

ВОДОСТАЈ ДУНАВА КАО ФАКТОР СМАЊЕЊА ПРИРАСТА И ВИТАЛНОСТИ СТАБАЛА МЕШОВИТЕ САСТОЈИНЕ ЛУЖЊАКА И ЦЕРА

ДЕЈАН Б.СТОЈАНОВИЋ¹ТОМ ЛЕВАНИЧ²БРАТИСЛАВ МАТОВИЋ¹ЗОРАН ГАЛИЋ¹ТОДОР БАЧКАЛИЋ³

Извод: У раду је разматран утицај водостаја реке Дунав на прираст и виталност стабала мешовите састојине лужњака и цера у ШУ 'Оџаци' ШГ 'Сомбор' ЈП 'Војводинашуме' Нови Сад. Узорци су узети у октобру 2013. године. Коришћењем дендрохронолошких метода установљен је опадајући тренд прираста последњих деценија, као и значајна корелација између водостаја Дунава и ширине година. Установљен је сличан опадајући тренд између водостаја и прираста за обе врсте. Поред дугорочног тренда опадања водостаја Дунава, истакнуте су две узастопне екстремно сушне године као потенцијално главни узрок опадања прираста и сушења стабала у истраживаној састојини.

Кључне речи: дендрохронологија, дендроекологија, сушење, водостај, *Quercus robur*, *Quercus cerris*.

THE DANUBE WATER LEVEL AS A DRIVER OF POOR GROWTH AND VITALITY OF TREES IN THE MIXED PEDUNCULATE OAK-TURKEY OAK STAND

Abstract: This paper studies the impact of the Danube water level on the growth and vitality of trees in the mixed pedunculate oak -Turkey oak stand in the Forest Administrative Unit 'Odžaci', Forest Management Unit 'Sombor' of The Public Enterprise 'Vojvodinašume'. The samples were taken in October 2013. A declining growth trend in recent decades and a significant correlation between the water level of the river Danube and the width of tree rings were determined using dendrochronological methods. Both species had a declining growth trend similar to the water level trend. Besides the long-term declining trend in the water level of the Danube, two consecutive extremely dry years are stressed as a potentially major cause of the growth decline and dieback of trees in the studied stand.

Keywords: dendrochronology, dendroecology, dieback, water level, *Quercus robur*, *Quercus cerris*

1. УВОД

Опадање виталности храстових шума, као и њихово сушење је појава опште присутна у Европи (Thomas, F. *et al.*, 2002; Čater, M., Batič, F., 2006; Andersson, M. *et al.*, 2011; Levanič, T. *et al.*, 2011). Скорија

1 др Дејан Стојановић; др Братислав Матовић, научни сарадник, др Зоран Галић, научни саветник, Универзитет у Новом Саду, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад

2 доц. др Том Леванич, Словеначки шумарски институт, Љубљана, Словенија

3 др Тодор Бачкалић, ванр. проф., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад

истраживања бележе повећане интензитете сушења у Србији (Medarević, M. *et al.*, 2009; Bauer, A. *et al.*, 2013) и Хрватској (Dubravac, T., Dekanić, S., 2009). Ова појава се јавља услед различитих узрока. Још је на почетку 20. века Мапојловић, Р. (1924) забележио масовно сушење шума храста лужњака. Забележио је да су сушења била праћена појавом гусенице губара и медљике. Половином прошлог века препознати су и климатски фактори као битан фактор у вези са виталношћу и сушењем храстових шума (Vajda, Z., 1948). Смањење виталности је довођено у везу са локалним феноменом као што је изградња насипа на Сави у Срему (Stojanović, D. *et al.*, 2013a). Исти аутори истичу да ниво подземних вода који је условљен водостајем Саве представља лимитирајућу фактор за прираст и виталност храствих шума (Stojanović, D. *et al.*, *in litt.*). Водостај Дунава, као и водостај Саве, има тенденцију дугорочног пада (Републички хидрометеоролошки завод Србије). С обзиром да је ниво подземних вода у Подунављу у вези са водостајем Дунава, што је посебно случај у годинама високих вода (Pekeč, S. *et al.*, 2011, 2012). Циљ рада је био испитивање утицаја хидролошких промена на дугорочни раст и прираст стабала лужњака и цера у том подручју.

