

UDK: 528.8(282)(497.11)  
DOI: 10.5937/KonGef24103M  
Прегледни научни рад

## ПРОМЕНЕ ВЕГЕТАЦИЈСКОГ ПОКРИВАЧА У СЛИВУ СОКОБАЊСКЕ МОРАВИЦЕ

Милан Милетић<sup>1</sup>

**Апстракт:** Студија обухвата анализу вегетацијског покривача у периоду од 2000. до 2023. године у сливу Сокобањске Моравице. Анализа вегетације је извршена коришћењем Нормализованог индекса вегетације (Normalized difference vegetation index - NDVI). Примена ове методе огледа се у откривању површина на којима је шумска вегетација деградирана, откривању нелегалног крчења шума као и утврђивању промена земљишног покривача. Циљ рада је утврђивање промена вегетацијског покривача на територији слива. Резултати NDVI добијени су обрадом сателитских сцена Landsat 5 и Landsat 8 у софтверу QGIS. Прва сцена је забележена 05. јула 2000. године (Landsat 5), а друга 21. јула 2023. године (Landsat 8). Приликом анализе сателитских сцена идентификоване су врсте вегетацијског покривача на основу вредности NDVI. На картама је приказана вредност индекса у 2000. и 2023. години како би било лакше пратити текст и визуелно уочити промене на територији слива. На исти начин урађене су карте типова вегетације за исти период истраживања. Уочено је да је вегетацијски покривач у истраживаном периоду претрпео одређене промене. Највеће промене су забележене у Сокобањској, Алексиначкој и Дугопољској котлини, на ободу свих котлина и на падинама Ртња. Најмање промене забележене су у вишим деловима слива, односно на падинама Озрена, Девице, Буковика и Слемена. Утврђено је повећање површина под шумском вегетацијом за 87% у односу на период из 2000. године. Површина под мешовитим шумама се у односу на друге врсте земљишног покривача процентуално највише повећала. За разлику од њих површине под жбунастом вегетацијом су се драстично смањиле.

**Кључне речи:** Даљинска детекција, вегетацијски покривач, NDVI, сателитске сцене, временске промене

### УВОД

Даљинска детекција се данас користи за откривање, препознавање објеката, појава и процеса помоћу уређаја за даљинско снимање без директног контакта са предметом истраживања на топографској површини (Ladanyi i dr., 2011; Milanović i dr., 2019; Durlević i dr., 2022). Системи даљинског читавања пружају континуирани преглед топографске површине. Они имају способност праћења утицаја човека на животну средину (Jovanović i Milanović, 2015). Честа примена даљинске детекције у географији, односно у области заштите животне средине, огледа се у проучавању шума и пољопривредних површина. Веома је значајно праћење сезонских промена вегетације, посматрање степена развоја усева, анализа стања вегетације, појава пожара, поплава, загађења вода и ваздуха (Milanović i dr., 2016; Milanović i dr., 2017; Milanović i dr., 2019; Durlević i dr., 2022).

Велики значај даљинске детекције огледа се у њеној примени на теренима који су веома захтевни за истраживања попут стрмих и тешко проходних планинских падина (Franklin, 2001; Milanović i dr., 2019). Један од великих проблема јесте контрола и спречавање нелегалног крчења шума које у великој мери утичу на смањење површине под шумама. У већини земаља у Европи и свету један од проблема смањења шумских површина је промена газдинства над шумама. Површине под шумама нису више у надлежности државних органа. Последњих неколико деценија газдовање шумским површинама врше органи регионалне и локалне власти (Franklin, 2001; Brack, 2003, Blaster i dr., 2005; Edmunds i Wollenberg, 2013; Milanović i dr., 2019). Као један од проблема јавља се и убрзани индустријски развој неразвијених држава и држава у транзицији у регионима Африке, Азије, Јужне Америке и држава у Југоисточној Европи (Jovanović i dr., 2018).

Србија се одликује богатством бодиверзитета што је последица специфичног географског положаја, орографије терена, састава тла, надморске висине, рашчлањености рељефа,

<sup>1</sup> Докторанд, milanmiletic181@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2657-5374

експозиције терена и климатских услова (Tzedakis i dr, 2002; Marković i dr., 2014; Павловић, 2019a). На територији Србије је регистровано око 2 500 аутохтоних биљних врста због чега је она један од најбогатијих предела Европе (Родић и Павловић, 1994).

