

OPSEG I ZNAČENJE MONITORINGA PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA ZA NIZINSKE ŠUME HRVATSKE

SCOPE AND MEANING OF THE GROUND AND SURFACE WATER MONITORING FOR THE LOWLAND FORESTS IN CROATIA

Branimir MAYER*

SAŽETAK: U posljednjoj četvrti stoljeća šumski ekosustavi Republike Hrvatske izloženi su sve agresivnijim antropogenim utjecajima i nizovima sušnih godina. Osobito velike promjene nastupile su u režimu podzemnih i površinskih voda nizinskih šuma sjeverne Hrvatske nakon izgradnje velikih sustava obrane od poplava s retencijama i hidrocentrala s akumulacijama. U prvom je planu isušivanje šumskih bazena kroz redukciju poplava i sniženje razina podzemnih voda te pogoršanje kvalitete voda što dovodi, u kombinaciji sa sušnim razdobljima, do slabljenja vitalnosti šumskih ekosustava, do promjene sukcesije šumskih stajbina od vlažnih prema sušnim, do širenja pojave sušenja stabala ili dijelova šumsko-gospodarskih jedinica. Da bi se uspješnije rješavali rastući šumsko-ekološki i šumsko-gospodarski problemi pristupilo se, u posljednjih petnaest i više godina, uspostavi mreže hidropedoloških piezometarskih stacionara. Organiziranim monitoringom podzemnih i površinskih voda dosad je obuhvaćeno više velikih šumskih bazena, a planira se daljnje širenje. Prikupljena je velika baza podataka u čiju se organizaciju, manipulaciju i interpretaciju sve više uključuju alati geografskog informacijskog sustava (GIS). Dobiveni rezultati temeljni su oslonac šumsko-gospodarskim i drugim odlukama. Provode se nova hidropedološka šumsko-ekološka kartiranja oštećenih površina promijenjena vodnoga režima. Prati se unos polutata onečišćenim poplavnim vodama u šumska tla.

Ključne riječi: nizinske šume, monitoring podzemnih i površinskih voda

UVOD

Tijekom posljednjih stotinu godina nizinske šume hrasta lužnjaka, poljskoga jasena i drugih vrsta Posavine, Podravine i Pokuplja sjeverne Hrvatske zahvatila su dva razdoblja masovnog sušenja stabala i sastojina.

U prvom se razdoblju, koje je trajalo od 1909. do 1925. godine (Prpić 1989., Vranković i Bašić 1989.), sušenje pripisivalo nepovoljnim svojstvima tla, zajedničkom djelovanju gusjenica i pepelnice, gljivi mednjači kao i neracionalnim mjerama šumskoga gospodarenja. Vajda (1948.) je analizirao promjene kli-

matških čimbenika i zaključio da su masovna sušenja na velikim prostorima u svezi s odstupanjima klimatskih parametara od prosječnih vrijednosti, osobito zbog suša izazvanih pojačanom Sunčevom radijacijom.

U drugom razdoblju, od kraja 60-tih godina pa na ovamo, nastupili su u okolišu posve novi antropogeni utjecaji. Izvedeni su opsežni vodotehnički zahvati radi obrane od poplava s retencijama, izgrađeni su sustavi hidrocentrala s akumulacijskim jezerima, uspostavljene su nove mreže kanala radi hidrotehničkih melioracija poljoprivrednih, ali i šumskih površina, mreže komunikacija, infrastruktura za crpilišta nafte, odlagališta tehnološkog otpada i drugo. Onečišćenje površinskih vodotoka ubrzano se širilo i povećavalo, a s time i

