stanje v različnih regijah zelo raznoliko zaradi razlike v razporeditvi padavin, obdobji z vročino in visokim izhlapevanjem ter sovpadanja z razvojnimi obdobji rastlin. Standardizirani padavinski indeks SPI (slika 6), ki predstavlja odstopanje od dolgoletnega povprečja padavin,

kaže tako za julij kot tudi za trimesečno obdobje maj-julij nadpovprečno namočenost jugozahodne Slovenije in podpovprečno namočeno oziroma ponekod že sušno stanje drugod. To potrjuje tudi karta vodne bilance (slika 7), ki poleg padavin upošteva še izhlapevanje. Julij 2010 od povprečja odstopa na jugozahodu v pozitivno smer, v smeri proti severovzhodu pa v negativno, medtem ko je Prekmurje blizu povprečju.

Trajanje sušnega obdobja je povezano tudi s tipom tal. Kmetijska suša najbolj prizadene območja s teksturno lahкими, prepustnimi tlemi, ki imajo majhno sposobnost zadrževanja vode. Hkrati pa ni zanemarljivo, v kakšnih količinah in intenziteti pade dež. Tako se je na primer v Murski Soboti 13. julija ob zelo intenzivnih padavinah, ki so trajale dobro uro, količina vode v tleh v globini 10 cm skoraj brez časovnega zamika dvignila za okoli 15 volumnskih odstotkov, medtem ko se je stanje v globinah 20 in 30 cm le počasi izboljševalo (slika 8 zgoraj). Manjše padavine, ki so bile v noči s 24. na 25. julij, pa so z večurnim zamikom malenkost izboljšale stanje v globini 10 cm, medtem ko voda globlje sploh ni prodrla (slika 8 spodaj).

V nadaljevanju se bomo osredotočili na stanje vodne oskrbe pšenice.

Prvi val nadpovprečno toplega vremena je nastopil v drugi polovici junija, ko se je vreme na hitro spremenilo

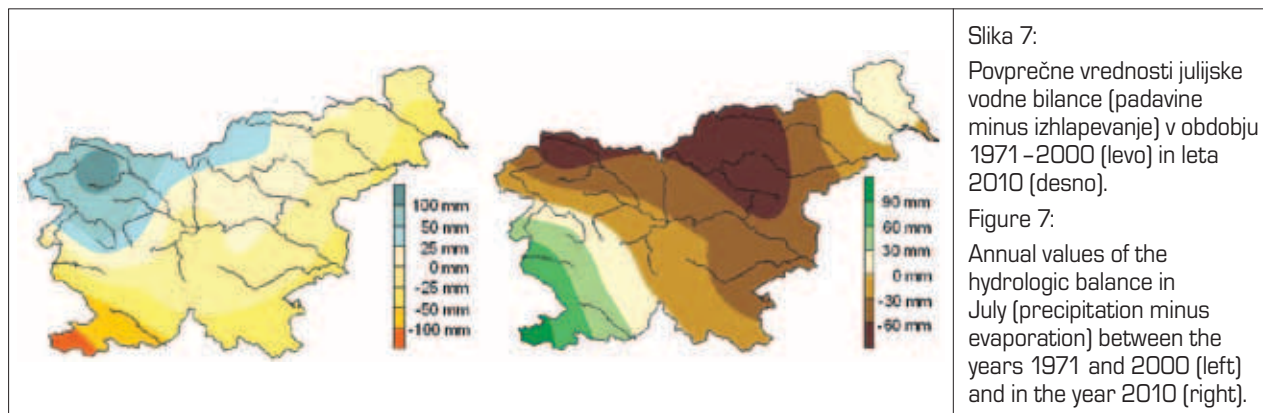


Slika 6:

Standardizirani padavinski indeks SPI za obdobje od maja do julija 2010 (levo) in za julij 2010 (desno)

Figure 6:

Standardized precipitation index (SPI) for the period between May and July 2010 (left) and for July 2010 (right).



Slika 7:

Povprečne vrednosti julijske vodne bilance (padavine minus izhlapevanje) v obdobju 1971–2000 (levo) in leta 2010 (desno).

Figure 7:

Annual values of the hydrologic balance in July (precipitation minus evaporation) between the years 1971 and 2000 (left) and in the year 2010 (right).

lo v poletno vroče. Vremenske razmere so stopnjevale izhlapevanje iz tal in rastlin, talni vodni rezervoar se je pospešeno praznil. Julij sta zaznamovali dve obdobji vročine, na začetku in na koncu meseca.

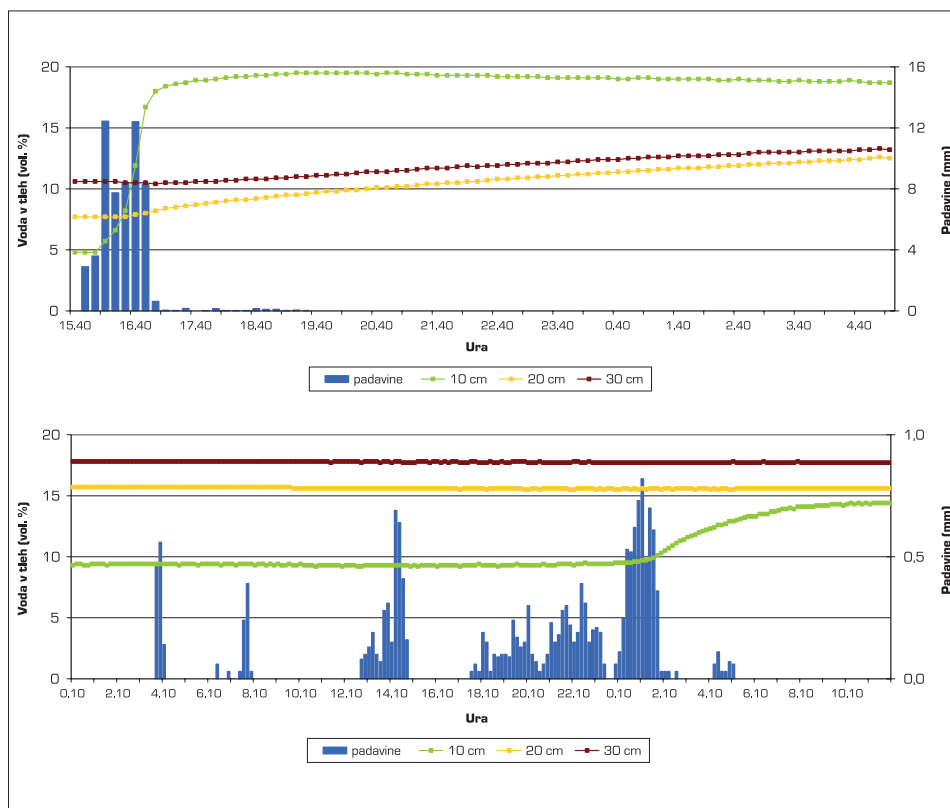
Najdlje je suša trajala v severovzhodni Sloveniji, kjer so bila kmetijska tla slabše preskrbljena z vodo že na začetku maja. Padavine so nato v Prekmurju v intervalih polnile talni vodni rezervoar. Obdobja, ki so v Prekmurju kazala na pomanjkanje vode v tleh, so bila na začetku maja, nato od 20. maja do 1. junija, od 8. do 14. junija, najdaljše obdobje pa je bilo od 23. junija do 12. julija. Začetno pomanjkanje vode je sprožalo slabšo rast pšenice. V Pomurju, Podravju in Posavju so bila zaradi suše zrna zgodnejših sort drobnejša in izpita. V drugem delu je pomanjkanje padavin sovpadlo z dozorevanjem, kar je dokaj ugodno vplivalo na pšenico, zato so bili pridelki večji (KGZS, 2010).