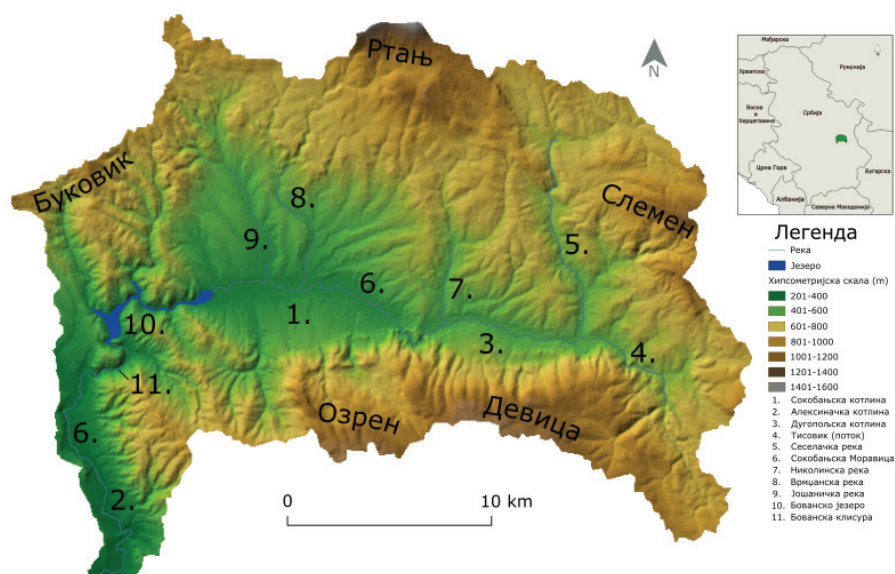
Vasić i Stevanović (1995) истичу да се простор Балканског полуострва и Србије налази под вековним утицајем човека који је својим деловањем изменио природне екосистеме. Човекове делатности које доводе до деградације екосистема су пре свега утицаји пољопривреде, шумарства, водопривреде, урбанизације, инфраструктуре, рударства, туризма, лова и риболова. Природна вегетација је деградирана људским активностима и због тога је очување вегетације и мониторинг од великог значаја (Milanović i dr., 2019). На деградацију шумских екосистема утиче нелегално крчење шума које је последица слабе контроле националних и локалних органа (Markus-Johansson i dr., 2010; Jovanović i dr., 2018; Milanović i dr., 2019; Durlević i dr., 2022).

Велики број научника је крајем 20. и почетком 21. века анализирао квалитет вегетације на територији Србије. Сви они су утврдили да су се површине под шумама смањиле док су се урбане површине удвостручиле. У већини спроведених истраживања површине под шумама се нису поклапале са процењеним површинама Завода за статистику Републике Србије. Према њиховим наводима индекси вегетације су се показали као ефикасне методе за процену шумских површина у циљу спречавања нелегалне сече (Sahebjalal i Dashtekian, 2013; Rašković, 2015; Jovanović i Milanović, 2015; Jovanović i dr., 2015; Jovanović i dr., 2018; Milanović i dr., 2019; Durlević i dr., 2022).

Главни предмет истраживања рада је територија слива Сокобањске Моравице. Предмет истраживања биле су и површине под шумама као и пољопривредне површине. Студија обухвата анализу земљишног покривача, односно типова вегетације од највиших области у сливу до ушћа Сокобањске Моравице у Јужну Мораву. Циљ рада је утврђивање промена које су се десиле у периоду од 2000. до 2023. године као и анализа узрока који су довели до таквих промена.

## ОБЛАСТ ИСТРАЖИВАЊА

Студија обухвата територију слива Сокобањске Моравице, притоке Јужне Мораве. Сокобањска Моравица настаје спајањем два потока Изгаре и Тисовика на ободу Сокобањске котлине. Укупна дужина реке је 57 km (Павловић, 2019a). Површина слива износи 606 km<sup>2</sup> (Гавриловић и Дукић, 2014). У свом горњем току река често остаје без воде. Велики део воде у том делу тока Сокобањска Моравица добија од Сесалачке реке и крашког врела Моравице. Низводно од врела река тече кроз Дугопољску котлину на дужини од 9 km. Између Дугопољске и Сокобањске котлине река је усекла епигенетску клисуру Сокоград. У Сокобањској котлини, до Бованске клисуре, река тече правцем исток-запад на дужини од 14 km. У Бованској клисури река је преграђена браном и створено вештачко Бованско језеро. Низводно од Бованске клисуре до ушћа у Јужну Мораву река тече ободом Алексиначке котлине правцем север-југ (Гавриловић и Дукић, 2014; Павловић, 2019a; Павловић, 2019b). Просечна надморска висина слива је 581 m. Најнижа тачка у сливу је на месту ушћа Сокобањске Моравице у Јужну Мораву и износи 161 m н.в, док је највиша на планини Ртањ на коти од 1560 m н.в (Слика 1).