* Dr. sc. Branimir Mayer, dipl. ing. šumarstva, Šumarski institut, Jastrebarsko

unos polutanata daljinskim zračnim transportom sa suhom i mokrom depozicijom. Sve se to zbiva u vrijeme kada klimatolozi i hidrolozi podastiru sve više podataka o globalnim i lokalnim klimatskim promjenama (Bonacci 1993., Trninić 1993., Pandžić et al. 1993., Vučetić M. i Vučetić V. 1994.) u smislu porasta temperature i pojave petnaestogodišnjega razdoblja jake suše. Raspravlja se o tome radi li se o terestričkim ili kozmičkim čimbenicima i jesu li se slične klimatske promjene događale u daljoj prošlosti ili su efekt staklenika i smanjenje zaštitnog ozonskog omotača glavni uzročnici tih promjena. Suše, prema štetama koje izazivaju neprijeporno zaslužuju najveću pozornost u gospodarstvu Hrvatske osobito desetak posljednjih godina, stoga je nužno stvoriti strategiju i politiku borbe protiv suše (Bonacci 1993., Sijerković i Čapka 1994., Sečen i Bašić 1994.).

Ti brojni i raznovrsni, a relativno naglo nadošli napadi na gospodarsko i ekološko blago kakvi su slavonski hrastici i druge nizinske šume, postavili su pred šumarsku struku niz novih problema koje je trebalo organizirano rješavati na više razina. Zbog toga su "u hodu" vođene rasprave s ostalim korisnicima prostora koji su svojim djelovanjima direktno mijenjali stojbinske pri-

like, a istodobno su organizirani potencijali šumarske znanosti i struke na dugoročnim istraživanjima uzroka sušenja i propadanja šuma radi njihove zaštite i obnove. Iz tih istraživanja sinkrono su objavljivani rezultati s preporukama u radovima Dekanića (1962., 1975.), Prpića (1974., 1984., 1986., 1989.), Prpića et al. (1979., 1988.), Vrankovića i Bašića (1989.), Mayera i Komlenovića (1974.) i Mayera (1988., 1994.).

Ti radovi ujedno prezentiraju stavove šumarskih stručnjaka o uzrocima sušenja šuma u drugom razdoblju. Sušenje se dovodi u vezu sa svim navedenim nepovoljnim utjecajima i njihovoj interakciji, a kod rangiranja uzročnika sušenja vodeće mjesto najčešće pripada promjenama u vodenome režimu tla koje se isušuje zbog gubitka poplava i pada razine podzemnih voda ili se lokalno zamočvaruje. Iznijeti problemi potakli su šumarsku struku da organizira dugoročna motrenja dinamike podzemnih i površinskih voda u nizinskim šumama, ali i monitoring svojstava tla i njihova oštećenja za što se zalaže Bašić (1994.).

Namjera je ovoga rada da prikaže široj stručnoj i znanstvenoj javnosti opseg šumarskoga hidropedološkog monitoringa i dio rezultata istraživanja koja su provedena u Šumarskom institutu, Jastrebarsko.

MONITORING PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA

Monitoring podzemnih voda za glavnu mjerljivu veličinu uzima lako dostupnu razinu podzemnih voda koja u močvarnim tlima neposredno utječe na režim vlažnosti površinskih horizonata, isparavanja i otjecanja, a time na bonitet šumske stojbine i proizvodnost šumskih vrsta (Sabo et al. 1981.).

Od prvih sustavnih piezometarskih opažanja podzemne i površinske vode u lipovljanskim šumama (Dekanić 1962.) slijedila su brojna hidropedološka istraživanja u nizinskim šumama Hrvatske. Njihovi nositelji na Šumarskom fakultetu u Zagrebu bili su B. Prpić, A. Vranković i F. Bašić, te B. Mayer u Šumarskom institutu, Jastrebarsko.

Mreža piezometarskih stacionara postupno se širila i danas pokriva više velikih šumskih bazena nizinske Hrvatske, kako je vidljivo iz pregleda tablice 1.

Podaci iz tablice pokazuju glavnu problematiku osnivanja piezometarskih stacionara. Različite su godine osnivanja i gustoće stacionara na jedinicu površine, različite su dubine piezometara i čestina opažanja. Stacionari u Spačvi i Našičkim šumama postavljeni su kao nastavak već postojeće mreže piezometara na izvanšumskim površinama. U Kupčini, Turopoljskom lugu, Česmi i Varoškom lugu gustoća je stacionara veća, a lokacije su odabrane prvenstveno u funkciji šumsko-ekološke i šumsko-gospodarske problematike.