Специфични задаци рада били су:

- испитивање тренда промене прираста стабала мешовите састојине храста лужњака и цера и његове везе са дугорочном променом нивоа Дунава;
- испитивање везе између прираста две врсте које чине мешовиту састојину и средњих месечних вредности водостаја Дунава у периоду 1920-2011.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Узорковано је 20 стабала из зреле мешовите састојине лужњака и цера (Брањевина 08i, ШГ 'Сомбор' ШУ 'Оџаци', географске координате: 45°28' СГШ и 19°10' ИГД), од тога 10 стабала лужњака (*Quercus robur* L.) и 10 стабала цера (*Quercus cerris* L.), старости 112 година. Земљиште је окарактерисано као ливадска црница на лесу. Узоркована стабла налазила су се у процесу сушења, или су се осушила током 2012. и 2013. године. Наведена старост састојине близу је краја опходње од 120 година. Дискови су узети са 1/5 висине (између 5 и 7 m), у октобру 2013. године. Након тога узорци су осушени и обрушени (слика 1).

Узорци су скенирани помоћу ATRICS система (Levanič, T., 2007, слика 2). Ширина година измерена је помоћу WinDENDRO софтвера (www.regent.qc.ca), уз прецизност од 0,01 mm (слика 3.).

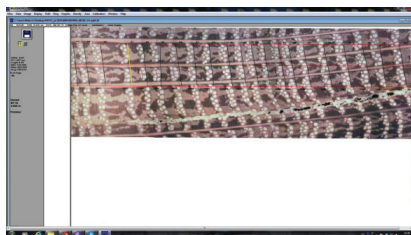
Унакрсно датирање (слика 4) урађено је употребом PAST-4TM софтвера (www.sciem.com) који садржи визуелни тест и тестове t-вредности по Baillie и Pilcher (tBP) (Baillie, M., Pilcher, J., 1973) и Gleichläufigkeit коефицијент (GLK%) (Eckstein, D., Bauch, J., 1969). Статистичка обрада извршена је коришћењем ARSTAN програма (слика 5) и R статистичког софтвера, пакета BootRes (Zang, C., 2010) и DendroStat (Levanič, T., *in litt.*) у Rstudio окружењу (www.rstudio.com, слика 6). У ARSTAN-у је извршено детрендовање временске серије ширине година помоћу негативне експоненцијалне функције у циљу уклањања утицаја јувенилног раста и кубичне *spline* функције од -67% у циљу уравнотежења варијација у прирасту (слика 5).



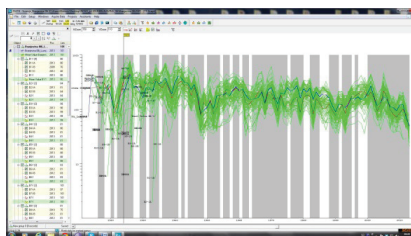
Слика 1. Обрушени исечци дискова храста лужњака
Figure 1. Sanded wood samples of pedunculate oak



Слика 2. ATRICS систем
Figure 2. ATRICS system



Слика 3. Мерење година помоћу WinDENDRO софтвера
Figure 3. Measurement of tree-ring widths using WinDENDRO software