Слика 1. Положај слива Сокобањске Моравице

Према Томиславу Ракићевићу (1980) дно и обод Сокобањске котлине припада Сокобањско-књажевачком климатском рејону. Рејон се одликује умерено-континенталном климом. Лета су топла док су зиме блаже. Због малих количина падавина планински део слива је сув, без извора и већих токова. Јака врела и извори се јављају у подножју планина. Највеће врело у сливу је врело Моравице у близни Читлука (Павловић, 2019б). Део слива који припада Алексиначкој котлини припада Нишко-лесковачком климатском рејону. На територији која припада овом климатском рејону бележе се највише средње месечне температуре ваздуха у Србији, тако да је вегетациони период дужи од 260 дана годишње (Ракићевић, 1980; Павловић, 2019а).

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

У раду су обрађене две сателитске сцене резолуције 30 m забележене Landsat сателитима. Прва сцена је забележена 05. јула 2000. године, а друга 21. јула 2023. године. Обе сцене у различитим таласним дужинама обрађене су у софтверу QGIS Desktop 3.28.2 (Табела 1). Све сцене су настале при времену без облака (облачност од 0%) у циљу уклањања атмосферских ефеката приликом добијања резултата. Како истичу Milanović i dr. (2019) на сателитским сценама које су доступне на веб страници Геолошког завода Сједињених Америчких Држава (United States Geological Survey - USGS) је извршена атмосферска корелација тако да није потребно додатно обрадити снимке.

Табела 1. Коришћене сателитске сцене у анализи - Landsat 5 (2000) и Landsat 8 (2023)

Спектрални опсег слика (Band)	Landsat 5		Landsat 8	
	Таласна дужина (µm)	Резолуција (m)	Таласна дужина (µm)	Резолуција (m)
Band 1	0,45-0,52	30	0,43-0,45	30
Band 2	0,52-0,60	30	0,45-0,51	30
Band 3	0,63-0,69	30	0,53-0,59	30
Band 4	0,76-0,90	30	0,64-0,67	30
Band 5	1,55-1,75	30	0,85-0,88	30
Band 6	10,40-12,50	120	1,57-1,65	30
Band 7	2,08-2,35	30	2,11-2,29	30
Band 8	/	/	0,50-0,68	15
Band 9	/	/	1,36-1,38	30
Band 10	/	/	10,60-11,19	100
Band 11	/	/	11,50-12,51	100

Анализа промене вегетацијског покривача извршена је коришћењем Нормализованог индекса вегетације (Normalized difference vegetation index - NDVI). Како наводе Jensen (2007), Ladanyi i dr. (2011), Jovanović i dr. (2018) и Milanović i dr. (2019) NDVI је један од најчешће примењених индекса вегетације. NDVI се користи за оцењивање динамике вегетације, показује промену количине зелене биомасе, количину хлорофила и водени стрес на површини листа (Ladanyi i dr., 2011).

Индекс је изведен из мерења оптичке рефлексије сунчеве светлости у различитим таласним дужинама због чега је осетљив на услове екосистема (Ollinger, 2011; Liu i dr., 2015; Durlević i dr., 2022). Како наводе Wang и Tenhunen (2004), Ladanyi i dr. (2011), Jovanović i Milanović (2015) и Milanović i dr. (2019) NDVI се односи на спектралну апсорпцију хлорофила у црвеној боји (RED) са рефлексијом у блиском инфрацрвеном спектру (NIR) под утицајем врсте листова. Једна од најзначајнијих чињеница је да пигменти хлорофила листова биљака апсорбују зрачење у видљивом делу спектра од 0,4 µm до 0,7 µm. Управо су ове вредности спектра значајне за процес фотосинтезе. Значајно је рећи да листови биљака рефлектују зрачење у блиском инфрацрвеном делу спектра од 0,7 µm до 1,1 µm. NDVI може имати вредности између -1 и 1. Негативне вредности представљају водене површине, терене без вегетације, док су позитивне вредности карактеристичне за вегетацију (Ladanyi i dr., 2011; Milanović i dr., 2019). Индекс се рачуна применом следеће формуле:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

при чему је NIR вредност близу инфрацрвеног дела спектра, а RED је вредност црвеног (видљивог) дела спектра (Ladanyi i dr., 2011; Jovanović i Milanović, 2015; Milanović i dr., 2019). Формула је примењена коришћењем калкулатора за обраду растерских слика у софтверу QGIS.

Након добијања вредности NDVI било је неопходно класификовати терене у 9 категорија према типу вегетације. Класификација је извршена на исти начин као што су то применили Milanović i dr. (2019) у свом истраживању. Терени чија је вредност индекса била између -1-0 су окарактерисани као терени без вегетације. Терени чија је вредност индекса била између 0-0,122 су представљали ливаде, између 0,123-0,174 били су терени са ретком вегетацијом, између 0,175-0,230 терени који су представљали жбунасту вегетацију, између 0,231-0,262 били су терени под виновом лозом, док су воћњаци имали вредност 0,263-0,291. Листопадне (широколисне) шуме су имале вредност од 0,292 до 0,438, мешовите шуме од 0,439 до 0,525, док су четинарске шуме имале вредности веће од 0,526 (Табела 2).

