

NAPOVEDOVANJE IN OCENJEVANJE POSLEDIC SUŠE

Prediction and assessment of drought effects

Borut Vrščaj*, **Tomaž Vernik****, **Andrej Ceglar*****, **Zalika Črepinšek******, **Alenka Šajn Slak*******,
Matjaz Ivacic***** **UDK 632.112:631.671**

Povzetek Abstract

Ukrepanje ob naravnih nesrečah in blaženje njihovih posledic sta uspešnejši ob ustreznem sistemu spremljanja. Ta temelji na podatkih, ki so na voljo v primerni obliki in stvarnem času. Zasnovali smo sistem za napovedovanje in oceno posledic suše v stvarnem času. Ta temelji na prostorskih podatkih tal, potrebah rastlin po vodi ter agrometeoroloških parametrih, povezanih z GIS-algoritmi. Narejene so baze podatkov za oceno sposobnosti tal za zadrževanje vode in potreb rastlin po njej. Uveden je tudi sistem za obdelavo agrometeoroloških podatkov, implementiran je bil model za oceno vodne bilance in narejena spletna stran za vizualizacijo sušnosti za izbrane kmetijske rastline.

The response time to natural disasters and the mitigation of their effects is more effective with an established monitoring system. The system is based on the available real-time data in appropriate formats. We have established a system for prediction and assessment of drought effects in real time. It is based on soil data from the ground, plant water demands and agrometeorological parameters using GIS algorithms. Databases are designed to assess the ability of soil water retention and plant water demand. A system of agrometeorological data processing in real time was established, a model for the assessment of water balance implemented and a web portal for visualisation of drought effect on selected agricultural crops designed.

Uvod

Suše so sicer naravni pojav, vendar jih obenem obravnavamo tudi kot naravne nesreče. Njihova pogostnost se povečuje skupaj s številom drugih izrednih dogodkov, povezanih s klimatskimi spremembami. Škoda, ki jo suše povzročajo, ni zanemarljiva, nasprotno, število in skupna vsota škodnih zahtevkov naraščata. Za uspešnost kmetijske pridelave in s tem oskrbe s hrano ter ekonomsko uspešnost te dejavnosti je nujen aktiven pristop k napovedovanju suše, ukrepanju ob njej in reševanju njenih posledic. Namakanje in drugi ukrepi za preprečevanje sušnosti temeljijo na ustreznih podatkih,

ki morajo biti takoj dosegljivi v stvarnem času – v času nastanka. Kmetijstvo se srečuje tudi z večjimi ekološkimi omejitvami, ki so povezane s količino vode v tleh oziroma največkrat s problemom spiranja nitratov. Tako so tudi za okoljsko ustrezno kmetovanje nujni podatki o tleh in agrometeoroloških parametrih.

Sedanji slovenski podatki o fizikalnih lastnostih tal so pomanjkljivi. Prav tako nimamo geokodiranih baz podatkov o potrebah kmetijskih rastlin po vodi; te morajo biti vezane na faze rasti (fenofaze), prostor in čas. Podatki o fizikalnih lastnostih tal, o reliefu visoke ločljivosti in agrometeorološki podatki v stvarnem času omogočajo izračun zmogljivosti tal za zadrževanje vode, skupaj s podatki o potrebah rastlin in o padavinah pa omogočajo izračun vodne bilance tal in napovedovanje oziroma ocenjevanje sušnosti za posamezno rastlinsko vrsto.

Razvoj sodobnih sistemov obveščanja pred sušami in drugimi naravnimi nesrečami temelji na večdisciplinarni obravnavi, povezovanju ter vključevanju tehnologij geografskih informacijskih sistemov (GIS). Napovedovanje in učinkovito ocenjevanje posledic sušnosti na kmetijskih površinah omogočajo le ažurne baze podatkov GIS o fizikalnih lastnostih tal, ki pa morajo biti večje natančnosti, podatki o potrebah kmetijskih rastlin po vodi v različnih fazah rasti ter prostorsko obdelani podatki o padavinah, ki so vsi dostopni v stvarnem času prek sodobnih spletnih

* dr., Kmetijski inštitut Slovenije, Center za tla in okolje, Hacquetova 17, Ljubljana, Borut.Vrscaj@kis.si

** mag., Kmetijski inštitut Slovenije, Center za tla in okolje, Hacquetova 17, Ljubljana, Tomaz.Vernik@kis.si

*** Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Katedra za Agrometeorologijo, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, Andrej.Ceglar@bf.uni-lj.si

**** dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Katedra za Agrometeorologijo, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, Zalika.Crepinsek@bf.uni-lj.si

***** dr., CGS plus, d. o. o, Brnčičeva 13, Ljubljana, Alenka.Sajn@cgsplus.si

***** mag., CGS plus, d. o. o, Brnčičeva 13, Ljubljana, Matjaz.Ivacic@cgsplus.si

tehnologij. Sistem mora biti opremljen z naprednimi algoritmi za vrednotenje in obdelavo podatkov. Končna informacija mora vsebovati prostorsko oceno in predstavitev vodne bilance oziroma oceno nevarnosti suše na zaključenih kmetijskih površinah (GERK).

Zato je upravičena zamisel o gradnji enotnega, večnamenskega agrometeorološkega informacijskega sistema s skupno bazo podatkov vseh sedanjih merilnih postaj ter tematskimi modeli in spletnimi prikazovalniki podatkov. Tak sistem bi omogočil napovedovanje ter prispeval k preprečevanju oziroma blaženju posledic suše. Koristil bi tudi širšemu krogu uporabnikov s področja kmetijstva.

V prispevku predstavljamo rezultate projekta M2-0220 CRP *Znanje za mir*, v katerem smo zasnovali sistem napovedovanja in ocenjevanja suše na kmetijskih površinah. Projekt je financirala Uprava RS za zaščito in reševanje (URSZR), vsebinska spremljevalka je bila Ana Jakšič. Izvedli smo ga Kmetijski inštitut Slovenije (KIS, nosilec), Katedra za agrometeorologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani ter CGS plus, d. o. o. Projekt, ki je lahko eden izmed prispevkov in dopolnitev sedanjega informacijskega sistema Ajda, je bil končan januarja 2010.

Metodologija

Metodologija projekta vključuje povezovanje več zaključenih vsebinskih sklopov:

- opredelitev potreb izbranih kmetijskih rastlin po vodi v času in prostoru;
- prostorsko izboljšavo in izdelavo geokodiranih baz podatkov tal za oceno sposobnosti tal za zadrževanje vode;
- pridobivanje in obdelavo agrometeoroloških podatkov v stvarnem času;
- GIS-izvedbo in operacionalizacijo računalniškega modela za ocenjevanje sušnosti.