V Celjski regiji (slika 9) in v Podravju sta bila za pšenico dva sušna intervala, in sicer od 10. do 13. junija in od 28. junija do 28. julija. Srednje pozne in pozne sorte so po pričakovanjih dale višje donose (7 t/ha). Tudi v Posavju je bil pridelek teh sort nadpovprečen (KGZS, 2010).

Juljski vročinski stres in pomanjkanje vode sta bila manjša v zahodnem delu Slovenije, na Goriškem od 11. – 17. julija, na Obali in v Vipavski dolini le julija.

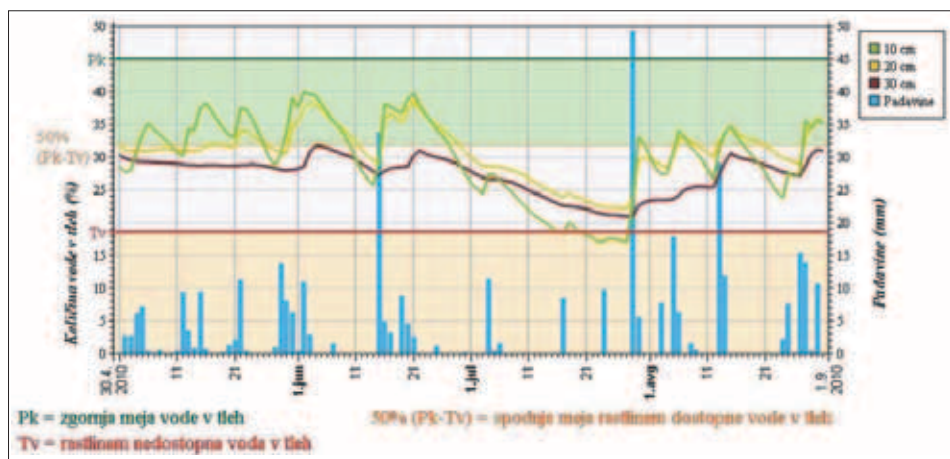
Zaradi hladne in deževne pomladi je bil pridelek v Vipavski dolini in zahodni Sloveniji celo slabši od lanskega, k temu pa so pripomogle tudi bolezni, ki so se zaradi neugodnih vremenskih razmer razvile na rastlinah (KGZS, 2010).

Kot kaže simulacija vode v tleh pri pšenici v Mariboru (slika 10), so se sušni dnevi (v poudarjenem pasu na grafu) začeli sredi faze kolenčenja, a do začetka klasenja



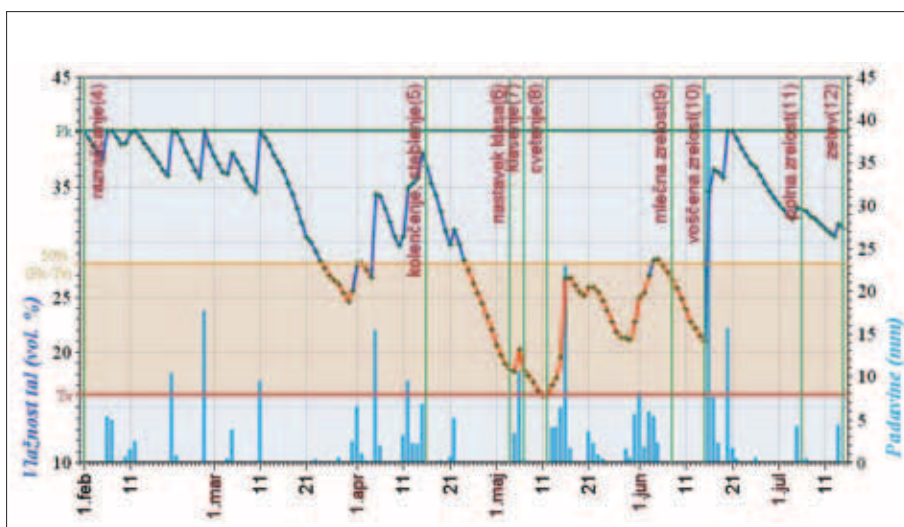
Slika 8: Meritve vode v tleh v Murski Soboti na treh globinah (10, 20 in 30 cm) in količina padavin, oboje v 10-minutnih intervalih. Zgoraj intenzivne padavine (13. – 14. 7.), spodaj daljše zaporedje majhnih količin padavin (24. – 25. 7.) (skali za padavine sta različni)

Figure 8: Measurements of water in the ground in Murska Sobota at three depths (10, 20 and 30 cm) and the amount of precipitation, both presented in 10-minutes intervals. Above are presented intensive precipitation (13 to 17 July) and below is presented a longer sequence of small amount of precipitation (24 to 25 July) (the two precipitation scales are different!)