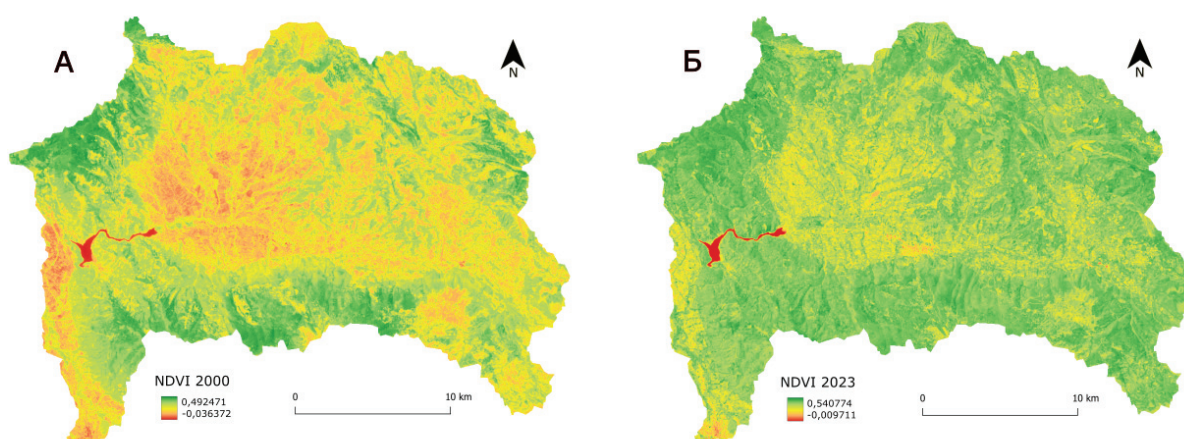
Табела 2. Вредности NDVI за вегетацијски покривач земљишта

Вегетацијски покривач земљишта	Вредност NDVI
Терени без вегетације	-1-0
Ливаде	0-0,122
Оскудна вегетација*	0,123-0,174
Жбунаста вегетација	0,175-0,230
Виногради	0,231-0,262
Воћњаци	0,263-0,291
Листопадне (широколисне) шуме	0,292-0,438
Мешовите шуме	0,439-0,525
Четинарске шуме	0,526-1

\*Пољопривредно земљиште припада типу оскудне вегетације

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Анализом сателитских сцена из 2000. и 2023. године уочене су велике промене вегетацијског покривача у сливу. Најниже вредности индекса на сателитским сценама забележене су у Сокобањској котлини и њеном ободу, области која се поклапа са територијом Бованског језера и долином Сокобањске Моравице низводно од Бованске клисуре (ободу Алексиначке котлине). Највеће промене у анализираном периоду су уочене у долини Сокобањске Моравице, на истоку, северу и југозападу слива. Значајне промене у саставу вегетације десиле су се у источном делу Сокобањске котлине, на падинама Ртња и Девике (Слика 2).

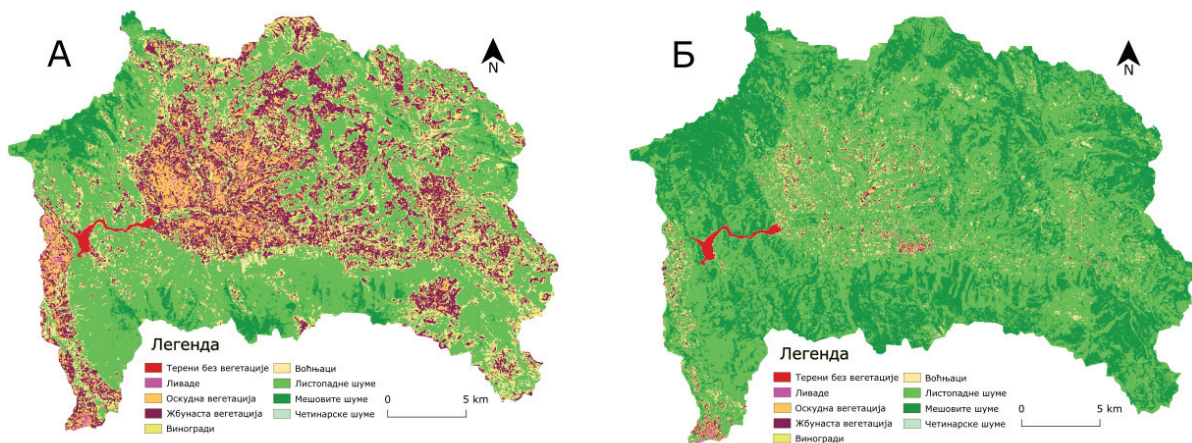


Слика 2. Вредности NDVI у сливу Сокобањске Моравице (А – 2000. година, Б- 2023. година)