Monitoring podzemnih i površinskih voda provodi se na hidropedološkim stacionarima koji su pod nadzorom Šumarskog instituta, Jastrebarsko, 14 godina u nizinskim šumama Kupčine, 7 godina u Varoškom lugu i Česmi i 6 godina u Turopoljskom lugu, a najnovije u nizinskim šumama Uprave šuma Našice. Stvorena je velika baza prostorno određenih podataka povezanih u vremenske nizove. Dosadašnja statistička obradba podataka s ograničenim mogućnostima manipulacija, grafičkih vizualizacija i pohranjivanja postala je usko grlo kod stvaranja novih informacija neophodnih za razna odlučivanja koja se odnose na unapređenje šumsko-ekoloških, šumsko-gospodarskih i drugih djelatnosti. Stoga je u tijeku projektiranje šumarskog hidropedološkog informacijskog sustava (ŠHPIS) (Mayer 1993.) pomoću suvremenih informatičkih alata geografskog informacijskog sustava (GIS) i kvalitetne računalne opreme. Također su provedena brojna istraživanja monitoringa trenutne vlažnosti tla i redoks potencijala, a od 1991. godine u tijeku je lizimetrijski monitoring u nizinskim šumama hrasta lužnjaka i običnoga graba (Vrbek 1992, 1993).

2.1. Monitoring u šumama bazena Kupčine započeo je u suradnji s Vodoprivredom 1981. godine, u svezi s istraživanjem posljedica izgradnje retencije Kupčina na postojeće šumske ekosustave. Hidropedološka

Uprava šuma Forest management	Šumarija Forest enterprise	Obu- hvaćena površina Area included, ha	Razdoblje motrenja, godine Monitoring period, years	Čestine mjerena Measurement frequency	Broj piezome- tarskih stacionara Number of piezometer stations ha/1 station	Broj piezometarskih cijevi Number of piezometers tubes	Broj bunara Number of wells	Broj kanala Number of channels	Nadzor vrši Control by
KARLOVAC Kupčina	Jastrebarsko, Draganići, Karlovac, Pisarovina	8.000	14 1981.-1995.	1 x tjedno	15 500	60 0.5, 1, 2, 7 m	4	4	Šumarski institut, Jastrebarsko
BJELOVAR Varoški lug, Česma, Bolčanski lug	Vrbovec	3.400	7 1988.-1995.	2 x tjedno	32 100	83 0.5, 1, 2, 4 m (od 1993. g. 24 nove cijevi od 7 m)	—	9	
ZAGREB Turopoljski lug	Velika Gorica	4.300	6 1989.-1995.	2 x tjedno	7 600	26 0.5, 1, 2, 7 m	2	5	
SISAK Posavske sunjske šume	Sunja (prekinuto)	—	2 1989.-1990.	2 x tjedno	4	16 0.5, 1, 2, 7 m	1	2	
NAŠICE bazen nizinskih šuma	Koška, D. Miholjac Đurđenovac Slatina	12.000	početak 1995.	2 x tjedno	22	88 0.5, 1, 2.5, 7 m	—	—	
VINKOVCI Spačva	Strošinci Lipovac Županja Otok Gunja Vrbanja	26.000	1987.-1995.	2 x tjedno	16	61	—	—	Šumarski fakultet, Zagreb i DHMZRH
LIPOVLJANSKE NIZINSKE ŠUME Opeke	Fakultetsko dobro Šumarskog fakulteta Zagreb	10.000	1971.-1995.	2 x tjedno	7	21	—	—	Šumarski fakultet, Zagreb
KOPRIVNICA Repaš	Repaš	3.600	1985.-1995.	2 x tjedno	16	28	—	—	DHMZRH