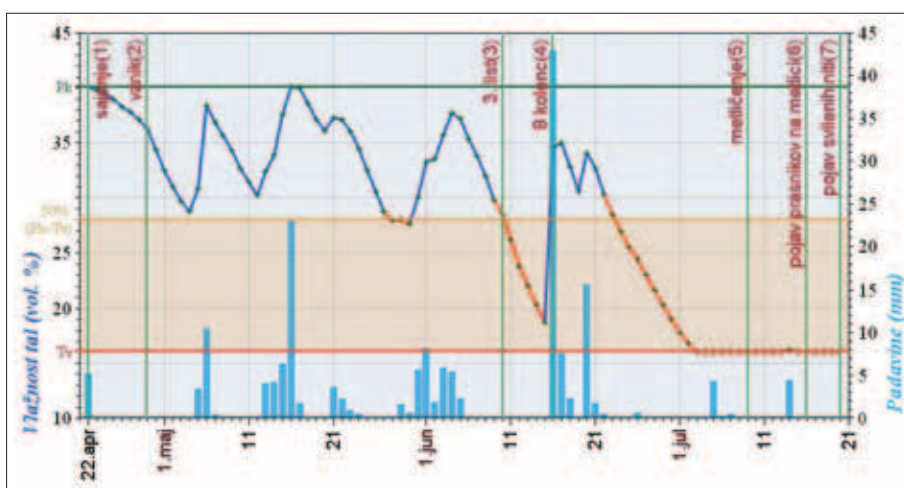
Slika 9: Meritve vode v tleh v Celju na treh globinah (10, 20 in 30 cm) in količina padavin v obdobju od 1. maja do 31. avgusta 2010

Figure 9: Measurements of water in the ground in Celje at three different depths (10, 20 and 30 cm) and the amount of precipitation from 1 May to 31 August 2010.



Slika 10:
Z vodnobilančnim modelom IRRFIB simuliran potek vode v tleh pri ozimni pšenici na distričnem rankerju – nekarbonatnem pradu v Mariboru, v obdobju od 1. februarja do 15. julija 2010

Figure 10:
Simulation of the water course in the ground at winter wheat on dystric rankers – a non-carbonate gravel in Maribor in the period of 1 February to 15 July 2010, prepared by means of a water-balance model IRRFIB.



Slika 11:
Z vodnobilančnim modelom IRRFIB simuliran potek vode v tleh pri koruzi na distričnem rankerju – nekarbonatnem pradu v Mariboru, v obdobju od 22. aprila do 19. julija 2010

Figure 11:
Simulation of the water course in the ground at corn on a dystric ranker – a non-carbonate gravel in Maribor in the period of 22 April to 19 July 2010, prepared by means of a water-balance model IRRFIB.

voda v tleh še ni padla na kritično mejo točke venenja, čeprav je bila rastlinam težko dostopna. Sušno obdobje se je vleklo do voščene zrelosti, vendar v tem času pomikanje vode pšenici ni več tako nevarno. Rečemo lahko, da se je, z izjemo začetnih dni, pšenica precej dobro izognila sušnemu stresu.

Za primerjavo si oglejmo, kaj se je na istem območju dogajalo s koruzo.

Koruzo je poljščina, s katero je pridelovanje krme v naših rastnih razmerah najbolj gospodarno, zato se je pridelovanje koruze razširilo tudi na območja, kjer rastne razmere zanjo niso najbolj primerne (na sušnejša pridelovalna območja in na lahka, peščena tla) [Tehnološka priporočila ..., 2008]. Mnogi kmetovalci se ne zavedajo, kakšne so njene potrebe po vodi, pa tudi kakšne so lastnosti njihovih tal.

Koruzo ima največje potrebe v obdobju od cvetenja do mlečne zrelosti. Za največji pridelek zrnja potrebuje koruzo srednjega zrelostnega razreda med 500 in 800 litri vode na kvadratni meter. Porabo vode povečujejo visoke temperature zraka in nizka zračna vlažnost. Najbolj kritično je obdobje metliččenja, svilanja in oploditve, ki lahko traja tudi do 20 dni. V času hitre rasti koruze

pred cvetenjem suša povzroči zmanjšanje višine rastlin in slabšo zasnovo storža, v cvetenju slabšo oploditev ali celo jalovost rastlin, od oploditve do mlečne zrelosti zmanjšanje števila zrn v vrsti, po mlečni zrelosti pa manjšo težo zrn. V vseh fazah rasti lahko pride do sušenja listov. Od suše poškodovana koruzo je praviloma bolj občutljiva za poškodbe zaradi glivičnih boleznih in škodljivcev [Tehnološka priporočila ..., 2008].

Sušno obdobje se je v Podravju za koruzo začelo v fazi tretjega lista, nato pa spet pred začetkom metliččenja (slika 11). V fazi metliččenja, pojava prašnikov in svilanja je koruzi močno primanjkovalo vode, voda v tleh je padla na točko venenja, kar pomeni najslabše stanje za rastlino, sploh če traja več časa. V kombinaciji z vročinskim stresom, ki ga bomo predstavili v nadaljevanju, so bile rastne razmere julija zelo slabe. Naj opomnimo, da pridelovanje pšenice in koruze na lahkih tleh ni priporočljivo. Če smo zaradi kakršnega koli razloga primorani pridelovati pšenico na takšnih tleh, izberemo sorte s krajšo rastno dobo. Te imajo več možnosti, da se izognejo suši [Tehnološka priporočila ..., 2008].

Pomembno vlogo pri pridobivanju vode ima koreninski sistem. Pri stročnicah je dokazano, da prolični koreninski sistem lahko boljše oskrbuje pospešeno rast v zgod-

njih fazah razvoja rastlin in črpa vodo iz plitvih slojev tal. Zanimivo je, da se pri nekaterih rastlinah (sončnice) v sušnih razmerah rast korenin povečuje, spet pri drugih se zmanjšuje (topoli), pri koruzi in pšenici pa vpliv na rast korenin ni bil ugotovljen (Sacks in sod., 2007, v Jaleel in sod., 2009).

Moča

Najbolj izrazit primer moče je bilo lansko poletje v severovzhodni Sloveniji. Kot smo že pisali (Sušnik in Pogačar, 2010), sproži moča zmanjšanje transpiracije, zato lahko pride do kratkotrajnega venenja ali celo odmiranja korenin. Zmanjšana transpiracija povzroči manjšo prekrbo listov s hranili. Hipoksične razmere v tleh zmanjšajo razpoložljivost hranil (Batič, 2008a). Pri žetvi pšenice je pomembno, da žanjemo ob polni zrelosti, vlažnost zrnja naj ne bi bila nad 20 %. Glede na drage postopke sušenja pšenice pa se danes vse več kmetov odloča za žetev, ko zrnje vsebuje manj kot 14 % vlage, saj je to meja, ko sušenje ni več potrebno (Vučko, 2009). Ob preobilnem dežju se na pšenici pojavljata tudi glivična bolezen fuzarioza in ob žetvi kaljenje v klasu. Zaradi razmočenih tal je pogosto onemogočeno ali oteženo tudi delo s kombajni.