Негативне вредности NDVI у 2000. години су обухватале 0,12% територије слива. Према вредностима индекса у тој години, површина под шумама је обухватала 49,9% површине слива, док је површина осталих типова вегетације износила 49,98%. У периоду 2000-2023. године десиле су се драстичне промене у саставу вегетације. У 2023. години површине без вегетације и водене површине су обухватале 0,16% територије слива. Њихово повећање у периоду истраживања је износило око 33%. Регистровано је значајно смањење површина ливада, оскудне вегетације, пољопривредног земљишта, жбунасте вегетације, винограда и воћњака. Према вредностима

NDVI ове површине су обухватале 6,53% територије слива. Њихова површина се смањила 7,65 пута у односу на период из 2000. године. Територија под шумском вегетацијом у истом периоду се повећала тако да је у 2023. години износила 93,31% површине слива, односно 566,22 km<sup>2</sup>. Укупно повећање површине под шумском вегетацијом је износило 87%. Пошумљеност слива је била далеко изнад Републичког просека који је износио 30% (Јовановић и др., 2018; Милановић и др., 2019). До сличних резултат су дошли Милановић и др. (2019) који су утврдили да су у општини Јагодина површине под шумама биле изнад Републичког просека и да им се повећала површина у периоду 2006-2014. године.

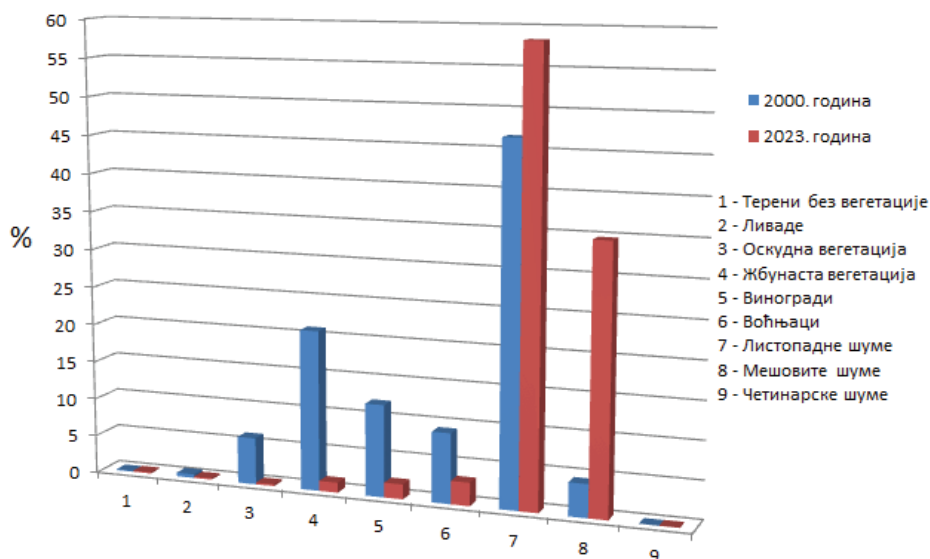
Могуће је уочити да површине под лишћарским, мешовитим и четинарским шумама преовлађују у сливу Сокобањске Моравице (Слика 3). У оба анализирана периода лишћарске (широколисне) шуме су обухватале највећу површину у сливу. У 2000. години површина је износила 28 308,83 ха, односно 46,64% територије слива. Њихова површина се повећала до 2023. године за 11,69%, тако да је износила 35 398,56 ха. У 2023. години оне су захватале 58,33% укупне површине слива. Тренд повећања шумских површина запажа се и код мешовитих шума. Укупна површина 2000. године је износила 2 643,17 ха, односно 4,36% укупне површине слива. У 2023. години се њихова површина повећала за 18 416,32 ха, тако да је 34,70% површине слива било прекривено мешовитим шумама. Велике промене су се десиле са типом четинарских шума. Оне нису регистроване 2000. године у сливу, док су 2023. године захватале површину од 16,29 ха (Слика 3). Претпоставка је да нису регистроване 2000. године због растерске слике чија је резолуција била 30 m, лошег квалитета сателитских сцена и застареле опреме сателита. Постоји могућност да су постојале четинарске шуме али само у траговима, односно на површинама мањим од 900 m<sup>2</sup> колико износи површина једног пиксела на сателитским сценама. У периоду од 23 године оне су могле да прошире своје ареале и да буду регистроване.



Слика 3. Типови вегетације добијени на основу вредности NDVI (А – 2000. године, Б – 2023. година)

У периоду истраживања дошло је до драстичног смањења површина под виноградима и воћњацима. У 2000. години површине под виноградима су обухватале 12,07% површине слива, односно 7 321, 98 ха. Њихова површина је 2023. године износила 1190,45 ха што је 6,15 пута мање. Површине под воћњацима су се смањиле са 9,20% у 2000. години на 3,05% у 2023. години. Запажа се смањење површина под жбунастом вегетацијом која се смањила 15,94 пута до 2023. године. Терени под жбунастом вегетацијом су 2000. године обухватали 20,97% површине слива, док је 2023. године њихова површина била само 1,32%. Терени са оскудном вегетацијом и пољопривредне површине су 2023. године имале површину од 152,12 ха. Њихова површина се у периоду истраживања значајно смањила. На почетку анализираних периода захватале су површину од 3 728,74 ха (Слика 4).