su istraživanja pokazala (Mayer 1988., 1991.) da su najveće promjene u vodenome režimu nastupile u usporedbi s ranijim stanjem (Mayer i Komlenović 1972. i Mayer 1976.) u redukciji poplavnih voda koje su površinski smanjene za oko polovinu, a njihovo trajanje skraćeno je za oko 2/3. Uz ove promjene nastupilo je sniženje razina podzemnih voda, osobito uz duboke kanale. Zatečeno stanje podzemnih voda od 1981. godine pokazivalo je oscilacije ovisno o karakteru hidroloških godina, ali obračuni trenda 14-godišnjih opažanja nisu pokazali signifikantan pad ili porast vodostaja. Ovi podaci, uz druga opažanja, navode na zaključak o izvjesnoj stabilizaciji zatečenog stanja i pretpostavku o dosta dobru bočnome punjenju podzemnoga kupčinskog rezervoara. Isušivanje je međutim zahvatilo površinske horizonte tla što bi se moglo zaključiti iz podataka površinskih piezometara 0,5 m, iz kojih se

vidi pad vodostaja u drugom petogodištu (1986.—1990.) u odnosu na prvo (1981.—1985. godina). Razdoblje motrenja je međutim prekratko da bi se mogli izvesti sigurniji zaključci. Za stratigrafiju tala Kupčinskog bazena karakteristični su slojevi teške gline, osobito u gornjim horizontima. Oni su prepreka komuniciranju podzemnih i površinskih voda što otežava snabdijevanje hrasta lužnjaka i drugih vrsta kapilarnom vodom za vrijeme ljetnog pada vodostaja.

Koji su to optimalni vodostaji pokazale su GIS kolorirane karte (Mayer 1993.) minimalnih vegetacijskih razina podzemnih voda "vrlo vlažne" 1989. godine sa 700 mm dobro raspoređenih vegetacijskih oborina (veg. prosjek 515 mm) prema podacima meteorološke stanice u Jastrebarskom s 31-godišnjim nizom opažanja. Velika zasićenost tla vodom 1989. godine dovela je do izrazita oporavka kupčinskih šuma hrasta lužnjaka i tvorbe

iznad prosječnog radijalnog prirasta u uvjetima pojačane Sunčeve radijacije, iznad prosječnih temperatura i odsutnosti defolijatora. Vrlo vlažne 1989. godine prosječni su vegetacijski minimumi od svih 15 stacionara u Kupčini bili — 206 cm, a “vrlo suhe” 1990. godine — 263 cm, tj. pad razina za 57 cm.

Mnogi obračuni korelacije između vremenskih serija podzemne vode i dinamike radijalnoga prirasta hrasta lužnjaka upućuju na zaključak da je povoljan sadržaj vode u mjesecima svibnju i lipnju osobito značajan za uspješan rast i prirast.

Zanimljivi su podaci analize trendova oborina koje preporučuje Bonacci (1994.), za meteorološku stanicu Jastrebarsko smještenu na periferiji bazena kupčinskih šuma:

Za zbroj godišnjih oborina:

$N = 30$, $P = 925$ mm, $s_p = 116,72$, $P = 972$, 45-3,0 T ispod granice signifikantnosti.

Za zbroj vegetacijskih oborina:

$N = 31$, $P = 515$ mm, $s_p = 91,68$, $P = 576,08-3,81$ T signifikantno godišnje vegetacijsko smanjenje oborina za 3,8 mm.

U opisanim hidrološkim prilikama sušenje šuma u kupčinskom se bazenu povećava. U 1984. godini u sanitarnim je sječama izvađeno 3.500 m³ sušaca, a u 1992. godini preko 40.000 m³.

Nameće se zaključak da je prioritetan zadatak u gospodarenju vodama povećanje vlažnosti tla u vegetacijskoj sezoni, osobito zbog niza sušnih godina. Kod toga ostaje zasad nepremostiv problem nedostatak takovih hidrotehničkih rješenja koja bi imitirala prirodnu uspostavu dinamike vlažnosti tla i zakonitosti kolebanja podzemnih voda. Stoga su dobronamjerna razmatranja i prijedlozi hidrotehničke struke (Milović 1994.) često u nesuglasju s rezultatima šumsko-ekoloških istraživanja.

2.2. Bazen šuma Turopoljskog luga ima obrađene 5-godišnje vremenske nizove (1989.—1993.) razina podzemne vode (Mayer i Bušić 1994.). Ovi vrlo

kratki nizovi pokazuju izrazito opadanje razina podzemnih voda, ali i vodostaja u kanalima i bunarima.