Слика 4. Визуелно унакрсно датирање помоћу PAST-4™ софтвера
Figure 4. Visual cross-dating using PAST-4™ software

```

***      Program ARSTAN_41d      ***
***      Creation Date:         ***
***      03/18/07               ***
***      Programmed by:         ***
***      Dr. Edward R. Cook     ***
***      Paul J. Krusic         ***
***      Tree-Ring Laboratory   ***
***      Lamont-Doherty Earth Obs ***
***      Palisades, N.Y. 10964 ***
***      drdendro@ldeo.columbia.edu ***
***      pjkr@ldeo.columbia.edu ***
***      www.ldeo.columbia.edu/trl ***
*****

<ret> to run, / to exit, h for more info:
open the file listing the data file names
type h for help or <ret> to enter them    ==>

okay, so enter your data file name(s)
which will be stored in the new file: arstan.files
when done, hit <ret> to process the data file(s).

file name # 1: Branjevina_081.rwl
file name # 2:
number of files to be processed: 1
okay, enter your overall run title:
==>ClanakzaSumarstvo
run in batch mode from log file? y/<n>/h ==>

|***** arstan run time menu and current options settings *****|
optplt
(1) tree-ring data type 1          !tucson ring-width format
(2) missing data in gap -9         0 !missing values estimated (no plots)
(3) data transformation 0         0 !no data transformation (no plots)
(4) firstdetrending 1 0 0         !1st-neg expon curve (k>0), no = opt 4
(5) seconddetrending 0 0 0        !2nd-no detrending performed
(6) robustdetrending 1 0 0        !non-robust detrending methods used
(7) interactivedetrend 0         0 !no interactive detrending
(8) index calculation 1          0 !tree-ring indices or ratios (rt/gt)
(9) ar modeling method 1         0 !non-robust autoregressive modeling
(10) pooledar order 1 0 0         !minimum aic pooled ar model order fit
(11) seriesar order 0            0 !pooled ar order fit to all series
(12) mean chronology 2 0 0 0      !robust (biweight) mean chronology
(13) stabilize variance 0         0 !no variance stabilization performed
(14) common period years 0 0 0    !no common period analysis performed
(15) site-tree-core mask SSSTTCC !site-tree-core separation mask
(16) runningbar 50 25 0          !running rbar window/overlap (no plots)
(17) printout option 2           0 !summary & series statistics printed
(18) core series save 0          0 !no individual core series saved
(19) summary plots 0            0 !no spaghetti and mean chronology plots
(20) stand dynamics stuff 0       0 !no stand dynamics analyses done
running mean window 0           0 !running mean window width
percent growth change 0         0 !percent growth change threshold
std error threshold 0           0 !standard error limit threshold

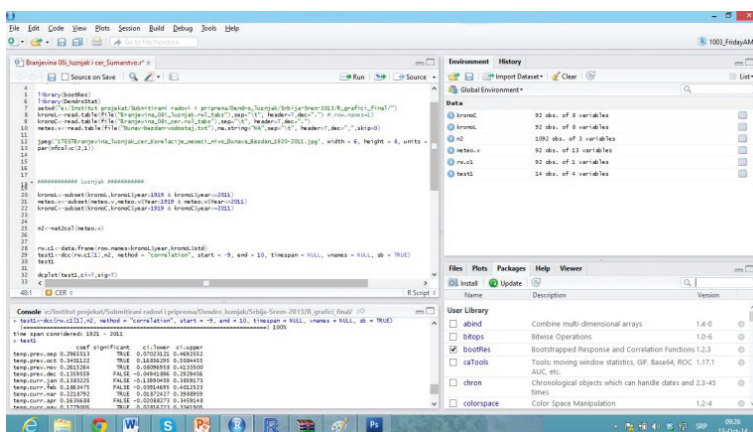
enter the option to change (<ret> = go) ==> 4

input control parameters from keyboard
hit<ret> for any specified default <parameters>

first tree-ring detrending option:
thetdetrending options (/ to exit, h for help):
Friedman variable span smoother -4
lowess robust smoothing method -4
median filter sharpening/smoothing -3
regional curve (rcs) detrending -2
first differences -1
nodetrending applied 0
negexpon curve (k>0), no = opt 4 1
negexpon curve (k>0), no = opt 5 2
negexpon curve (any k) 3
linear regression (any slope) 4
linear regression (neg slope) 5
horizontal line (arithmetic mean) 6
hugershoff growth curve 7
general negative exponential curve 8
smoothing spline (fixed n cutoff) >9
smoothing spline (pct n cutoff) <9 ==> -67
...

```

Слика 5. ARSTAN програм и команде за детрендовање извршене приликом овог истраживања
Figure 5. ARSTAN code for detrending implemented in this research