Најмање промене имале су површине под ливадама, терени без вегетације и водене површине. Површине под ливадама су се смањиле 2,46 пута до 2023. године. Површине без вегетације су се повећале. На почетку истраживања њихова површина је износила 73,17 ха, док су 2023. године обухватале 94,86 ха. У сливу постоји једна велика вештачка творевина – Бованско језеро, али се његова површина није променила у односу на период из 2000. године. Површине без вегетације у 2000. и 2023. години су регистроване на територији руралних и урбаних насеља. За разумевање временских промена терена без вегетације је значајно навести два града у сливу јер површине тих градова имају регистроване терене без вегетације. Те области су у периоду истраживања претрпеле најмање промене. Број становника се смањило али су се урбане површине Алексинца и Сокобање повећале што је могуће уочити на Сликама 2 и 3.



Слика 4. Удео типова вегетације у укупној површини слива према вредностима NDVI (%)

До промене структуре земљишног покривача утицало је и смањење становништва у насељима која се налазе на територији слива. На територији слива налазе се две урбане средине – Алексинац и Сокобања, и 29 руралних средина. У периоду истраживања број становника се у свим урбаним и руралним срединама смањило. Према попису из 2002. године, у насељима која припадају сливу је живело 39 347 становника. Број становника се смањило до последњег пописа из 2022. године. Према последњем попису у сливу живи 30 229 становника, што представља смањење за 23,17%.

Број становника се у насељима која припадају општини Алексинац константно смањивао. Број становника општине Алексинац се у периоду од пописа 2002. године до пописа 2022. године смањило 25,4% (Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, 2014; <https://publikacije.stat.gov.rs/G2022/Html/G20221350.html>; <https://popis2022.stat.gov.rs/sr-cyrl/popisni-podaci-eksel-tabele/>). Према попису из 2002. године у Алексинцу је живео 17 171 становник, док је према попису из 2011. године живео 16 685 становника (Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, 2014). Према подацима последњег пописа из 2022. године у граду је живело 14 593 становника. Броја становника у Алексинцу се у периоду истраживања смањило за 15,01%. Број становника се у селу Бован смањило за 42,24% између пописа из 2002. и 2022. године. У истом периоду број становника се у селу Суботинац смањило 31,57%, док је смањење становништва у селу Краљево износило 26,77%. Најмање смањење становништва забележено је у селу Вакуп где се број становника у анализираном периоду смањило 4,59%. У свим руралним срединама у периоду истраживања дошло је до драстичног смањења становништва што је утицало и на смањење пољопривредне производње, односно деаграризације. Званични подаци последњег пописа о пољопривредним и шумским површинама нису објављени али би значајно било искористити их у будућим истраживањима да би се боље разумеле временске промене типова вегетације у сливу.

До сличних промена је дошло и у општини Сокобања. У општини је 2002. године живео 18 571 становник. Број се драстично смањило према попису из 2011. године када је у општини живео 16 021 становник. Према подацима последњег пописа из 2022. године у општини живи 13 199 становника (Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији, 2014; <https://publikacije.stat.gov.rs/G2022/Html/G20221350.html>; <https://popis2022.stat.gov.rs/sr-cyrl/popisni-podaci-eksel-tabele/>). У анализираном периоду број становника се смањило 28,93% што је директно утицало и на убрзани процес деаграризације. На запуштеним пољопривредним површинама и теренима са оскудном и жбунастом вегетацијом природни екосистеми су се константно развијали и допринели повећању шумских површина.

## ЗАКЉУЧАК

У анализи вегетацијског покривача на територији слива Сокобањске Моравице уочене су велике могућности примене NDVI. Оне се огледају у праћењу и процени временских промена земљишног покривача. Анализом сателитских сцена Landsat 5 и Landsat 8 уочене су драстичне

промене састава вегетације у периоду од 2000. до 2023. године. Утврђено је да су се површине без вегетације повећале за 33%. Један од узрока може бити повећање урбаних површина Алексинца и Сокобање. Градови су се територијално проширили али се број становника у њима смањило. У сливу постоји једна велика вештачка акумулација - Бованско језеро, али није уочена промена њене површине. Нове површине без вегетације у 2023. години регистроване су у Сокобањској котлини и ободу Алексиначке котлине.