Potrebe rastlin po vodi

Dostopni podatki rastlinskih potreb po vodi so bili vneseni v relacijsko bazo podatkov Oracle z orodjem Toad. Zaradi velike heterogenosti slovenskega podnebja, tal in reliefa so bile lastnosti posameznih agroklimatskih con poenotene. Avtomatizacija izdelave GIS-algoritmov in rastrskih slojev je bila opravljena s programsko opremo ArcInfo-Workstation. Narejena je bila GIS-baza agroklimatskih con Slovenije.

Izboljšava digitalnih podatkov o tleh

Podatke karte tal Slovenije 1 : 25.000 je mogoče precej izboljšati z uporabo naprednih metod digitalne kartografije tal (DKT). Razvili smo metodo, ki ima za rezultat a) natančnejšo oziroma večjo ločljivost podatkov, kot jo omogoča osnovna vektorska pedološka karta 1 : 25.000; ter b) novo oziroma večjo vsebinsko natančnost podatkov o tleh. Osnovni vhodni podatki za uporabo metod DKT so

geokodirani podatki bistvenih pedogenetskih dejavnikov Slovenije (Pedološka karta 1 : 25.000, DMV 12,5 m, litološki podatki in raba tal). Metoda omogoča izdelavo podatkovne baze talnih parametrov, potrebnih za modeliranje vodne bilance.

Preizkus in izvedba metode sta bila opravljena z modulom ESRI ArcInfo-Workstation GRID in programskim jezikom AML. Uporabljene so bile Oracleve baze podatkov o tleh, ki jih ima Kmetijski inštitut, do katerih smo dostopali s poizvedbami SQL, ki smo jih izdelali z vmesnikom Toad. Rezultat algoritmov SQL in povezave z ArcGIS sta samostojna rastrska sloja točka venenja (TV) in poljske kapacitete (PK) v ločljivosti 12,5 m v obliki ESRI grid (grid), ki sta podlaga za izračun vodne bilance v tleh.

Agrometeorološki podatki v stvarnem času

Zasnovali smo smernice za gradnjo enotnega slovenskega sistema spremljanja osnovnih agrometeoroloških parametrov v stvarnem času, ki temeljijo na priporočilih Svetovne meteorološke organizacije. V povezavi z ARSO, Uradom za meteorologijo (meteorološke postaje) in DRSC (cestne vremenske postaje) smo vsak dan pridobivali podatke o temperaturi, padavinah, vetru in vlagi za različne kraje po Sloveniji. Za izdelavo spletnega portala Suša smo meteorološke podatke osveževali v stvarnem času s pomočjo programske opreme Microsoft Windows Server 2003, Internet Information Server, Microsoft SQL Server 2005 in Autodesk MapGuide 6.5., ki je bila v aplikaciji Suša integrirana v CGS.NET.

Dopolnitev in verifikacija modela za oceno sušnosti

Vodnobilančni model integrira tri skupine podatkov na modelni ravni: pedološke (talne), fenološke in meteorološke. Celoten programski paket obdelave agrometeoroloških podatkov ter izračuna vodne bilance je bil zasnovan in zgrajen v programskem jeziku R (<http://cran.r-project.org/>). Aplikacija izračuna vodno bilanco na dnevni časovni skali. Meteorološki podatki iz točkovnih meritev so uporabljeni za ocenjevanje prostorske porazdelitve količine padavin ter evapotranspiracije (ET), zato je bila izdelana GIS-aplikacija, ki temelji na uporabi objektivnih interpolacijskih metod. Na podlagi priporočil FAO ter primerjave različnih metod (Kurnik, 2001; Kajfež Bogataj in Kurnik, 2004) je bila za izračun ET izbrana Penman-Monteithova metoda (Allen s sodelavci, 1998). Programska modula za prostorsko interpolacijo padavin ter ET sta vgrajena v programsko shemo vodnobilančnega modela, ki na njuni podlagi računa količino vode v koreninskem območju tal.

Cilji in rezultati

Glavni rezultati projekta:

- razvit sistem prostorskih podatkov za napovedovanje in oceno posledic suše;

- zasnovane baze podatkov prostorsko in časovno opredeljenih potreb rastlin po vodi;
- zasnovana metoda za izboljšavo kakovosti podatkov tal;
- zasnovani in implementirani GIS-algoritmi v sistemu za oceno sušnosti v stvarnem času;
- postavljen spletni portal za vizualizacijo ocene sušnosti.

Rezultati so porazdeljeni v štiri sklope.

Metoda za prostorsko in vsebinsko izboljšavo podatkov tal

Razvita je bila metoda za izboljšavo podatkov pedološke karte in narejena ocena sposobnosti tal za zadrževanje vode.

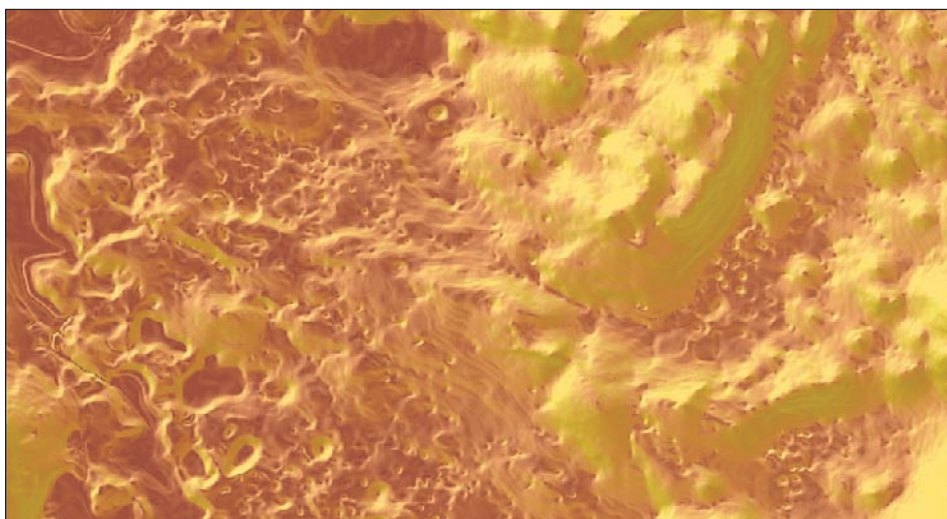
Metoda za izboljšavo podatkov pedološke karte

1 : 25.000 vključuje izboljšavo geometrije in vsebine PK25 za boljšo opredelitev lastnosti, kakovosti in potenciala tal kmetijskih zemljišč. Vključuje tudi operacionalizacijo ekspertnega pedološkega znanja v obliki prevedbenih funkcij ter njihovo izvedbo v GIS-algoritmih. Na prvi stopnji sta na podlagi geomorfoloških parametrov (litologije in derivatov DMV) predvideni pojavnost in globina značilnih pedogenetskih horizontov. Rezultat so gridi