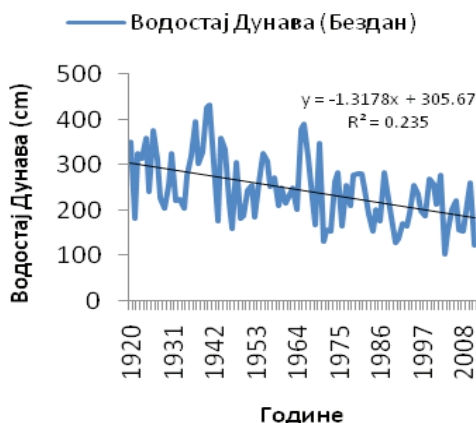


Слика 6. RStudio програмско окружење
Figure 6. Rstudio programming environment

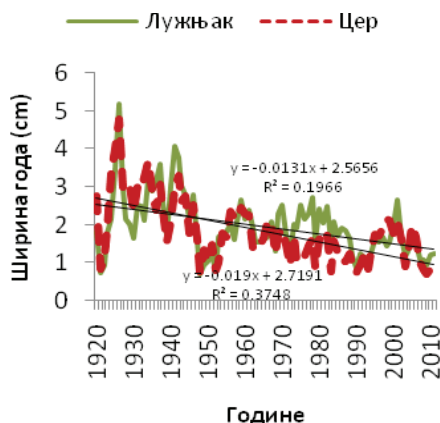
Графици су направљени помоћу Excel 2010 и Statistica 8.0. Целокупно истраживање обављено је уз сагласност и подршку ЈП за газдовање шумама 'Војводинашуме' Нови Сад.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Анализа водостаја реке Дунав на мерној станици Бездан, показала је дугорочни опадајући тренд за период 1920-2011. (слика 7). Поред тренда који се јавља код водостаја, сличан тренд примећен је и код прираста стабала за мешовиту састојину храста лужњака и цера (слика 8).



Слика 7. Средњи годишњи водостај Дунава за период 1920-2011 за мерну станицу Бездан са назначеним трендом
Figure 7. Mean annual water level of the Danube River for 1920-2011 for the measuring station Bezdan with the linear trend

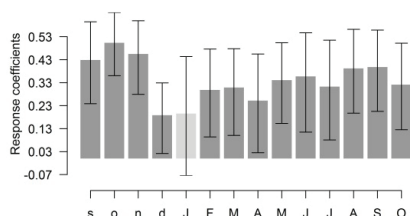


Слика 8. Ширине годова лужњака и цера у састојини 08i
Figure 8. Tree-ring widths of pedunculate oak and Turkey oak for stand 08i

Чињеница је да су обе врсте показале готово идентичне токове дебљинског прираста. С обзиром да смо на располагању имали временску серију водостаја на месеченом нивоу, извршена је корелациона анализа која је приказала повезаност прираста са водостајем у конкретним месецима (слика 9).

Водостај у готово свим месецима се показао као значајан предиктор прираста. Поставља се питање: Зашто су се јесењи месеци истакли више од пролетњих и летњих? Одговор можда лежи у годишњој расподели водостаја на Дунаву (слика 10), која указује да се најнижи водостаји јављају током јесени и зиме и да се потенцијално ради о лимитирајућем фактору за раст и виталност. Просечна брзина смањивања средњих годишњих водостаја у посматраном периоду износи око 1,32 cm/годишње. Разлози за смањење просечних годишњих водостаја морају се посматрати са више аспеката

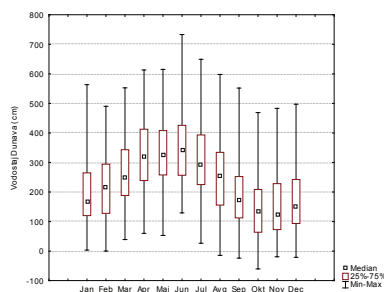
и захтевају обимну дубинску анализу. Поред евидентних климатских промена, морају се узети у обзир и чиниоци који су производ људског деловања. Током 19. и 20. века изведени су обимни радови на уређењу речног корита, који су подразумевали и просецање речних кривина. Негативна последица ове мере је локално повећање пада реке и брже отицање воде. У периоду од 1950. до 1995. године, на горњем Дунаву и његовим притокама у горњем делу слива, изграђено је 60 брана са хидроелектранама. Створена су вештачка језера и у потпуности је измењен природни режим протицаја, односно водостаја. Глобално повишење температура ваздуха узрокује и повећање испаравања воде са водених површина и тла. Поред тога, период после Другог светског рата представљао је период интензивног привредног раста подунавских земаља, а обележава га и значајан прираст становништва у великим градовима на Дунаву. Раст индустријске производње и пораст становништва узрокују и велику потражњу за свежеом водом. Иако нема значајнијег утицаја, не сме се у потпуности занемарити и чињеница да се у Бездану налази главни водозахват за снабдевање бачког дела каналске мреже ХС ДТД (устава на каналу Пригревица-Бездан и црпна станица Бездан).