Значајно је смањење површина под ливадама, воћњацима и виноградима што се повезује са депопулацијом и деаграризацијом. Драстично смањење површина под жбунастом вегетацијом се може објаснити развојем екосистема и постепеним развојем шумске вегетације. Ово је један од кључних узрока који су довели до повећања површина под шумском вегетацијом. Површине под жбунастом вегетацијом су 2000. године захватале петину површине слива, док су у 2023. години захватале само 1,32% површине слива.

Површине под шумама су се у анализираном периоду (2000-2023) повећале са 49,9% на 93,31% укупне површине слива. Највећи утицај имало је смањење броја становника у периоду истраживања. Смањење броја становника је у већини насеља на територији слива било двоцифрено тако да је директно утицало на смањење пољопривредних површина. Пољопривредне површине су се у анализираном периоду смањиле 24,5 пута.

У сливу је дошло до повећања површина под шумама тако да није могуће уочити области које су угрожене нелегалном сечом. Примена NDVI нам може помоћи у истраживањима земљишног покривача у циљу откривања области у којима је потребно спровести мере пошумљавања и смањења ерозије. Будућа истраживања нам могу помоћи у разумевању промена које су се десиле и које се дешавају под утицајем природних и антропогених фактора.

## ПРИЗНАЊА

Аутор рада, Милан Милетић, је стипендиста Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије (Број уговора: 451-03-1150/2023-03/3231; Анекс уговора: 451-03-1002/2024-03/3231).

## ЛИТЕРАТУРА

- Blaster, J., Contreras, A., Oksanen, T. Puustjarvi, E., Schmithusen, F. (2005). Forest law enforcement and governance process for Europe and northern Asia. *World bank, Washington DC*.
- Brack, D. (2003). Illegal logging and the illegal trade in forest and timber products. *International Forestry Review*, 5 (3), 195-198.
- Durlević, U., Milinčić, U., Petrović, D. (2022). Primena daljinske detekcije u monitoringu vegetacijskog pokrivača na teritoriji nacionalnog parka Kopaonik. *Zbornik radova mladih istraživača Devetog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učesćem „Lokalna самоуправа u planiranju i uređenju prostora i naselja“*. Veliko Gradište, 63-69.
- Edmunds, D. S., Wollenberg, E. K. (2013). *Local forest management the impacts of devolution policies*. Routledge.
- Franklin, S. E. (2001). Remote sensing for sustainable forest management. *Lewis Publishers, London*, 407.
- Гавриловић, Љ., Дукић, Д. (2014). *Реке Србије*. Београд. Завод за уџбенике.
- Jensen, J. R. (2007). *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Upper Saddle River, NJ, Prentice - Hall.
- Jovanović, M. M., Milanović, M. M. (2015). Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) as the Basis for Local Forest Management. Example of the Municipality of Topola, Serbia. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24 (2).
- Jovanović, D., Govedarica, M., Sabo, F., Bugarinović, Ž., Novović, O., Beker, T., Lauter, M. (2015). Land cover change detection by using remote sensing: A case study of Zlatibor (Serbia). *Geographica Pannonica*, 19 (4), 162-173.
- Jovanović, M., Milanović, M., Zorn, M. (2018). The use of NDVI and CORINE Land Cover databases for forest management in Serbia. *Acta Geographica Slovenica-Geografski Zbornik*, 58 (1), 109-123.
- Ladanyi, Z., Rakonczai, J., Van Leeuwen, B. (2011). Evaluation of precipitation-vegetation interaction on a climate-sensitive landscape using vegetation indices. *Journal of Applied Remote Sensing*, 5 (1), 053519-053519.
- Liu, Y., Li, Y., Li, S., Motesarrei, S. (2015). Spatial and temporal patterns of global NDVI trends: correlations with climate and human factors. *Remote sensing*, 7 (10), 13233-13250.
- Marković, S. B., Korać, M., Mrdić, N., Buylaert, J. P., Thiel, C., McLaren, S. J., Stevens, T., Tomić, N., Petić, N., Jovanović, M., Vasiljević, D. A., Sumegi, P., Gavrilov, M. B., Obrecht, I. (2014). Palaeoenvironment and geoconservation of mammoths from the Nosak loess-palaeosol sequence (Drmno, northeastern Serbia): initial results and perspectives. *Quaternary International*, 334, 30-39.