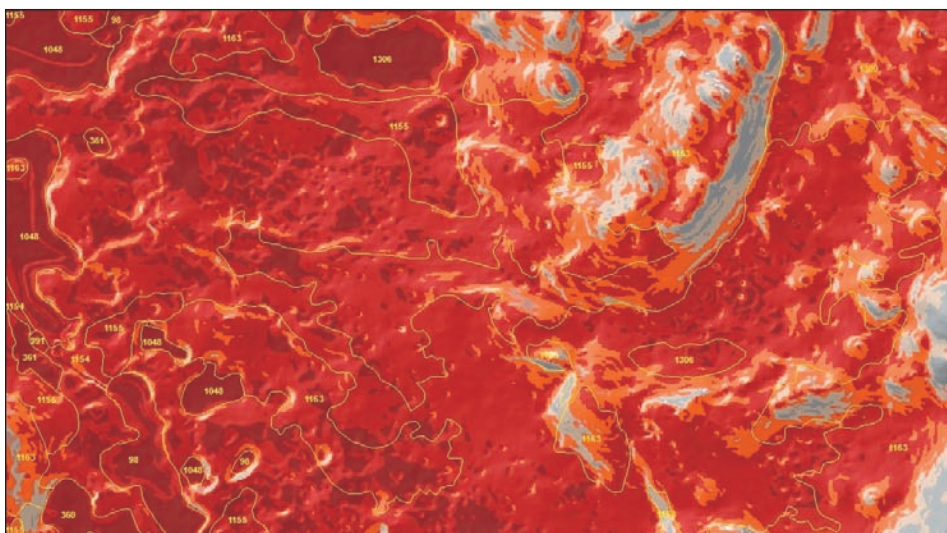
globin posameznih talnih horizontov. Na drugi stopnji algoritem na podlagi gridov horizontov izdela grid porazdelitve talnih tipov v prostoru. S tem je natančneje opredeljena porazdelitev talnih tipov v prostoru oziroma izboljšana ločljivost nove rastrske pedološke karte (slika 2). Gridi omogočajo tudi natančnejšo interpretacijo fizikalnih podatkov talnih horizontov. Omogočena je verodostojnejša ocena sposobnosti tal za zadrževanje vode, ki je podlaga za modeliranje vodne bilance. Slika 1 prikazuje rastrski sloj skupne globine tal, ki je seštevek posameznih horizontov na tleh modelnega območja.

Metoda predstavlja način prevedbe informacij PK25 v rastrsko bazo podatkov tal boljše ločljivosti (~1 : 10.000) z uporabo še obstoječega, a žal izginjajočega ekspertnega terenskega znanja (Vrščaj s sodelavci, 2009).

Ocena sposobnosti tal za zadrževanje vode: Na podlagi merjenih podatkov (tekstura tal, vsebnost organske snovi, struktura itn.) smo s prevedbenimi funkcijami ocenili dva ključna parametra za izračun vodne bilance: poljsko kapaciteto (PK) in točko venenja (TV). Poljska kapaciteta je stanje oziroma vsebnost vode v tleh neposredno po padavinah, ko odteče gravitacijska voda, točka venenja pa je stanje, ko v tleh poide vsa rastlinam dostopna voda



Slika 1:
Skupna globina tal modelnega območja (cm)
Figure 1:
Total soil depth of the test area (in centimetres)



Slika 2:
Primerjava rastrske (12,5 m) in vektorske pedološke karte merila 1 : 25.000
Figure 2:
A comparison of the raster (12.5 m) and vector based soil map in 1:25,000 scale

in te nepovratno overijo. To je mejna količina vode v tleh, pri kateri nastopi za rastlino nepopravljiva škoda zaradi pomanjkanja vode. RDV je razlika med PK in TV ter predstavlja zalogo – rastlinam dostopno vodo. Ti trije sloji so v naslednji fazi omogočili oceno sposobnosti tal za zadrževanje vode po posameznih horizontih, ki se po lastnostih oziroma kapacitetah razlikujejo. PK, TV in RDV prek podatka o evapotranspiraciji (ET) in specifičnega faktorja rastline (Kc) omogočajo izračun vodne bilance. Vsi merjeni podatki tal so bili umeščeni v GIS, opremljeni s funkcijami SQL za izračunane TV, RV in RDV ter povezani z digitalno pedološko karto. Narejeni so bili za celotno območje države (slika 3).

Zasnova prostorsko-fenoloških baz podatkov za modeliranje potreb kmetijskih rastlin po vodi

Postavili in dopolnili smo bazo potreb po vodi SQL (faktor Kc) za trinajst glavnih kmetijskih rastlin. Baze Kc smo izdelali za različne fenofaze, jih geokodirali in integrirali v GIS. S tem smo za izračun vodne bilance zagotovili še komponento rastline, tj. občutljivost različnih rastlin na vodni stres glede na lokacijo in fazo razvoja. Glede na podnebje, geografsko pozicijo in talne lastnosti smo izdelali gride agroklimatskih con. Za vsako izmed rastlin so bile za posamezno fenofazo ocenjene globina korenin in potrebe po vodi. Razvili smo AML-algoritme za povezovanje gridov agroklimatskih con, potreb rastlin po vodi, podatkov posameznih fenofaz ter oceno PK, TV in RDV ter izdelavo gridov Kc za posamezne kmetijske rastline v različnih dekadah. Slika 4 prikazuje dva primera potreb po vodi, in sicer za jaro pšenico v drugi dekadi aprila ter zgodnji krompir v drugi dekadi julija.

Agrometeorološki podatki v stvarnem času

Uvedli smo sistem zajema in integracije osnovnih merjenih agrometeoroloških podatkov v stvarnem času (na modelni ravni), njihovo osnovno obdelavo in sporočanje,

samodejno umestitev v sistem podatkov GIS Suša in uporabo na spletnem portalu Suša.