Leta 2010 so se razmere obrnile. Suho je bilo na severovzhodu, medtem ko je bila predvsem Vipavska dolina preveč namočena. Meritev vode v tleh tam žal še ne izvajamo, lahko pa si ogledamo, kakšno je bilo stanje v Biljah (slika 12). Na Goriškem smo večinoma vajeni poletnih suš ali vsaj težje dostopne vode za rastline, letos pa je bila voda v tleh praktično vse vegetacijsko obdobje rastlinam lahko dostopna (zeleno območje na grafu).

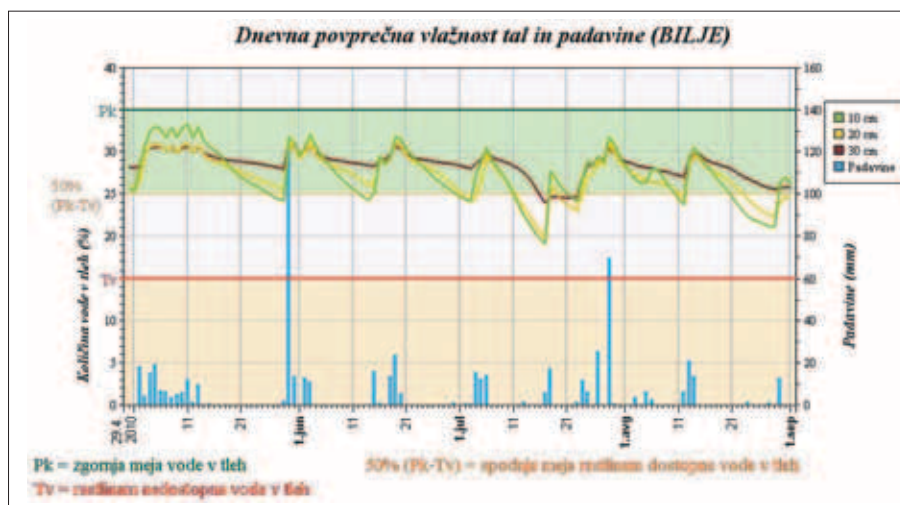
Primerjajmo še količino padavin v Biljah in Murski Soboti (slika 13). Maja in julija je bilo v Biljah nadpovprečno veliko padavin, celo dvakrat toliko, kot so povprečne vrednosti.

Stanje vode v tleh tako pšenici zaradi preobilja ni bilo preveč naklonjeno.

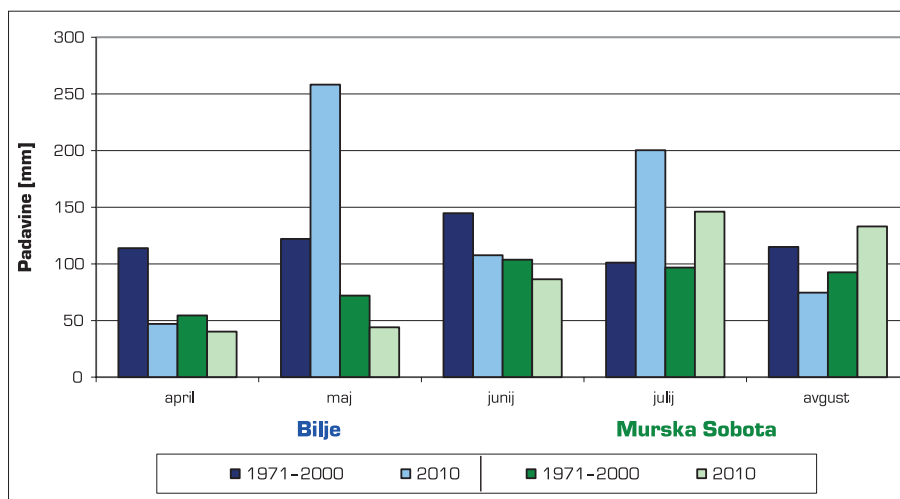
V Murski Soboti je bila od aprila do junija višina padavin podpovprečna, julija in avgusta pa nadpovprečna.

Vročina in sevanje

Vročinski stres lahko rastlinam povzroči hude težave in poškodbe. Največkrat gre za kombinacijo sušnega in vročinskega stresa, saj zgolj visoke temperature zraka ob zadostni oskrbi rastlin z vodo ne vplivajo toliko na rastlin-



Slika 12:
 Meritve vode v tleh v Biljah na treh globinah (10, 20 in 30 cm) in višina padavin v obdobju od 1. maja do 31. avgusta 2010
 Figure 12:
 Measurements of water in the ground in Bilje at three different depths (10, 20 and 30 cm) and the amount of precipitation from 1 May to 31 August 2010.



Slika 13:
 Mesečna višina padavin v Biljah (modro) in Murski Soboti (zeleno), temnejši odtенок predstavlja povprečje 1971 – 2000, svetlejši pa padavine leta 2010
 Figure 13:
 Monthly amount of precipitation in Bilje (blue) and in Murska Sobota (green). The darker cast represents the 1971 – 2000 mean value and the lighter cast represents precipitation in 2010.

ske procese. Ko pa je količina vode omejena, imajo visoke temperature močan vpliv (Machado in Paulsen, 2001). Obeh stresov torej ne moremo povsem ločiti.

Previsoke temperature zraka, sploh če trajajo dalj časa, negativno vplivajo na rast in razvoj rastlin, poškodbe pa se kažejo na listih in plodovih. S povečanjem temperatur se poveča kinetična energija molekul v rastlinah, pri tem slabijo vezi, lipidna plast membran pa postane bolj tekoča. Zato se vplivi vročinskega stresa kažejo pri vseh življenjskih procesih, pri presnovi, rasti, razvoju in razmnoževanju. Funkcionalne motnje in pojavljanje poškodb povzročijo že temperature zraka nad 30 °C.

Visoke temperature vplivajo na močno izhlapevanje. Leta 2010 je bilo na jugozahodu Slovenije v celotnem vegetacijskem obdobju od aprila do avgusta skoraj 10 dni manj z visoko (nad 5 mm) potencialno evapotranspiracijo kot v povprečju zadnjih 20 let (slika 14 levo). Nasprotno pa je bilo na severovzhodu teh dni nekoliko več kot povprečno (slika 14 desno). Največ dni z nadpovprečno visokim izhlapevanjem je bilo po vsej Sloveniji julija.