- Markus-Johansson, M., Mesquita, B., Nemeth, A., Dimovski, M., Monnier, C., Kiss-Parciu, P. (2010). *Illegal Logging in South Eastern Europe*. Szentendre: The Regional Environmental Center for Central and eastern Europe.
- Milanović, M., Perović, V., Tomić, M., Lukić, M., Nenadović, S. S., Radovanović, M., Ninković, M. M., Samardžić, I., Miljković, Đ. (2016). Analysis of the state of vegetation in the municipality of Jagodina (Serbia) through remote sensing and suggestions for protection. *Geographica Pannonica*, 20 (2), 70-78.
- Milanović, M., Tomić, M., Perović, V., Radovanović, M., Mukherjee, S., Jakšić, D., Petrović, M., Radovanović, A. (2017). Land degradation analysis of mine-impacted zone of Kolubara in Serbia. *Environmental Earth Sciences*, 76, 1-10.
- Milanović, M., Micić, T., Lukić, T., Nenadović, S. S., Basarin, B., Filipović, D., Tomić, M., Samardžić, I., Srdić, Z., Nikolić, G., Ninković, M. M., Sakulski, D., Ristanović, B. (2019). Application of Landsat-derived NDVI in monitoring and assessment of vegetation cover changes in Central Serbia. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 14 (1), 119-129.
- Ollinger, S. V. (2011). Sources of variability in canopy reflectance and the convergent properties of plants. *New Phytologist*, 189 (2), 375-394.
- Павловић, М. (2019а). *Географија Србије 1*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- Павловић, М. (2019б). *Географске регије Србије 2, Планинско-котлинско долињска макрорегија*. Београд: Универзитет у Београду – Географски факултет.
- Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Републици Србији. *Упоредни преглед броја становника 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002, 2011*. Републички завод за статистику Београд, 2014, Књига 20.
- Попис становништва, домаћинства и станова – Попис 2022, Завод за статистику Републике Србије. Делимично доступно на: <https://publikacije.stat.gov.rs/G2022/Html/G20221350.html> (Приступљено 06. марта 2024. године).
- Попис становништва, домаћинства и станова – Попис 2022, Завод за статистику Републике Србије. Делимично доступно на: <https://popis2022.stat.gov.rs/sr-cyrl/popisni-podaci-eksel-tabele/> (Приступљено 21. маја 2024. године).
- Rašković, D. (2015). Anthropogenic impacts on the stability of the forest ecosystems in Belgrade-comparative analysis of Košutnjak Forest and Zvezdarska Forest. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 95 (4), 195-214.
- Ракићевић, Т. (1980). Климатско рејонирање СР Србије. *Зборник радова Географског института Природно-математичког факултета Универзитета у Београду*, 27, 29-40.
- Родић, Д., Павловић, М. (1994). *Географија Југославије 1*. Београд: Савремена администрација.
- Sahebjalal, E., Dashtekian, K. (2013). Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. *African Journal of Agricultural Research*, 8 (37), 4614-4622.
- Tzedakis, P. C., Lawson, I. T., Frogley, M. R., Hewitt, G. M., Preece, R. C. (2002). Buffered tree population changes in a Quaternary refugium: evolutionary implications. *Science*, 297 (5589), 2044-2047.
- United states Geological Survey (USGS), EarthExplorer. Делимично доступно на: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Приступљено 21. фебруара 2024. године).
- Vasić, V., Stevanović, V. (1995). Pregled antropogenih faktora koji ugrožavaju biodiverzitet Jugoslavije. Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja. *Biološki fakultet i Ecolibri, Beograd*, 18-35.
- Wang, Q., Tenhunen, J. D. (2004). Vegetation mapping with multitemporal NDVI in North Eastern China transect (NECT). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6 (1), 17-31.

## CHANGES IN THE VEGETATION COVER IN THE SOKOBANJSKA MORAVICA BASIN

Milan Miletić<sup>2</sup>

**Abstract:** The study includes an analysis of vegetation cover in the period from 2000 to 2023 in the Sokobanjska Moravica basin. The vegetation analysis was carried out using the Normalized difference vegetation index (NDVI). The application of this method is reflected in the detection of areas where forest vegetation has been degraded, in the detection of illegal deforestation and in the determination of changes in land cover. The aim of the work is to detect changes in vegetation cover in the catchment area. The NDVI results were obtained by processing Landsat 5 and Landsat 8 satellite scenes in the QGIS software. The first scene was recorded on July 5, 2000 (Landsat 5), the second on July 21, 2023 (Landsat 8). When analysing the satellite scenes, the types of vegetation cover were identified on the basis of the NDVI values. The maps show the value of the index in 2000 and 2023 to make it easier to follow the text and visually observe the changes in the basin area. In the same way, maps vegetation types were created for the same study period. It was found that the vegetation cover underwent certain changes during the studied period. It was observed that the vegetation cover underwent certain changes during the period studied. The greatest changes were observed in the Sokobanjska, Aleksinacka and Dugopoljska basins, on the edge of all basins and on the slopes of the Rtanj. The smallest changes were observed in the higher parts of the basin, i.e. on the slopes of Ozren, Devica, Bukovik and Slemen. The area of forest vegetation has increased by 87% compared to the period since 2000. The area with mixed forests has increased the most in percentage terms compared to other land cover types. In contrast, the areas with scrub vegetation have decreased drastically.

**Keywords:** remote sensing, vegetation cover, NDVI, satellite scenes, weather changes

---

<sup>2</sup> Ph.D. student, milanmiletic181@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2657-5374