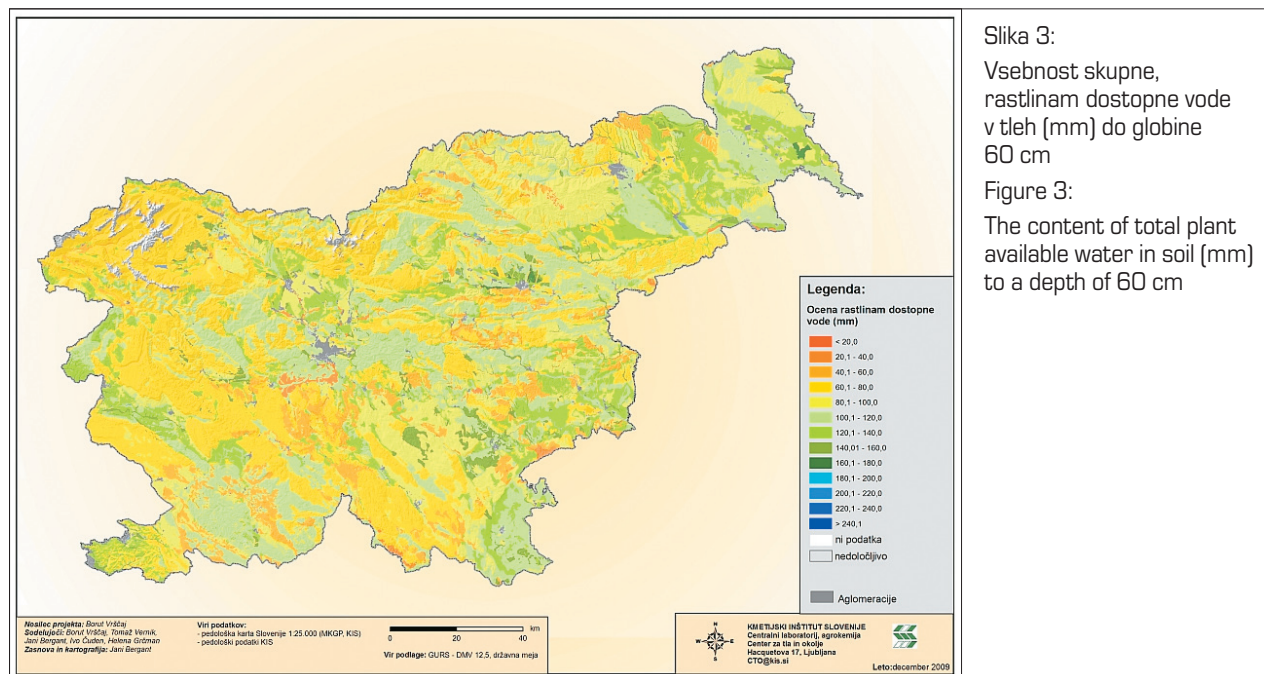
Razvit je bil sistem vsakodnevnega prenosa agrometeoroloških podatkov (za pretekli dan) s strežnika ARSO FTP v bazo Suša. Del podatkov je bil dostopen prek posebnega protokola tudi z analitičnega strežnika Biotehniške fakultete, kjer so bili opravljeni prostorske interpolacije in GIS-analitični izračun vodne bilance ter drugih parametrov. Rastrski sloji vodnih bilanc so se nato prenesli na interni FTP-strežnik podjetja CGS in od tam na spletni portal Suša. Za ogled stanja končnih uporabnikov na ravni GERK-a so bili v spletni portal integrirani tudi GERK-sloji.

Aplikacija uporabnikom omogoča preprost in hiter dostop do podatkov tal, meritev agrovremenskih postaj in seveda do preglednih rastrskih kart, ki v barvah od zelene do rjave prikazujejo stanje sušnosti v različnih dekadah, za različne rastline in različna območja. Uporabnik ima tako celoten letni pregled stanja vodne bilance (pokazatelj suše) za poljubno rastlino, dekada v letu in poljubno območje (slika 5).

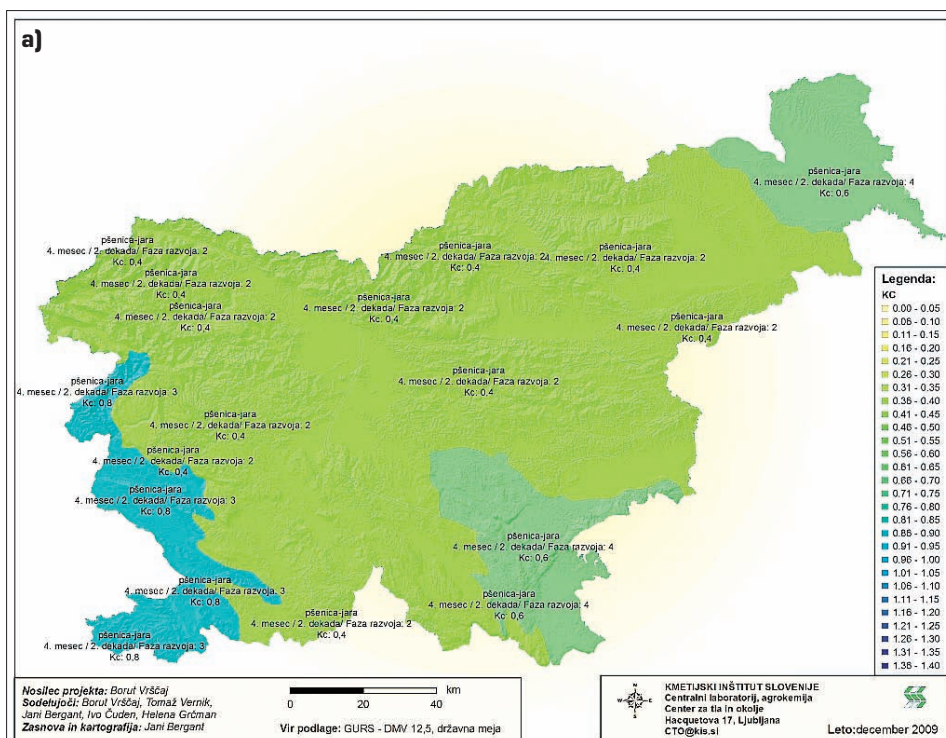
Rezultati so potrdili, da je za posebne analize, povezane s kmetijsko pridelavo, sedanja mreža postaj Agencije RS za okolje (ARSO) pregroba (Gregorič in Sušnik, 2004).

Dopolnitev, izdelava in verifikacija modela za oceno sušnosti

V postopku izdelave vodnobilančnega modela smo najprej definirali nabor potrebnih prostorskih meteoroloških, pedoloških ter fenoloških spremenljivk, čemur sta sledili izdelava ter integracija modela v algoritme GIS. Narejen je bil model GIS za izračun vodne bilance kmetijskih rastlin, ki temelji na sedanjih vodnobilančnih modelih IRRFIB (Matajč, 2001) in SIMPEL (Hörmann, 2003). Referenčno evapotranspiracijo v obeh modelih izračunamo za 12 cm visoko travo, dovolj preskrbljeno z vodo. Referenčno evapotranspiracijo v obeh modelih izračunamo za 12 cm visoko travo, dovolj preskrbljeno z vodo. Referenčno evapotranspiracijo v obeh modelih izračunamo za 12 cm visoko travo, dovolj preskrbljeno z vodo.