Слика 9. Пирсонова корелација између средњих месечних вредности за водостај Дунава и ширине година за здружена стабла обе врсте у периоду 1920-2011. (тамном бојом: значајне корелације; малим словима: месеци претходне године; великим словима: месеци у години прираста; танке линије: интервал поверења од 95%).

Figure 9. Pearson's correlation between mean monthly water levels for the Danube River and tree-ring widths (dark colour: significant correlation; lowercase: months from the previous year; uppercase: months in the growing year; thin lines: confidence interval of 95%)

Ливадску црницу на лесу, присутну у овој састојини, по својим својствима сврставамо у полухидроморфна земљишта (Шкорић, А. *et al.*, 1985) која су под директним утицајем додатног влажења профила са осцилацијама подземне воде од 1 до 2 метра. Уколико је ниво Дунава виши у пролећним месецима, при кретању вегетације (март, април и мај), могу



Слика 10. Сезонски водостај реке Дунав на мерној станици Бездан за период 1920-2011. са назначеном медијаном, горњим и доњим кватрилом и минималним и максималним вредностима.

Figure 10. Seasonal water level of the Danube River for the measuring station Bezdan for 1920-2011 with the indicated upper and lower quartile and minimum and maximum values

се очекивати и виши нивои подземних вода, односно, повољнији услови за раст стабала. Период од августа до новембра карактеришу најнижи водостаји (слика 10), па тиме и најнижи нивои подземних вода што може негативно да утиче на виталност и прираст стабала. Већина узоркованих стабала већ се осушила, током изузетно сушне 2012. године, у којој је средња температура, у периоду април-октобар, била за око три степена виша, а сума падавина нижа у односу на просечне вредности за тај део године, за период 1961-1990. (Stojanović, D. *et al.*, 2013b). Такође, можда још битније је да је изузетно сушној 2012. години претходила врло слична 2011. година, у којој је чак било и мање падавина, али су температуре биле нешто ниже. Дугорочно смањење прираста води смањењу виталности, што у финалној фази може довести до сушења (Andersson, M. *et al.*, 2011). У шумама букве у Србији, Вучковић, М. *et al.* (2005) су, такође, забележили тенденцију смањења прираста и ширине година која дугорочно води дисбалансу између протока воде и хранљивих материја. Имајући то у виду, може се закључити да су две узастопне екстремно сушне године, удружено са дугорочним смањењем прираста, потенцијално биле главни разлог сушења стабала у мешовитој састојини лужњака и цера, као и да се истраживање у правцу бољег разумевања тих процеса треба наставити и у будућности.

4. ЗАКЉУЧЦИ

На основу истраживања спроведених у овом раду дошло се до следећих закључака:

- опадање прираста у мешовитој састојини лужњака и цера је имало сличан тренд као и тренд дугорочне промене водостаја Дунава;
- прираст храста лужњака у мешовитој састојини био је готово идентичан прирасту цера;
- дугорочни тренд опадања прираста, у садејству са високим температурама које су забележене током две узастопне, екстремно сушне године, потенцијално је био главни разлог забележеног сушења у истраживаној састојини.

Напомена: Истраживање је суфинансирано од стране Јавног предузећа за издвовање шумама „Војводинашуме“ Нови Сад, кроз пројекат „Унапређење стања низијских шума“ (2013-2017) и Покрајинској секретаријату за пољопривреду, водопривреду и шумарство, кроз пројекат „Истраживање процеса сушења шума у Војводини“ (2013-2014) и COST акције FP 1206 EUMIXFOR, STSM програмом за др Дејана Стојановића у Љубљани.

ЛИТЕРАТУРА

- Andersson M, Milberg P, Bergman K.O. (2011): Low pre-death growth rates of oak (*Quercus robur* L.) - Is oak death a long-term process induced by dry years? *Ann For Sci* 68(1): 159-168.
- Baillie, M.G., Pilcher, J.R. (1973): A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 33: 7-14.
- Bauer, A., Bobinac, M., Andrašev, S., Rončević, S. (2013): Devitalizacija stabala i sanitarne seče na trajnim oglednim površinama u sastojinama lužnjaka na području Morovića u periodu od 1994. do 2011. godine. *Glasnik šumarskog fakulteta*, 107: 7-26.
- Vajda, Z. (1948): Koji su uzroci sušenju hrastovih posavskih i donjopodravskih šuma. *Šumarski*

list 4: 105-113.