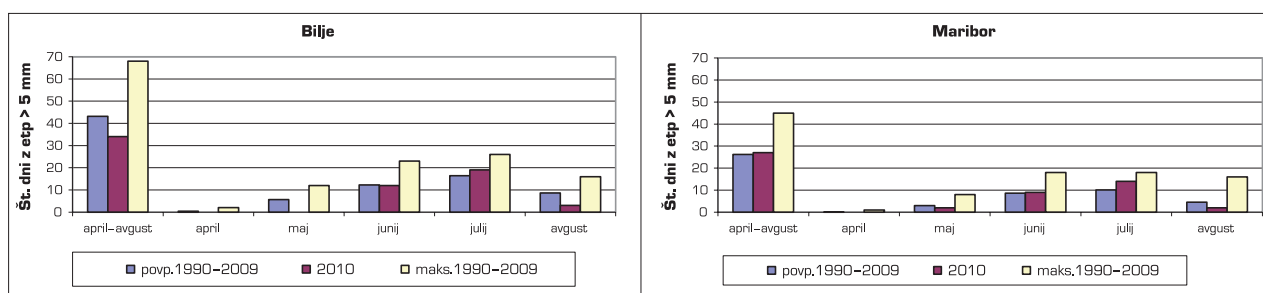
Morfološke spremembe, ki se pojavijo zaradi vročine, so zmanjševanje listne površine ter spreminjanje odbojno-

sti in orientacije listov. Nekatere rastline se vročini prilagodijo s tvorbo beljakovin in prilagoditvijo membran, do česar pride razmeroma hitro (v nekaj urah), sprožilec pa je le dovolj visoka temperatura zraka (nad 35 °C). Pogosto se rastline vročini prilagodijo tako, da poskušajo nežnejše dele zaščititi z zvijanjem listov, drugačno orientacijo organov in hlajenjem s transpiracijo. S transpiracijo lahko znižajo svojo temperaturo tudi za 10–15 °C glede na temperaturo zraka, toda le, če so pri tem dovolj oskrbljene z vodo (povzeto po Batič, 2008a).

Leta 2010 so o zvijanju listov pri koruzi večkrat poročali iz severovzhodne Slovenije ter delov osrednje in jugovzhodne Slovenije (slika 15).

Visoke temperature zraka so pogosto povezane s sušnim stresom, zato je tudi ločevanje vplivov na rastline težko. Kombinacija visokih temperatur (> 35 °C) z nizko relativno vlago pri koruzi lahko izsušuje svilene niti, manj pa vpliva na njihovo podaljševanje. Pelod je ob takih razmerah poškodovan že pri 30 °C (Nielsen, 2010).

Od aprila do avgusta 2010 je bilo v Sloveniji največ vročih dni (z najvišjo dnevno temperaturo zraka nad 30 °C) ter vročih dni z nizko relativno vlago v Biljah (slika 17). Zani-



Slika 14: Število dni s potencialno evapotranspiracijo, večjo od 5 mm, po mesecih za obdobje april–avgust. Predstavljeni so povprečje 1990–2009, vrednost leta 2010 in največja vrednost v obdobju 1990–2009 za Bilje in Maribor.

Figure 14: Number of days when a potential evapotranspiration was higher than 5 mm per month for the period from April to August. The mean value of the period between 1990 and 2009 is presented. Value in the year 2010 and the largest value in the period between 1990 and 2009 for Bilje and Maribor.



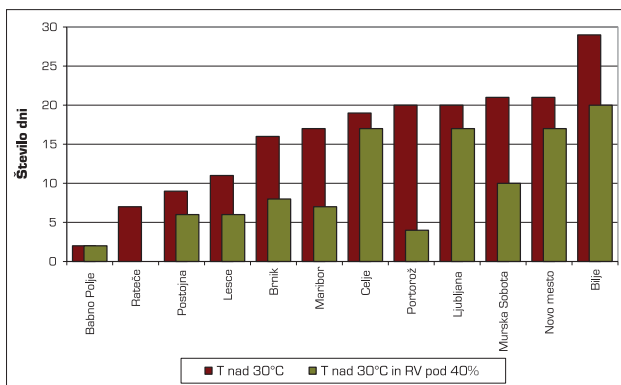
Slika 15: Zvijanje listov koruze na Dravsko-Ptujskem polju (foto: A. Jamšek, 2010)

Figure 15: Folding of corn leaves in the Dravsko-Ptujsko field (photo: A. Jamšek, 2010).



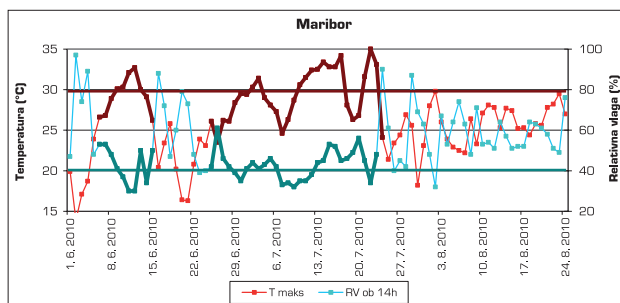
Slika 16: Od suše prizadeta pšenica na Dravsko-Ptujskem polju (foto: A. Jamšek, 2010)

Figure 16: Wheat in the Dravsko-Ptujsko field affected by drought (photo: A. Jamšek, 2010).



Slika 17: Število dni (od aprila do avgusta) z najvišjo dnevno temperaturo zraka nad 30 °C (rdeča) in število dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka nad 30 °C ter hkrati z relativno vlago pod 40 % za različne lokacije po Sloveniji

Figure 17: Number of days (from April to August) with the highest daytime temperature above 30 °C (red) amid the number of days with the highest daytime temperature above 30 °C and the relative humidity below 40 % for different locations across Slovenia.



Slika 18: Najvišja dnevna temperatura zraka v Mariboru med 1. junijem in 25. avgustom 2010, ko je preseгла 30 °C (rdeča), in dnevna relativna vlaga ob 14. uri, ko je padla pod 40 % (modra) (poudarjeni črti označujeta dve kritični obdobji)

Figure 18: The highest daytime temperature (red) when above 30 °C and the relative daytime humidity at 14h when below 40 % (blue) in Maribor between 1 June and 25 August 2010 (bold lines mark two critical periods).