Slika 3:
Vsebnost skupne, rastlinam dostopne vode v tleh (mm) do globine 60 cm
Figure 3:
The content of total plant available water in soil (mm) to a depth of 60 cm

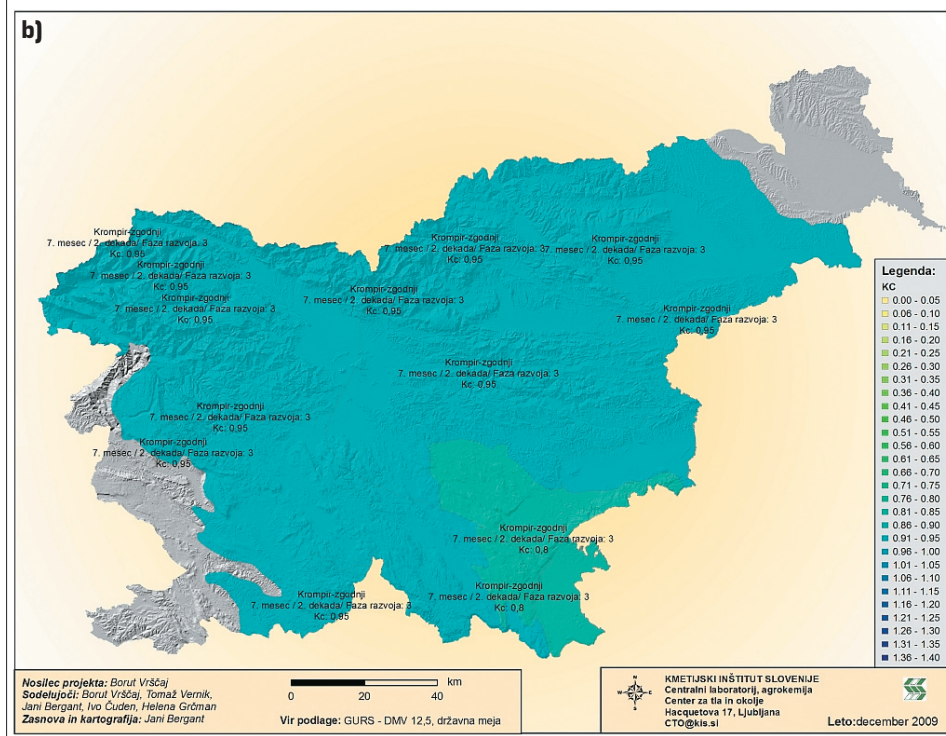


Slika 4:

Potrebe po vodi a) jare pšenice v drugi dekadi aprila in b) zgodnega krompirja v drugi dekadi julija

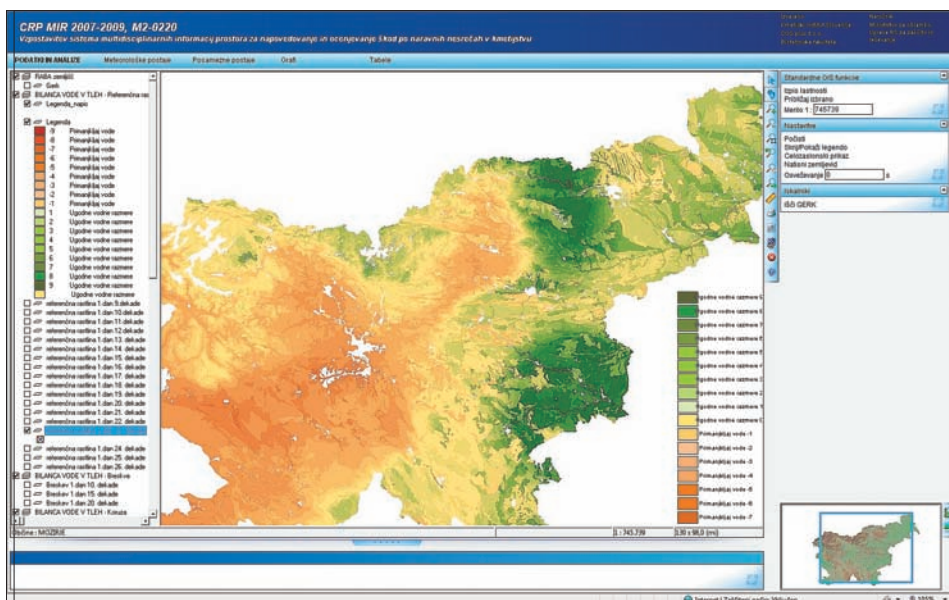
Figure 4:

Water demand a) early wheat in the 2nd decade of April and b) early potato in the 2nd decade of July