Istodobno površinski piezometri 0,5 m pokazuju porast isušivanja tla. U Turopoljskom lugu glinasti zbijeni površinski slojevi također uzrokuju razdvajanje gornje i dublje podzemne vode, slično kao u Kupčini samo što je prosječan pad razina vegetacijskih minimuma vrlo vlažne 1989. na vrlo suhu 1990. godinu, bio skoro dvostruko veći, tj. 101 cm. Hidroregulacijama i nizom sušnih godina Turopoljski je lug izgubio veliki dio površinske vode neophodne za uspijevanje hrasta lužnjaka, a podzemna voda u šljunčanom vodonosniku zagrebačko-velikogoričke Posavine podvrgnuta je većim oscilacijama i ljetnom padu nego u kupčinskim šumama. U Turopoljskom lugu nastupilo je masovno sušenje šumskih sastojina. Od 1981. do 1990. godine osušilo se ukupno oko 100.000 m³ stabala po čemu ova pojava poprima značenje ekološke katastrofe, kako navode Prpić et al. (1994.).

2.3. U bazenu nizinskih šuma Varoškog luga i Česme prevladavaju epiglejna močvarna tla intenzivno hidromeliorirana lakšega mehaničkog sastava na derivatima pretaloženog zamočvarenog prapora. Monitoringom vodostaja od 1988. godine utvrđeno je da je dinamika podzemne i površinske vode pod jakim drenažnim utplivom kanalne mreže. Isušivanje je tih šumskih bazena intenzivnije od kupčinskoga, ali su, općenito uzevši, pedofizička svojstva znatno povoljnija u smislu velike kapilarne poroznosti a time i velikog vodnoga kapaciteta tla, što smanjuje deficit vlage i usporava pojavu sušenja stabala. Monitoringom poplavnih površina u Česmi dobivene su posebno vrijedne karte dinamike ulaza i izlaza poplava široke uporabljivosti.

U Varoškog lugu dvogodišnji monitoring (1991./92. god.) trenutne vlažnosti tla, podzemne vode, oborina i defolijacije u odnosu na radijalni prirast i sušenje hrasta lužnjaka pokazao je da je nedostatak vlage u tlu bio presudni uzročnik sušenja ove šumske vrste (Mayer 1994.). Također je potvrđeno da je povoljan raspored oborina bitan, kako za proizvodnju drvne tvari tako i za preživljavanje vrsta, za razliku od prosječnih vrijednosti koje su samo gruba orijentacija (Bonacci 1993, Vučetić M. i Vučetić V. 1994.).

NOVE DETALJNE PEDOEKOLOŠKE ŠUMSKO-PROIZVODNE KARTE PODRUČJA S VELIKIM PROMJENAMA VODNOGA REŽIMA

Te karte postaju neophodna podloga u procesu obnove oštećenih nizinskih šuma izgradnjom hidrocentrala s akumulacijama (Mayer i Jalušić 1992., Mayer i Bušić 1994.). To se u prvom redu odnosi na prirodne šume vrba i topola i kulture euroameričkih topola

varaždinskog dijela Podravine gdje su promjene režima vodostaja nastupile brzo i osciliraju sa spuštanjem razinom vodostaja u starom koritu rijeke Drave. Nova detaljna pedološka karta Varaždinskih podravske šume u mjerilu 1:10.000 pokazala je da osim spuštanja

vodostaja, ima područja njegove stabilizacije na višem nivou oko akumulacijskih jezera (Mayer i Jalušić 1992., Mayer i Bušić 1994.). Slična neobjavljena istraživanja vrše se na nekoliko površina miholjačko-

valpovačke i osječke Podravine. Vegetacijska istraživanja Rauša (1992.) potvrdila su nalaze o iskušavanju ovih površina.

UNOS POLUTANATA U NIZINSKE ŠUME SJEVERNE HRVATSKE ONEČIŠĆENIM POPLAVNIM VODAMA

Rezultate tih istraživanja prikazuju radovi Mayera 1987., 1991., 1992., Mayera i Pezdirc 1990., Komlenovića et al. 1991., Mayera et al. 1993.