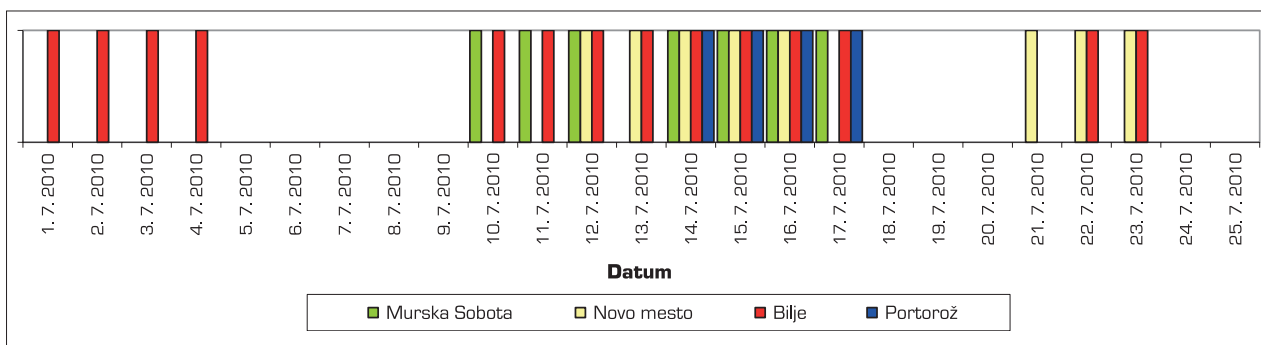
mivo je, da je bilo v Portorožu vročih dni v tem času precej manj, z nizko zračno vlago pa v obmorskih krajih tudi ni tolikšnih težav. Novo mesto in Murska Sobota sledita s številom vročih dni, v kombinaciji z nizko relativno vlago pa Novo mesto, Ljubljana in Celje.

Glede na Celje in Mursko Soboto je bilo v Mariboru takih dni manj, najslabše je bilo povsod julija (slika 18).

V zadnjih letih sadjarji vse pogosteje poročajo o novi nevšečnosti, ki je posledica vremenskih pojavov – o sončnih ožigih na plodovih, ki povzročajo občutno zmanjšanje kakovosti. Iz povzetkov raziskav (Zadravec in Fajt, 2010) smo povzeli, da je za poškodbe na plodovih nevarna kombinacija, ko najvišja dnevna temperatura zraka vsaj dva dni zapored za 5 ur preseže 30 °C, dnevna vrednost sončnega obsevanja pa preseže 2400 J/cm². Najslabše se je julija ter nekaj dni junija in avgusta (skupaj

17 dni) godilo sadnemu drevju na Goriškem. Drugod so bili ti pogoji izpolnjeni le nekaj dni (slika 19). Od preostalih dejavnikov ima najmočnejši vpliv na pojav ožigov pomanjkanje vode v tleh, deževna obdobja pred nastopom povišanih temperatur zraka (spiranje voščene prevleke) in drugi dejavniki (veter, ozon) pa občutljivost še povečujejo (Zadravec in Fajt, 2010).

Glavni učinek visokih dnevnih in nočnih temperatur zraka je pospešeno staranje rastlin, vključno s prenehanjem vegetativne in reproduktivne rasti, ustavljanjem fotosintetske dejavnosti in degradacijo proteinov (Al-Khatib in Paulsen, 1984). Letos tako ne moremo niti mimo izredno visokih nočnih temperatur zraka, kakršnih pri nas nismo vajeni. Okoli 15. julija je bilo nenavadno toplo po nižinah v notranjosti države. Na Goriškem in Obali so višjih dnevnih in nočnih temperatur precej bolj vajeni. Dnevnih rekordov sicer kljub izredno vročim dnevom (nad 35 in celo nad 36 °C) nismo nikjer presegli, rekordne nočne temperature zraka pa smo izmerili v Ratečah (17,8 °C), Ljubljani (22,3 °C) in Celju (22,0 °C) (ARSO, 2010).



Slika 19: Z različnimi barvami po lokacijah so označeni dnevi med 1. in 25. julijem 2010, ko je najvišja dnevna temperatura zraka vsaj dva dni zapored za 5 ur preseгла 30 °C, dnevna vrednost sončnega obsevanja pa je preseгла 2400 J/cm².

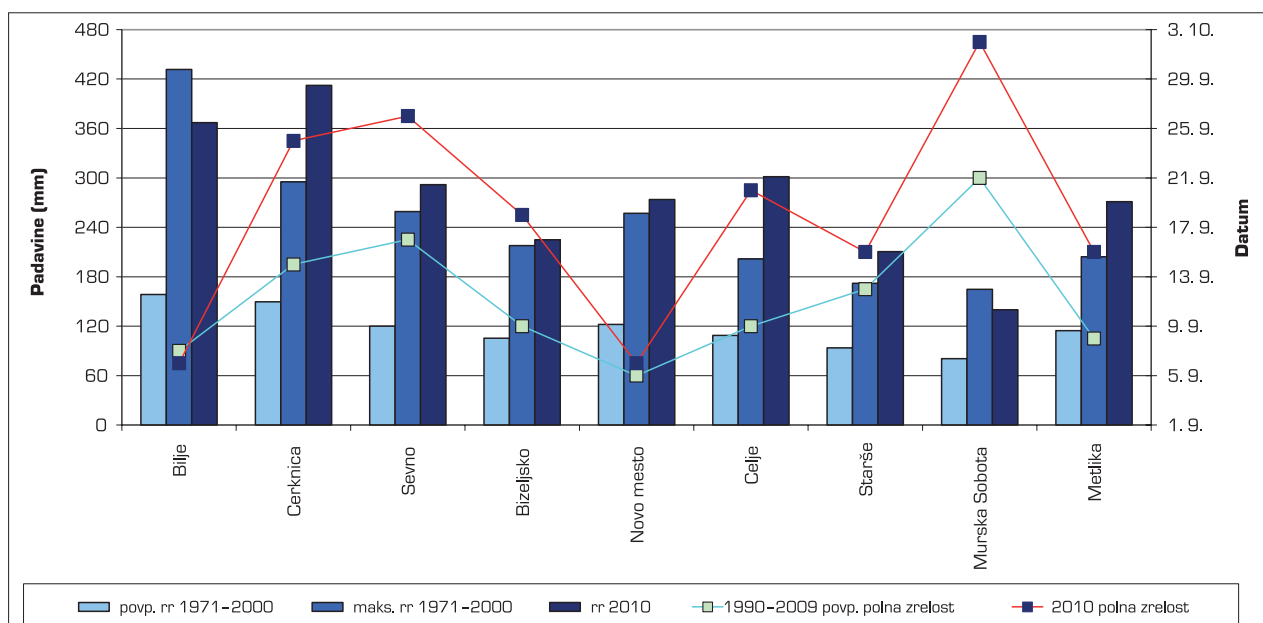
Figure 19: Different colours mark days between 1 July and 25 July at different locations when the highest daytime temperature for two days in a row and for 5 hours a day surpasses 30 °C and the daily value of solar radiation surpasses 2400 J/cm².