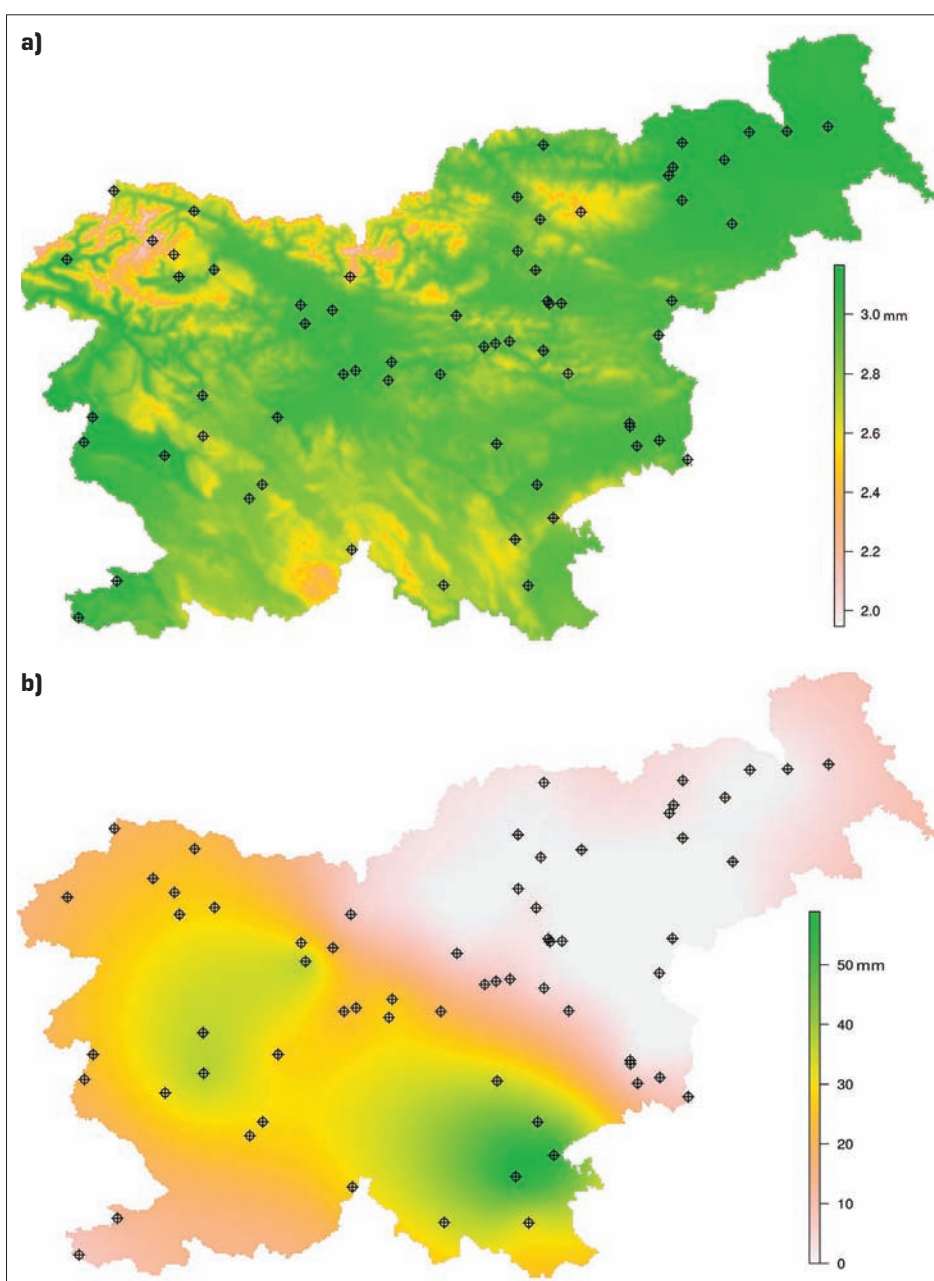


renčna evapotranspiracija služi kot podlaga za določitev potencialne evapotranspiracije za vsako posamezno kmetijsko rastlino. Izračunamo jo tako, da jo pomnožimo s koeficientom rastline. Resnična evapotranspiracija pa je odvisna od preskrbljenosti z vodo oziroma od količine vode na koreninskem območju tal. Razvili smo avtomatiziran postopek prostorske interpolacije evapotranspiracije ter dnevne višine padavin, ki smo ga s pomočjo geostatistične knjižnice *gstat* (Pebesma, 2004) izvedli v programskem jeziku R. Pri interpolaciji evapotranspiracije smo uporabili metodo splošnega kringinga z determinističnim delom, pri padavinah pa smo

uporabili kombinacijo osnovnega kringinga ter metode tehtanih drsečih sredin (Cressie, 1993). Prostorska interpolacija je vprašljiva predvsem pri padavinah, saj je dana gostota postaj premajhna, da bi z njo zajeli prostorsko variabilnost padavin (težavne so predvsem konvektivne padavine). Za izboljšavo kakovosti interpoliranih kart bi v nadaljevanju kazalo v izračun vključiti večje število postaj ter radarsko odbojnost pri določanju empiričnega semivariograma pri osnovnem kringingu (Kastelec in Košmelj, 2002; Dolinar, 2006). Slika 6 prikazuje primer vizualizacije prostorske interpolacije padavin.



Slika 5:
 Prikaz bilance vode v tleh na portalu Suša za referenčno rastlino (prvi dan 23. dekade)
 Figure 5:
 Soil water balance for the reference plant (1st day of the 23rd decade) as presented on the SUŠA portal



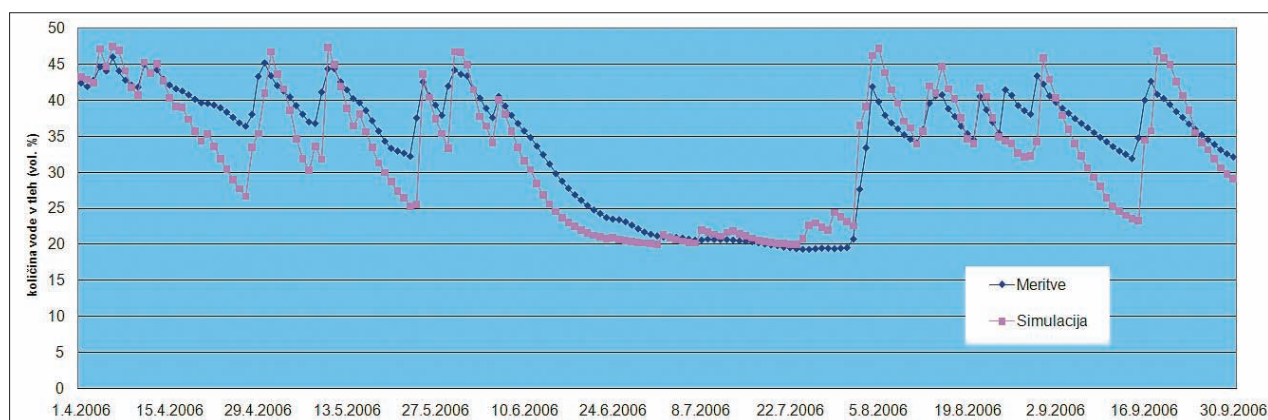
Slika 6:
 Primer prostorske interpolacije agrometeoroloških spremenljivk, potrebnih za izračun vodne bilance kmetijskih rastlin: a) referenčna evapotranspiracija in b) višina padavin po veljavnem modelu
 Figure 6:
 An example of spatial interpolation of agrometeorological variables required for crop water balance calculation: a) – reference evapotranspiration and b) – rainfall according to the valid model

Prostorski vodnobilančni model smo izvedli v programskem jeziku R. Glavni rezultat modela je prostorska porazdelitev razlike med količino vode na območju korenin za neko rastlino ter potrebno količino vode v tleh, ki definira mejo sušnega stresa za to rastlino. Na podlagi dostopnih podatkov merjene količine vode v tleh smo naredili tudi točkovno preverjanje, in sicer za leti 2006 ter 2007 na lokacijah Bilje ter Murska Sobota. Z vodnobilančnim modelom smo v tem obdobju za referenčno rastlino pravilno zajeli dinamiko količine vode na območju korenin. Ob nekaterih vremenskih situacijah smo zaznali nekoliko prehitro sušenje tal, kar je bilo opazno predvsem v Biljah. Slika 7 predstavlja primerjavo med simulirano ter izmerjeno vodno bilanco v Biljah leta 2006.