Ova su istraživanja pokrila već mnoge šumske bazene: Kupčinu, Turopoljski lug, Varoški lug, Česmu, varaždinske podravske šume, Spačvu, podunavske vrbičke i topolike i osječke podravske šume. Najvećma je istraživano olovo, cink i bakar. Rezultati su različiti po

pojedininim bazenima, ali je karakteristično da poplavna područja uvijek sadrže više polutanata od neplavljenih. Alarmantna je situacija u varaždinskoj Podravini gdje aluvijalna tla sadrže i deseterostruko veće koncentracije od prirodnih vrijednosti. Rekonstrukcija i obnova tih šuma i šumskih kultura dugotrajan je ali i važan proces jer su to ekološka uporišta u gusto naseljenim zonama.

ZAKLJUČCI

Široj stručnoj javnosti prikazan je dio rezultata istraživanja u nizinskim šumama Hrvatske koja se odnose na hidropedološki monitoring, na pedeološka kartiranja šumskih površina u izmijenjenim hidrološkim prilikama i na istraživanja unosa polutanata onečišćenim poplavnim vodama.

Monitoringom podzemnih i površinskih voda u šumskim bazenima Kupčine, Turopoljskog luga, Varoškog luga i Česme utvrđeno je da je nedostatak vlage u tlu glavni uzročnik sušenja hrastovih šuma.

U bazenu Varaždinskih podravskih šuma hidropedološka istraživanja i kartiranja također su pokazala da je sušenje autohtonih šuma i šumskih kultura mekih listača u najviše slučajeva direktna posljedica pada razi-

ne podzemnih voda i nedostatka vlage u zoni aeracije tla.

Unos polutanata onečišćenim poplavnim vodama posvuda je registriran, a osobito je alarmantan u sedimentima poplavne zone rijeke Drave i akumulacijskih jezera kod Varaždina.

Iako se fiziološka slabljenja i sušenja nizinskih šuma u nas najčešće dovode u vezu s poremećajima vodnoga režima tla (pretežito isušivanje, a manje lokalno zamočvarivanje) nakon vodotehničkih zahvata, udjela u tom procesu imaju klimatske suše, oštećenja lišća od defolijatora ili gljivičnih oboljenja, načini šumskoga gospodarjenja, polutanti iz raznih izvora i drugo.

LITERATURA

- Bašić, F., 1994: Trajno motrenje tla u okviru RZ Alpe, Alpe-Jadran i Podunavlje. Znanstveni skup: Poljoprivreda i gospodarjenje vodama, Priopćenja: 154-178, Bizovačke toplice.
- Bonacci, O., 1993: Identifikacija suše i borba protiv nje. Zbornik radova: Okrugli stol o suši: 1-20, Hrvat. hidrol. društvo, Zagreb.
- Bonacci, O., 1994: Oborine glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus. GENING: 1-341, Split.
- Dekanić, I., 1962: Utjecaj podzemne vode na pridozrak i uspijevanje šumskog drveća u posavskim šumama kod Lipovljana. Glas. šum. pokuse 15:1-118, Zagreb.
- Dekanić, I., 1975: Utjecaj visine i oscilacija nivoa podzemnih voda na sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Šum. list 7-10:117-127, Zagreb.
- Komlenović, N., Mayer, B., Rastovski, P., 1991: Unos teških metala onečišćenim poplavnim vodama u tla nizinskih šuma istočne Slavonije. Šum. list 3-5:131-149, Zagreb.
- Mayer, B., 1976: Neki problemi interpretacije elemenata vodnog režima na humoznom anfiglejnom tlu. Vodoprivreda, 39:16-20.
- Mayer, B., 1987: Rezultati prvih istraživanja sadržaja olova, kadmija, sumpora i fluora u tlu nizinskih šuma bazena Kupčine. Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Mayer, B., 1988: Hidropedološki stacionari — neophodnost pri rješavanju problema ugroženosti naših nizinskih šuma s primjerom bazena Kupčine. Radovi 75:7-32, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Mayer, B., 1991: Važnost pročišćavanja otpadnih voda u sprečavanju ekotoksičnosti posebno za tla nizinskih šuma sjeverne Hrvatske. Radovi, Viol. 26, br. 1:94-104, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Mayer, B., 1991a: Dinamika podzemnih i površinskih voda u nizinskim šumama Pokupskog bazena u razdoblju 1981.-1990. godine. Periodična studija, 74pp, Šumar. inst., Jastrebarsko.