Škoda zaradi poplavne vode

Ob koncu vegetacijskega obdobja je Slovenijo od 15. do 18. septembra zajelo močno deževje, ki je povzročilo poplave in zemeljske plazove. Nastala je gospodarska škoda z razsežnostmi velike naravne nesreče. Po ocenah, ki jih je pripravila Javna služba za kmetijsko svetovanje pri MKGP, je bilo poplavljenih 18.686 ha kmetijskih zemljišč, ki pripadajo 5516 kmetijskim gospodarstvom (MKGP, 2010). Največ škode je bilo na območju kmetijsko-gozdarskih zavodov Ljubljana, Novo mesto, Nova Gorica in Ptuj.

Najbolj prizadete kmetijske kulture so bile kuruza, buče, travniki ter vrtnine na prostem in v plastenkah. Stopnja poškodovanosti se je gibala od 20 do 100 %. Analiza višine padavin in razvoja kuruze (slika 20) je pokazala, da je bila leta 2010 zaradi neugodnega razvoja vremena polna zrelost kuruze poznejša. Izjema je bila le Goriška, kjer je dozorevanje potekalo še pred neugodnimi vremenskimi razmerami, med vegetacijo pa večjega vremenskega stresa na kuruzi ni bilo. Podobno je bilo tudi na Dolenjskem. V drugih obravnavanih krajih smo ugotavljali od 10 do 14 dni poznejše dozorevanje. Septembrska količina padavin se je na obravnavanih lokacijah gibala od 100 mm v severovzhodni Sloveniji do več kot 400 na Cerkljskem in Goriškem. Količina padavin je bila septembra leta 2010 v večini krajev večja od največje v obdobju 1971–2000. Izjema je postaja Bilje, kjer smo septembra 1965 in 1993 izmerili več dežja. Ob poplavah je bilo najmanj težav v severovzhodni Sloveniji. Tudi tu smo v nekaj zadnjih letih izmerili večje količine dežja kot letos. Septembra 2007 je v Staršah padlo 227 mm (leta 2010 211 mm), v Murski Soboti pa 181 mm (leta 2010 141 mm).

Na prizadetih območjih je poškodovano tudi vinograde in nekaj manj sadovnjake. Škoda na kmetijskih pridelkih je nastala tudi zaradi onesnaženja, še posebno tam, kjer je bila poplavna voda pomešana s fekalijami. Veliko škodo na obdelovalnih površinah so povzročili še plazine, gruč in mulj. V gozdovih je bilo poškodovanih okoli 485 gozdnih cest (povprečna poškodovanost je kar 24-odstotna, škode je bilo za 1,12 milijona evrov). Zemeljski usadi v gozdovih so prizadeli 17 ha površin, na katerih bo treba posekati 1350 kubičnih metrov lesa. Velika škoda je nastala na poplavljenih območjih, kjer je voda prekrila posevke zelenjave. Ti so skladno z dobro higiensko prakso in pravili HACCP postali neprimerni za uživanje. Površinsko je bilo največ škode na travnikih, izpadla sta tretji odkos in jesenska paša, na poplavljenih površinah je nastala škoda tudi zaradi nanosov erozije. Zemeljsko blato je lahko vir okužbe z listerijo, fekalno blato pa je nevaren vir okužbe s fekalnimi mikroorganizmi. Kjer so se v poplavno vodo razlile vsebine gnojnih jam in greznic, so v tla in podtalnico vdrle prevelike količine dušika. Veterinarske službe so na nekaterih območjih opozorile tudi na povečano nevarnost okužbe z antraksom. Onesnažena poplavna voda je ogrozila tudi varnost krme, še zlasti tiste, ki je namenjena kravam molznicam. MKGP je kmetovalcem pripravilo tehnološka navodila za ravnanje s pridelki, ki so bili pod vodo, ter navodila za sanacijo hlevov in kmetijske opreme. Posebno ravnanje ob sanaciji razmer je bilo nujno tudi ob onesnaženju tal s kurilnim oljem, ki je izteklo iz cistern. Sanacija teh obdelovalnih površin bo trajala več let, dokler se naftni derivati v zemlji ne bodo razgradili. Na Barju, kjer so v tla odtekala odpadna olja, bo potreben izkop onesnažene zemlje.



Slika 20: Višina padavin septembra 2010, maksimalne in povprečne višine septembrskih padavin v obdobju 1971–2000 ter nastop polne zrelosti kuruze leta 2010 v primerjavi s povprečjem 1990–2009

Figure 20: The amount of precipitation in September 2010, the maximum and the mean amounts of September precipitation in the period between 1971 and 2000 and the time when the corn was ripe in 2010 in comparison to the 1990-2009 mean.

Velika škoda je nastala tudi v ribogojnicah. Na objektih je poškodba za 40.000 evrov, za izgubljene ribe, ki so odplavale v vodotoke, pa 164.450 evrov. Prizadete so ribogojnice na Rižani, v Ajdovščini, ribniki v Dramljah in ribogojnici na Obrhu ter Dvoru na reki Krki.

MKGP je zadolžilo Javno službo za kmetijsko svetovanje, Zavod za gozdove in Zavod za ribištvo, da pripravijo oceno škode in tehnološka navodila za ukrepanje pri različnih kmetijskih kulturah na posameznih območjih ter v gozdovih in ribogojnicah.

Zaključna misel: varnost pridelave hrane in podnebne spremembe

Pri spreminjajočem se podnebjju lahko bolj sušne razmere in naraščajoče temperature zraka vodijo v zmanjšanje pridelka v Sredozemlju in delih vzhodne Evrope. Bindi in Moriondo (2005) sta po različnih scenarijih, tudi ob upoštevanju pozitivnega učinka povečane koncentracije CO₂, nakazala pričakovano splošno zmanjšanje pridelka v Sredozemlju, Marracchi in sod. (2004) pa v vzhodni Evropi. Ocena je precej odvisna od negotovih napovedi sprememb padavinskih režimov (Kajfež Bogataj in Sušnik, 2008).

Ruska suša in nepredvidljive razmere na trgu pšenice so leta 2010 znova pokazale ranljivost prehranske varnosti. Obsežni požari v državi niso uničili le pridelka tega leta, temveč so ogrozili tudi setev za leto 2011 (STA, 2010).