Operacionalizacija modela v GIS

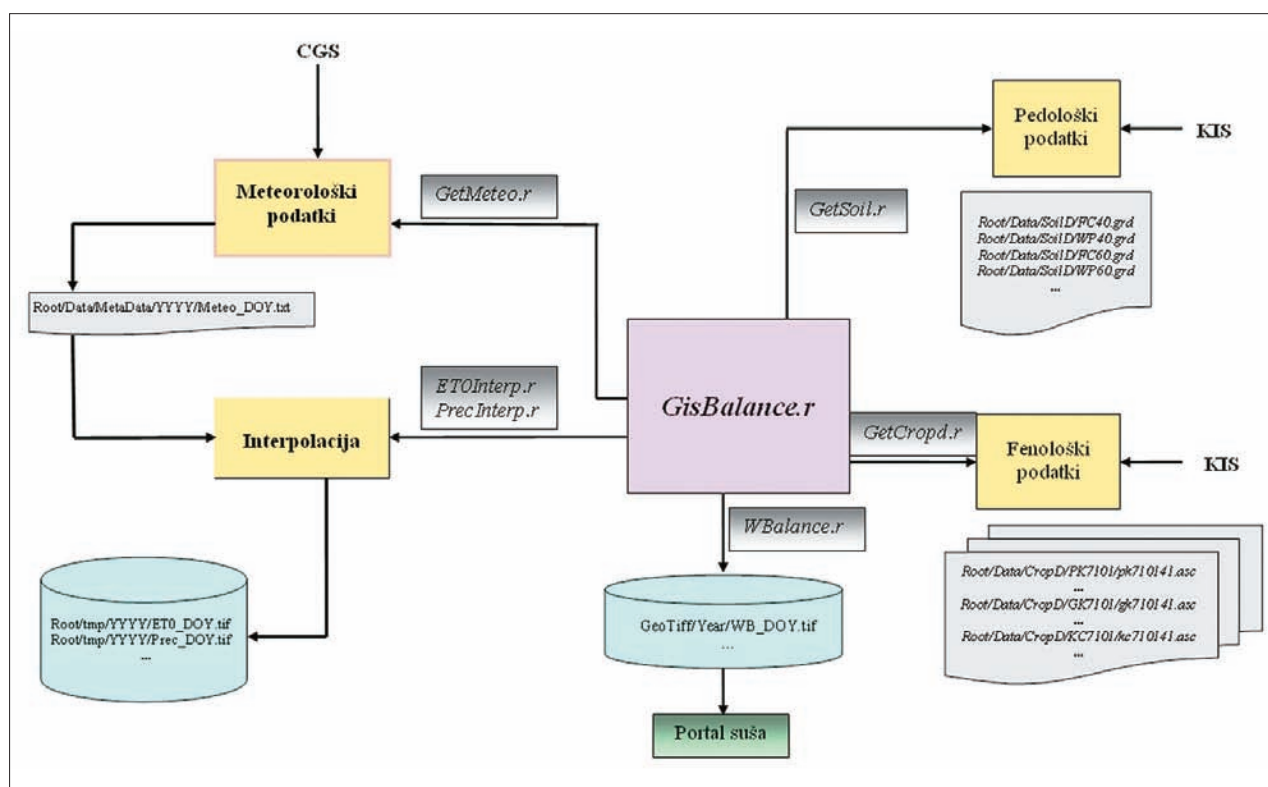
Shema operativnega prostorskega modela za oceno sušnosti je prikazana na sliki 8. Rezultat simulacije tega modela je georeferenciran raster primanjkljaja vode v coni korenin za izbrano kmetijsko rastlino. Primanjkljaj oziroma presežek vode je definiran glede na potrebo rastline po vodi v določeni fenofazi (slika 9).

Rezultati štirih sklopov so bili združeni v celovit GIS za pregledovanje stanja bilance vode v tleh kmetijskih površin (slika 10), napovedovanje in ocenjevanje trenutne sušnosti ter, ob uporabi arhivskih podatkov, sušnosti za pretekla obdobja.



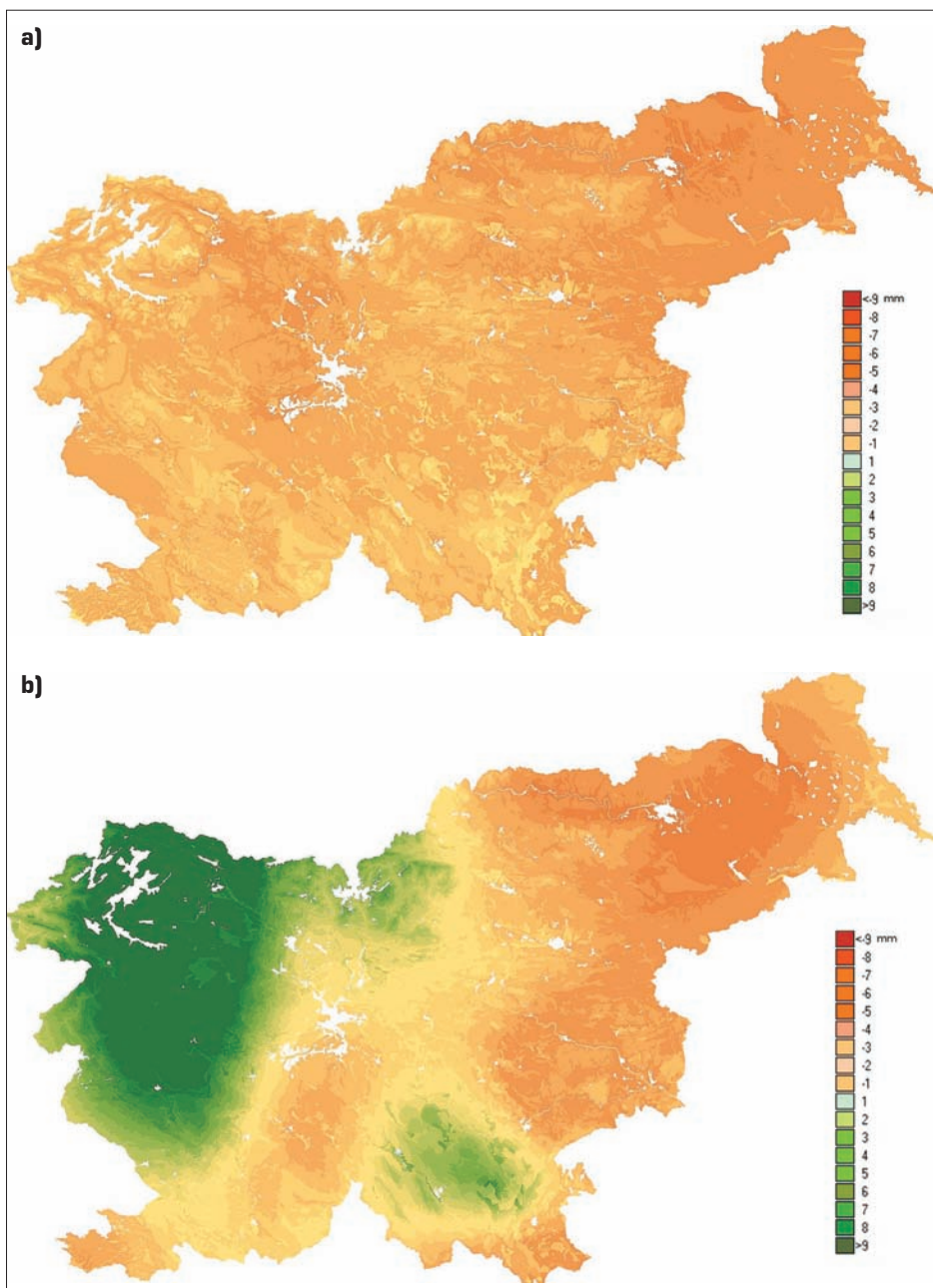
Slika 7: Simulacija vodne bilance ter primerjava z meritvami v vegetacijski sezoni (Bilje 2006)

Figure 7: Simulation of water balance and comparison with measurements during vegetation season (Bilje 2006)