- Mayer, B., 1992: Naplavine u Ormoškom akumulacijskom jezeru teret budućnosti. Radovi, Vol. 27, br. 2:91-210, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Mayer, B., 1993: Proces osnivanja Šumarskog hidropedološkog informacijskog sustava (ŠHPIS) na osnovi montiranoga podzemnih i površinskih voda u Kupčini, Varoškom lugu, Česmi i Turopoljskom lugu. Radovi, Vol. 28, br. 1:171-184, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Mayer, B., 1994: Utjecaj dinamike vlažnosti tla, podzemne vode, oborina i defolijacije na sezonsku dinamiku radijalnog prirasta i sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Varoškom lugu. Radovi Vol. 29, br. 1:83-102, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Mayer, B., Komlenović N., 1974: Izvještaj o rezultatima četverogodišnjih istraživanja elemenata vodnog režima na području gospodarske jedinice Draganički lugovi. Elaborat; pp.30, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Mayer, B., Pezdirc, N., 1990: Teški metali (Pb, Zn, Cu) u tlima nizinskih šuma sjeverozapadne Hrvatske. Šum. list, br. 6-8:251-260, Zagreb.
- Mayer, B., Jalušić B., 1992: Freatofilne šumske vrste ugrožene padom razine podzemnih voda u okolišu HC Varaždin. Radovi, Vol. 27, br. 1:43-53, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Mayer, B., Komlenović, N., Rastovski, P., 1993: Ergebnisse der untersuchungen der Scwermetalle (Pb, Zn, Cu) in Aunwäldern Nordkroatiens. Stoffbelastung des Bodens. Expertentagung der gemeinsamen Arbeitsgruppe Bodenschutz, ARGEALP, :97-107, Linz.
- Mayer, B., Bušić, G., 1994: Izvješće o rezultatima istraživanja režima podzemnih i površinskih voda na području šumsko-gospodarske jedinice Turopoljski lug tijekom 1993. godine s osvrtom na petogodište od 1989. do 1993. godine. Elaborat: 13pp., Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Mayer, B., Bušić, G., 1994a: Detaljna pedoekološka karta šumsko-gospodarske jedinice Varaždinske podravске šume sa stanjem dvadeset godina nakon izgradnje HC Varaždin. Radovi Vol. 29, br. 2:161-170, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Milović, B., 1994: Ekološki odrazi izvođenja vodoprivrednih radova na nizinske šume, Hrvatska vodoprivreda, god. III, br. 19:22-23, Zagreb.
- Pandžić, K., Čapka, B., Sijerković, M., 1993: Uzroci klimatskih promjena i klimatski modeli. Izvanredne meteorološke prilike 1992. godine u Hrvatskoj. Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske :117:125, Zagreb.
- Prpić, B., 1974: Ekološki aspekt sušenja hrastovih sastojina u nizinskim šumama Hrvatske. Šum. list, 7-9:285-290, Zagreb.
- Prpić, B., 1984: Antropogeni utjecaji na šumske ekosisteme srednjeg Posavlja u svijetu sinteze sinkronih ekoloških mjerenja. III. kongres ekologija. Radovi i rezime: 441-444, Sarajevo.
- Prpić, B., 1986: Studija utjecaja vodne stepenice Đurđevac na šumu Repaš. Šum. list 1-2:541-552, Zagreb.
- Prpić, B., 1989: Sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj u svijetu ekološke konstitucije vrste. Glas. šum. pokuse, Vol. 25 :1-20, Zagreb.
- Prpić, B., Vranković, A., Rauš, ., Matić, S., 1979: Ekološke značajke nizinskih šumskih ekosistema u svjetlu regulacije rijeke Save. II. kongres ekologa Jugoslavije, Savez društava ekologa: 887-897, Zagreb
- Prpić, B., Komlenović, N., Seletković, Z., 1988: Propadanje šuma u Hrvatskoj. Šum. list 5-6:195-215, Zagreb.
- Prpić, B., Seletković, Z., Žnidarić, G., 1994: Ekološki i biološki uzorci propadanja stabala hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u nizinskoj šumi "Turopoljski lug". Glas. šum. pokuse 30 : 193 - 222, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1992: Vegetacija ritskih šuma uz rijeku Dravu od Varaždina do Osijeka s težištem na Varaždinske podravске šume. Glas. šum. pokuse 28 : 245 - 256, Zagreb.
- Sabo, E.D., Ivanov, J.H., Šatillo, D.A., 1981: Spravočnik gidrolesomelioratora. Lesnaja promišljenost, 21 - 23, Moskva.
- Sečen, V., Bašić, Z., 1994: Višenamjensko korištenje rijeke Drave s osvrtom na projekt Novo Virje. Znanstveni skup: Poljoprivreda i gospodarenje vodama :533-545, Bizovečke toplice.
- Sijerković, M., Čapka, B., 1994: Prirodne katastrofe, poljodjelstvo i gospodarenje vodama. Znan. skup: Poljoprivreda i gospodarenje vodama. Priopćenja :487-495, Bizovečke toplice.
- Trninić, D., 1993: Ekstremna hidrološka suša na vodotocima u Hrvatskoj. Zbornik radova: Okrugli stol o suši :29-42, Hrvat. hidrol. društvo, Zagreb.
- Vajda, Z., 1948: Utjecaj klimatskih kolebanja na sušenje hrastovih posavskih i donjo podravskih nizinskih šuma. Institut za šumarska istraživanja, God. 1947, Sv. 1:1-154, Zagreb.
- Vranković, A., Bašić, F., 1989: Neki rezultati pedoloških istraživanja u poremećenim ekosistemima hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse, Vol. 25:25-50, Zagreb.
- Vrbek, B., 1992: Metoda pedoloških istraživanja u projektu ekonomsko-ekološke valencije tipova šuma (EEVTŠ). Radovi Vol. 27, br. 2:91-210, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Vrbek, B., 1993: Praćenje depozicije taloženih tvari u zajednici hrasta lužnjaka i običnog graba na području Uprave šuma Bjelovar, Radovi Vol. 28, br. 1-2, Šumar. inst., Jastrebarsko.
- Vučetić, M., Vučetić, V., 1994: Istraživanje evapotranspiracije nizinskog dijela Hrvatske. Znanstveni skup: Poljoprivreda i gospodarenje vodama. Priopćenja :477-486, Bizovečke toplice.