- Вучковић, М., Стајић, Б. Б., Радаковић, Н. (2005): Значај мониторинга прираста са аспекта биоиндикације виталности стабала и састојина. Шумарство, 57(1-2), 1-10.
- Dubravac, T., Dekanić S. (2009): Struktura i dinamika sječe suhih i odumirućih stabala hrasta lužnjaka u Spačvanskom bazenu od 1996. do 2006. godine, Šumarski list 133 (7-8): (391-405).
- Eckstein, D., Bauch, J. (1969): Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 88(1): 230-250.
- Zang, C. (2010): BootRes: Bootstrapped response and correlation functions. R package version 0.3.
- Levanič, T. (2007): ATRICS-A new system for image acquisition in dendrochronology. Tree-Ring Research, 63(2): 117-122.
- Manojlović, P. (1924): Sušenjehrastovih šuma (hrastlužnjak). Šumarski list, 10: 502.
- Medarević, M., Banković, S., Cvetković, Đ., Abjanović, Z. (2009): Problem sušenja šuma u Gornjem Sremu. Šumarstvo 61 (3-4), SITŠPD Srbije, Beograd (61-73).
- Pekeč, S., Belić, M., Nešić, Lj., Orlović, S., Ivanišević, P. (2011): Water physical properties of eugley in a protected part of alluvial plains of the central Danube Basin. African Journal of Agricultural Research, 6(7), 1717-1725.
- Pekeč, S., Orlović, S., Nesic, Lj., Belić, Lj., Ivanisevic, P., Kovacević, B., Katanic, M. (2012): The Dynamics of Groundwater in Different Forms of Fluvisol Soil in The Middle Danube Basin, BALWOIS 2012 - Ohrid, Republic of Macedonia.
- Stojanović, D., Levanič, T., Orlović, S., Matović, B. (2013a): Upotreba najsavremenijih dendroekoloških metoda u cilju boljeg razumevanja uticaja izgradnje savskog nasipa na sušenje hrasta lužnjaka u Sremu. Topola, 191/192, 83-90.
- Stojanović, D. B., Kržić, A., Matović, B., Orlović, S., Duputic, A., Djurdjević, V., Galić Z., Stojnić, S. (2013b): Prediction of the European beech (*Fagus sylvatica* L.) xeric limit using a regional climate model: An example from southeast Europe. Agricultural and Forest Meteorology, 176, 94-103.
- Thomas, F.M., Blank, R., Hartmann, G. (2002): Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. Forest Pathology 32(4-5), 277-307.
- Čater, M., Batič, F. (2006): Groundwater and Light Conditions as Factors in the Survival of Pedunculate Oak (*Quercus Robur* L.) Seedlings. European Journal of Forest Research 125: 419-426.
- Škorić, A., Filipovski G., Čirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Odeljenje prirodnih i matematičkih nauka, Knjiga 13, Sarajevo.

THE DANUBE WATER LEVEL AS A DRIVER OF POOR GROWTH AND VITALITY OF TREES IN THE MIXED PEDUNCULATE OAK-TURKEY OAK STAND

Dejan B. Stojanović

Tom Levanič

Bratislav Matović

Zoran Galić

Todor Bačkalić

Summary

This paper studies the impact of the Danube River water level on the growth and vitality of trees in the mixed pedunculate oak -Turkey oak stand in the Forest Administrative Unit 'Odžaci', Forest Management Unit 'Sombor' of The Public Enterprise 'Vojvodinašume'. The samples were taken in October 2013. The overview of dendrochronological methods is presented. A declining growth trend in recent decades and a significant correlation between the water level of the river Danube and the width of tree rings were determined. The correlation between tree-ring widths and monthly water levels was significant almost throughout the whole year. Both species had a declining growth trend similar to the water level trend. The water level had the lowest values in autumn. Besides the long-term declining trend in the water level of the Danube, two consecutive extremely dry years are stressed as a potentially major cause of the growth decline and dieback of trees in the studied stand.