Poročilo FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) in OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) je leta 2010 napovedovalo povečanje cen hrane. Po njihovi presoji se bo povečevala

globalna pridelava hrane, prav tako povpraševanje, ki bo zaradi zviševanja življenjske ravni v razvijajočih državah hitreje naraščalo. Gre predvsem za povečanje porabe mesa (slika 21). Po njihovem mnenju bodo globalne cene leta 2011 pri hrani živalskega izvora za 10–20 % večje kot leta 2009. Pri rižu in pšenici pa ocene kažejo celo na znižanje cen.

Julija 2010 so cene pšenice doživele največji mesečni skok od sedemdesetih let prejšnjega stoletja. Strokovnjaki v prehranski industriji so svarili pred podražitvijo izdelkov, kot sta kruh in pecivo. Svetovna organizacija za hrano in kmetijstvo (FAO) je leta 2010 opozorila, da utegnemo doživeti prehransko krizo, podobno tisti iz leta 2008, ko so cene hrane dosegle rekordne ravni. Tudi takrat so ob podražitvah imeli največ dobička trgovci in živilska industrija, kmetje pa so ostali praznih rok (Kocbek, 2010). Cene so poleg podnebnih razmer drugi glavni vir tveganja tudi v sadjarski pridelavi (Turk in Rozman, 2001).

V Sloveniji moramo polovico žit in pšenice, ki jih porabimo, uvoziti. Dokler je ponudba na svetovnem trgu dovolj velika, to ni problem, do težav pa prevelika odvisnost od uvoza lahko privede takrat, ko je ponudba manjša od povpraševanja. Zato je treba povečati stopnjo samooskrbe. Naše možnosti za pridelavo pšenice so omejene. Težava je v razdrobljenosti kmetijskih površin in tehnološki ravni pridelave poljščin. Največji zaostanek je predvsem na majhnih kmetijah, resna težava pa je tudi zožen kolobar. Tudi v tržni organiziranosti pridelovalcev žit in pri prenosu znanosti v proizvodnjo ni napredka, ki bi si ga želeli.

Izpadi pridelka zaradi vremena so bili stalnica tudi v preteklosti, vendar se v novejšem času pri kmetijski pridelavi pojavljajo novi vremenski stresni, ki bi jih kmetijska stroka morala upoštevati. Izpad pridelka povzroči izgubo prisotnosti na trgu, pomanjkanje krme za živino, upad prireje mesa in mleka, manjšo samooskrbo, izgubo delovnih mest in dodatne socialne težave.

Zahvala

Nastanek prispevka je omogočila EU s sofinanciranjem prek programa transnacionalnega sodelovanja v JV-Evropi.

Viri in literatura

1. Al-Khatib, K., in Paulsen, G. M., 1984. Mode of high temperature injury to wheat during grain. *Physiologia Plantarum*, 61-3: 363–368.
2. ARSO, 2010. Poročilo o vročini in neurjih od 10. do 24. julija 2010, 10 str. Dostopno na: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/weather_events/vrocina-in-neurja_jul10.pdf.



Slika 21: Pričakovane spremembe v svetovnih cenah hrane glede na zaloge in povpraševanje: odstotek spremembe 2011 glede na 2009 (vir: UN, v Fernando in sod., 2010)

Figure 21: Expected changes in the prices of food in the world in relation to stores and the demand: Changes in 2011 in % in relation to 2009 (source: UN cited in Fernando et al., 2010).

3. Batič, F., 2008a. Sevanje kot stres. Gradivo za podiplomski študij. Dostopno na: <http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/Sevanje%20kot%20stres.pdf>.
4. Fernando, V., CFA in Angelova, K., 2010. Chart of the day: Food Prices Are About To Explode. Clusterstock. Dostopno na: <http://www.businessinsider.com/chart-of-the-day-world-food-prices-2010-6>.
5. Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol.*, 11:100–105.
6. Kajfež Bogataj, L., in Sušnik, A., 2007. Challenges to agrometeorological risk management – regional perspectives: Europe. V: Sivakumar, M. V. K., in Motha, R. P. (ur.): *Managing Weather and Climate Risks in Agriculture*, Springer, Nemčija: 113–124.
7. Kmetijsko-gozdarska zbornica (KGZS), 2010. Napoved pridelkov in površine z žiti v Sloveniji. Gradivo za novinarje: Novinarska konferenca, 12. julij 2010: 5 str.
8. Kocbek, D., 2010. Rumena luč zaradi rasti cen. *Mladina*, št. 33. Dostopno na: http://www.mladina.si/tednik/201033/rumena_luc_zaradi_rasti_cen.
9. Machado, S., in Paulsen, G. M., 2001. Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. *Plant and soil*, 233-2: 179–187.
10. MKGP, 2010. Informacija pri odpravi škode po poplavih v kmetijstvu, gozdarstvu in ribogojstvu. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. *Kmečki glas*, 39, let. 67: 3.
11. National Environmental Satellite, Data and Information Service (NESDIS): Center for Satellite Applications and Research (STAR). 2010. Global Vegetation Health Products. Europe - Vegetation Health Index (VHI). Dostopno na: http://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/vci/VH/vh_browse.php.
12. Nielsen, R. L., 2010. Effect of Heat and Drought Stress on Corn Pollination. *Agronomic Spotlight*. Technology development by Monsanto: 2 str. Dostopno na: http://www.genuity.com/Libraries/PDFs/Corn_Extra_Effect_of_Heat_and_Drought_Stress_on_Corn_Pollination.pdf.
13. STA, 2010. Rusija: prepoved izvoza žita ostaja. Delo. Dostopno na: <http://www.delo.si/clanek/120002>.
14. Sušnik, A., in Pogačar, T., 2010. Motena vodna bilanca kmetijskih rastlin leta 2009: od suše do moče. *Ujma* 24, 2010, 54–64.
15. Tehnološka priporočila za zmanjšanje občutljivosti kmetijske pridelave na sušo. 2008. MKGP, Ljubljana, 44 str.
16. *The Weekly Weather and Crop Bulletin*, 2010. USDA, Volume 97-31:42-43. Dostopno na: http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/weather_weekly//2010s/2010/weather_weekly-08-04-2010.pdf.
17. Turk, J., in Rozman, Č., 2001. Razvojni vidiki slovenskega sadjarstva pred vstopom v EU. DAES. Dostopno na: http://stari.bf.uni-lj.si/daes/index_files/K-2-rozman.pdf.
18. Vučko, K., 2009. Vpliv gnojenja pšenice na njeno absolutno in hektolitrsko maso. Diplomsko delo, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 55 str.
19. Zadravec, P., Fajt, N., 2010. Iz tujega tiska ... *Revija SAD*, 7–8, XXI: 9–10.