Pretisak iz Zbornika radova sa I. Hrvatske konferencije o vodama (Dubrovnik, 24.—27. svibnja 1995.)

ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

SUMMARY: During the last quarter of the century the forest ecosystems in the Republic of Croatia have been exposed to increasingly aggressive anthropogenic effects and series of dry years. Especially large changes have occurred in the ground and surface water regimes in the lowlands forests of the northern Croatia following the construction of large flood control systems with flood storages and hydropower plants with reservoirs. The priority problem is drying out of the forest basins through reduction in floods and lowering of the groundwater tables, and decrease in quality of water which, in conjunction with the periods of drought, leads to deterioration of vitality of forest ecosystems, change in succession of forest sites from humid to dry, spreading of the phenomenon of drying out of trees or parts of forest management units. In order to successfully solve the increasing forest ecology and forest management issue, a network of hydro-pedological piezometer stations has been set during the last fifteen odd years.

Organized monitoring of ground and surface water has so far encompassed several large forest basins, and further expansion is planned. A large database has been collected. The tools of the Geographical Information System (GIS) are increasingly used in organization, handling and interpretation of these data. The obtained results are the background of the decision-making in forest management and else. New hydro-pedological forest ecology mapping of degraded areas with changed water regime is conducted. The ingress of pollutants with contaminated flood waters into the forest soil is monitored.

Key words: lowlands forests, ground and surface water monitoring