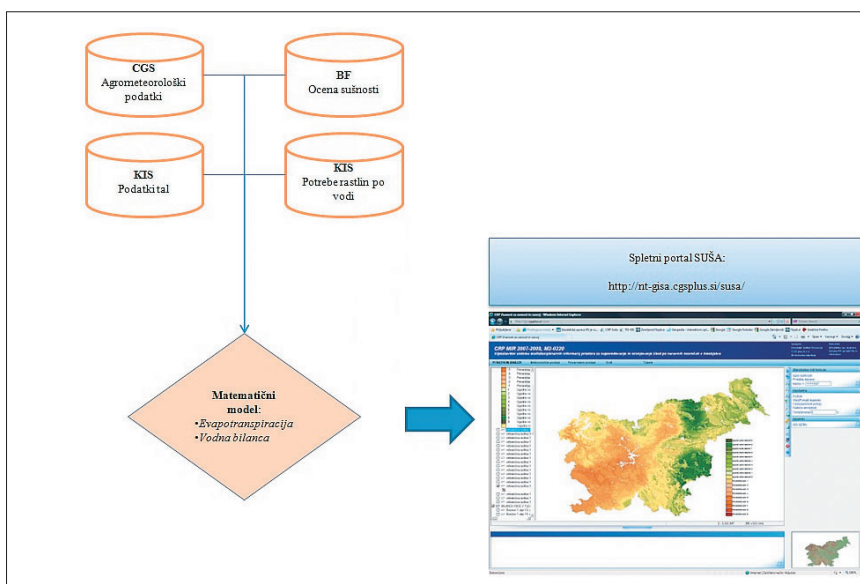
Slika 8: Shema delovanja programskega paketa za izračun vodne bilance

Figure 8: Operating diagram of software package for water balance calculation



Slika 9:
Primanjkljaj vode v tleh za referenčno rastlino 16. 4. 2009 a) in dan pozneje, b) ko je zahodno Slovenijo prešla oslABLJENA fronta

Figure 9:
Soil water deficit for the reference plant on 16/04/2009 (a) and one day later (b) after the weather front crossed western Slovenia.



Slika 10:
Poenostavljen prikaz sistema GIS za napovedovanje in oceno posledic suše

Figure 10:
A simplified image of GIS system for prediction and assessment of drought effects

Spletna aplikacija GIS (<http://nt-gisa.cgsplus.si/susa>) omogoča pregled podatkov in kart bilanc oziroma vizualizacijo podatkov o vodni bilanci kmetijskih rastlin za napovedovanje oziroma oceno posledic suše.

Sklepne misli

Raziskava je pomemben prispevek in demonstracija uspešnosti večdisciplinarnega pristopa, saj je bil zasnovan integriran sistem, ki povezuje pedologijo in fiziologijo, agrometeorologijo, prostorsko informatiko, senzoriko z brezžičnim prenosom podatkov v stvarnem času in spletne tehnologije za obdelavo ter prikaz podatkov.

Za reševanje in ukrepanje ob pojavu suš kot naravnih nesreč smo združili digitalno kartografijo tal, metode modeliranja talnih lastnosti v prostoru, uporabo GIS-algoritmov in programiranje obdelave podatkov vodne bilance. Prikazani so bili razvoj in uporaba funkcij za napovedovanje lastnosti tal ter uporaba mikroelektronike in senzorike, ki so omogočili zasnovano in izvedbo komunikacijskega sistema ter zajemanje in prenos geokodiranih podatkov. Tako pridobljeni podatki so bili obdelani v stvarnem času, končni rezultati pa prikazani na spletnem portalu GIS. Rezultati projekta so strnjeni v spletnem portalu, ki ima več stopenj in faz že za tako imenovano reprodukcijsko verigo. Že med trajanjem projekta pa se je pokazala potreba tudi po nadgradnjah in aplikativnih izboljšavah vseh.

Menimo, da gre za uspešen sistem, ki ga iz raziskovalnega projekta lahko prevedemo v aplikativno obliko in vključimo v informacijske sisteme URSZR. Gre namreč za vsebine, ki se smiselno dopolnjujejo s sistemom Ajda.

Zahvale

Avtorji se zahvaljujemo Upravi Republike Slovenije za zaščito in reševanje ter Agenciji za raziskovalno dejavnost za sredstva, gospe Jakšič in drugim predstavnikom URSZR pa za uspešno sodelovanje pri izvedbi projekta.

Zahvala gre tudi sodelavcem vseh treh ustanov partneric za tvorno sodelovanje.

Viri in literatura

1. Agencija Republike Slovenije za Okolje, 2009. Arhiv meteoroloških in fenoloških podatkov. Med-mrežje: <http://www.arso.gov.si/o%20Agenciji/knji%C5%BEnica/mese%C4%8Dni%20bilten> (19. 12. 2009).
2. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
3. Cressie, N., 1993. Statistics for spatial data. Wiley Interscience, 900 str.
4. Dolinar, M., 2006. Prostorska interpolacija konvektivnih padavin z uporabo radarskih in prizemnih meritev. Magistrsko delo, Ljubljana, FMF, 2006.
5. Gregorič, G. in Sušnik, A., 2004. Vključevanje mrež za posebne obratovalne monitoringe v skupen meteorološki informacijski sistem. V: Ranljivost slovenskega kmetijstva in gozdarstva na podnebno spreminljivost in ocena predvidenega vpliva. ARSO.
6. Hörmann, G., 2003. SIMPEL – A family of simple soil water models. Medmrežje: http://www.hydrology.uni-kiel.de/~schorsch/simpel/englisch/simpel_english.pdf (20. 1. 2009).
7. Kajfež Bogataj, L., Kurnik, B., 2004. Enostavne metode za izračun referenčne evapotranspiracije. Novi izzivi v poljedelstvu 2004: Zbornik simpozija. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo, 2004. str. 128-135.
8. Kastelec, D., Košmelj, K., 2002. Statistical Interpolation of Mean Yearly Precipitation using Universal Kriging. Developments in Statistics. Metodološki zvezki, 17, Ljubljana. FDV, 2002, str. 149-160.
9. Kurnik, B., 2001. Primerjava različnih metod za izračun referenčne evapotranspiracije v Sloveniji. Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, Diplomsko delo, 66 str.
10. Matajč, I., 2001. Summary on the IRRFIB model. Agencija Republike Slovenije za Okolje, 2001: Medmrežje: <http://agromet-cost.bo.ibimet.cnr.it/fileadmin/cost718/.../irrfib.pdf>. (20. 1. 2009).
11. Pebesma, E. J., 2004. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. Computers & Geosciences, 30: 683-691.
12. Vrščaj, B., Vernik, T., Bergant, J. in Čuden, I., 2009. Vzpostavitev sistema multidisciplinarnih informacij prostora za napovedovanje in ocenjevanje škod po naravnih nesrečah v kmetijstvu: ciljni raziskovalni program Znanje za varnost in mir 2006-2010: projekt M2-0220: končno poročilo. Delovni sklop 1, Izboljšava podatkov tal, (KIS – Poročila o raziskovalnih nalogah, 338). Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije.