

UDK: 551.3.053
Оригинални научни рад
DOI: 10.2298/GSF1614075L

УТИЦАЈ СОЦИО-ДЕМОГРАФСКИХ ФАКТОРА НА СТАЊЕ ЕРОЗИОНИХ ПРОЦЕСА НА РУРАЛНОМ ДЕЛУ ОПШТИНЕ ВОЖДОВАЦ

MSc Катарина Лазаревић, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет
др Миодраг Златић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет (miodrag.zlatic@sfbg.ac.rs)
др Станимир Костадинов, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет

Извод: Предмет истраживања овог рада је утицај антропогених фактора на стање ерозије на руралном делу општине Вождовац. Циљ истраживања је анализа утицаја локалног становништва на земљишне ресурсе, на основу ранијих и садашњег стања ерозионих процеса и продукције наноса, начина коришћења земљишних ресурса, као и природног и механичког кретања становништва. Општина Вождовац је једна од 17 општина на подручју Београда која се простире на површини од 15.000 *ha*. Територија општине обухвата урбани и рурални део (9216 *ha*). Са аспекта начина коришћења земљишних ресурса она је карактеристичан пример појаве ерозионих процеса на брдском подручју Београда. У раду је приказана анализа степена ерозионе угрожености пољопривредног земљишта општине Вождовац у три периода (1971; 1988; 2012), при чему је коришћена Метода потенцијала ерозије професора Гавриловића, а прорачун продукције наноса урађен је по методи С. Гавриловића. Анализа демографских указала је на утицај антропогених фактора на стање ерозије. Коришћене су математичке методе – геометријска и експоненцијална прогресија за пројекције становништва у 2020. и 2030. години. Резултати овог истраживања показали су да је интензитет ерозије на датом подручју значајно смањен и да има тенденцију даљег опадања.

Кључне речи: ерозија, земљишни ресурси, демографски параметри, продукција наноса

УВОД

Земљиште као производ узајамног деловања педогенетских фактора (*Filipovski i Ćirić, 1963*) је национално благо и о њему мора да се брине читава заједница. С обзиром на пораст становништва у свету, проблематика заштите земљишта од ерозије мора имати адекватно место приликом управљања истим.

Ерозија је један од видова деградације земљишта које је практично необновљив ресурс. Ерозија је физички процес узрокован социоекономским, културним и политичким факто-

рима, који зависи од својства земљишта, нагиба, вегетације, количине и интензитета падавина (*Lal, 2001; Zlatić, 1995*). Деградација земљишта убрзаном ерозијом је хроничан проблем још од зачетка пољопривреде, који је погоршан порастом броја људи и животиња и неадекватним начином коришћења земљишта на брдско-планинским теренима (*Montgomery, 2007*). Према наведеном степен деградације земљишта је условљен природним и антропогеним факторима (*Lal, 2001*).

Антропогени фактори, односно начин коришћења земљишних и водних ресурса су једни од најзначајнијих фактора ерозионих процеса како у негативном, тако и у позитивном смислу (Zlatić, 1998). Свакако да се негативан утицај огледа у формирању пољопривредних површина на нагибима и површинама које нису адекватне за пољопривређивање, а формирају се чистим сечама шума. Губитак заштитних функција шума манифестује се и кроз кресање лисника у циљу обезбеђивања зимске сточне хране, затим обрадом и садњом култура низ нагиб и сл. Позитивна човекова делатност манифестује се кроз контурну обраду земљишта, контурну садњу култура, примену противерозионих плодореда, изградњу плетера, попречних објеката од камена у бујичним водотоковима, оптималну испашу (адекватан број сточног фонда по јединици површине) и сл. Адекватан начин коришћења земљишта утиче на микробиолошку активност, плодност земљишта и сл.

На интензитет ерозије, човек може утицати директно (коришћењем земљишта, експлоатацијом шумских ресурса и спровођењем антиерозивних мера) и индиректно (Dragičević i sar., 2009). Индиректни антропогени утицаји на интензитет ерозије одликују се интензивирањем урбанизације и индустријализације, при чему се у сеоским насељима и пољопривреди изазива смањење броја пољопривредног становништва, смањење пољопривреде, и појаву празних сеоских домаћинстава. Промена коришћења земљишта условљава и промену интензитета ерозионих процеса, па тако човек посредно условљава смањење интензитета ерозионих процеса (Zlatić, 1983; Dragičević, Stepić, 2006; Babović, Zlatić, 2012).

Процеси старења и депопулације сеоских насеља, миграције у правцу село-град, маргинализација пољопривреде и смањење сточног фонда, проузрокују промене у начину коришћења земљишта. Напуштене пољопривредне површине сукцесивно прелазе у пашњаке или шуме (Dragičević i Stepić, 2006; Tošić et. al., 2012), што утиче на смањење ерозије у сливу.

Према Yang-у, негативна људска активност повећава ерозију земљишта за око 60% у свим деловима света (Yang et. al., 2003). Позитиван пример је слив реке Нил, где вештачко навод-

њавање помаже расту вегетације и смањењу ерозије земљишта, док се негативан пример може видети у регионима попут Сибира и слива реке Амазон, где се крчење шума може удвојити као главни разлог повећања ерозије (Yang et. al., 2003).

У погледу ерозионих процеса практично цела територија Републике Србије је под утицајем ерозије различитог интензитета. Штете се огледају кроз: губитак земљишта, губитак плодности земљишта, штета нанетих животној средини. У оквиру овог истраживања анализирани су промене ерозионих процеса на руралном делу општине Вождовац у контексту антропогених фактора.

Необрађени и запуштени поседи указују на потребу разматрања демографских и социјално-економских фактора који утичу на процес смањења интензитета ерозије. Управо демографске промене, које су посматране, дају релевантније и упоредивије податке о односу становништва и пољопривредних површина, тј. о узрочно-последичној вези антропогеног чиниоца и интензитета ерозије (Dragičević i Stepić, 2006).

МЕТОДОЛОГИЈА И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

За израчунавање интензитета ерозије 1971. године коришћене су карте интензитета ерозије размере 1:50.000 и програм ArcMap 10. Стање ерозије за 1988. годину анализирано је на основу података из елабората "Програм заштите од ерозије и предлог проглашења ерозионих подручја са прописом противерозионих мера на подручју општине Вождовац" који је урађен од стране Института за шумарство и дрвну индустрију и ООУР Института за истраживање, пројектовање и инжењеринг. За садашње стање ерозије примењена је карта ерозије урађена према Методи потенцијала ерозије. Коришћени су подаци о начину коришћења земљишта из Corine Land Cover базе података за 2012. годину, дигитални модел терена, геолошка карта и педолошка карта, тренско рекогносцирање истражног подручја и програм ArcMap10. За оцену стања ерозионих процеса у сва три наведена периода коришћена је Ме-

тода потенцијала ерозије професора Гавриловића (*Gavrilović, 1972*).

У оквиру социо-демографске анализе обухваћено је пет узастопних пописа (1971, 1981, 1991, 2002. и 2011. година), а подаци су узети из Књига пописа Републичког завода за статистику за општину Вождовац. Обрађени су следећи подаци: број становника, број домаћинства, индекс броја становника и броја домаћинства, пољопривредно становништво, становништво према полу и старости, витална статистика, удео пољопривредног у укупном становништву и сточни фонд.

Пројекције становништва за 2020. и 2030. годину изведене су математичким методама: геометријском и експоненцијалном прогресијом (*Breznik, 1977*).

Производња наноса, укупна и специфична, на руралном делу општине Вождовац израчуната је према Методи С. Гавриловића.

$$W_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{z^3} \cdot F \text{ [m}^3/\text{god]}$$

$$T = \sqrt{t/10 + 1}$$

$$W_{sp} = W_{god} / F \text{ [m}^3 \cdot \text{god}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}\text{]}$$

W_{god} – укупна производња ("продукција") ерозионог наноса [m^3/god]

T – температурни коефицијент

t – средња годишња температура ваздуха слива [$^{\circ}\text{C}$]

H_{god} – средња годишња количина падавина [mm]

π – Лудолфов број $\approx 3,14$

F – површина слива [km^2]

z – средња вредност коефицијента ерозије по Гавриловићу

W_{sp} – специфична производња ("продукција") ерозионог наноса [$\text{m}^3 \cdot \text{god}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$]

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Географски положај

Подручје истраживања обухвата рурални део територије општине Вождовац, једне од 17

београдских општина, која се налази у југоисточном делу Београда и *јурсије се на јовршини од 15.000 ha*. Граничи се са општинама Гроцка на истоку, Чукарица и Раковица на западу, Врачар на северу, Звездара на североистоку, Савски Венац на северозападу, Сопот на југу и Барајево на југозападу. Надморска висина варира од 80mnm до 511 mnm (Авала), и то на координатама 44°49'14" северно и 20°27'44" источно. Највиша кота Београда се налази на Торлаку (Вождовац) и износи 303,1 mnm.

Климатске карактеристике

Подручје се одликује умерено континенталном климом. Реон је под утицајем Средоземног мора и Атланског океана, а подреон је под утицајем хладног континенталног ваздуха из северних и североистоних делова Европе. За приказивање климатских прилика коришћени су подаци Хидрометеоролошког завода Србије за станицу Београд. Клима је један од најзначајнијих фактора за формирање биљних заједница, због чега се врло често дешава да се вегетација једног краја везује за карактеристике регионалне климе.

Према студији "Процена рањивости на климатске промене – Србија", у периоду 1949-2009 година, у Београду је забележен највиши пораст температуре ваздуха у Републици Србији. Анализирани дневни подаци указују на тренд загревања за средње годишње температуре ваздуха. Осмотрене средње годишње количине падавина, у истом периоду (1949-2009) показују благи пораст, тј. сезонски трендови показују пад током зиме и пролећа и повећања током лета и јесени. За целокупну територију Србије број дана са интензивним падавинама је повећан (*Sekulić u sar. 2012*).

Апсолутна минимална температура ваздуха се јавља најчешће у јануару и долази до $-25,5^{\circ}\text{C}$. Средње месечне температуре показују правилност у кретању са минимумом у јануару а максимум у јулу. Годишње колебање температуре је велико и достиже у екстремним случајевима $47,6^{\circ}\text{C}$. Зиме су по правилу оштре и променљиве. Рани мразеви се јављају у новембру, а касни мразеви крајем марта што не би требало да има негативне последице на вегетацију.

Табела 1. Средње месечне и средње годишње температуре ваздуха за К.С. Београд
Извор: РХМЗ Србије

ГОДИНА	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕП	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ГОД
1971	1.7	3.5	4.3	13	19.1	19.7	21.5	22.6	14.7	10.4	7.2	3.4	11.8
1972	0.5	4	9.7	13.8	17.5	21.9	21.4	20.1	14.6	9.7	8	2.5	12
1973	0.4	3.9	5.6	11	18.1	20.1	22.1	21.4	18.5	11.4	4.5	2.4	11.6
1974	2	7	8.9	10.9	15.2	18.4	20.9	22.9	18.3	9.2	7.1	3.6	12
1975	3.7	2.1	10.7	12.2	18	19.5	21.4	20.1	19.5	11.6	5	2.4	12.2
1976	1.4	0.4	4	12.6	16.7	18.6	21.7	18.1	16.3	12.7	8.5	3.5	11.2
1977	3.4	7.9	10.6	11.1	17.8	20.7	21.7	20.9	15	12.7	7.8	-0.7	12.4
1978	1.8	2.2	8.3	11.4	15	19	20.8	20	15.5	11.8	2.6	3.5	11
1979	0.2	3.5	10.4	10.9	17.4	22	20	20.1	17.7	11.3	7.5	5.4	12.2
1980	-1.6	2.7	6.6	9.3	14.3	19.6	20.8	20.4	16.4	13.2	6	1.1	10.7
1981	-1.4	2.4	10.1	11.5	16.6	20.9	21.2	21.3	18.3	14	5.6	2.8	11.9
1982	-0.4	0	6.6	9.1	18.9	21.5	21.4	21.2	20.6	13.7	6.6	5.2	12
1983	4.9	2	9	15	18.7	19.1	23.1	22.1	17.2	11.8	3.8	2.2	12.4
1984	2.1	1.3	5.6	11.2	16.8	18.8	20	20.2	18.8	14.1	7	1.5	11.5
1985	-3.4	-3.1	5.7	12.8	19	17.7	22.6	22.4	17.6	11.1	5.5	6.6	11.2
1986	2.7	-1.4	5.6	15.1	18.9	19.4	19.8	23.1	18.1	12.1	6.3	1	11.7
1987	-2.5	2.8	1.6	12.3	15.2	21.1	24.8	20.7	21.2	12.8	8.1	3.3	11.8
1988	4.6	4.9	6.5	11.3	17.7	20.1	24.7	23.3	18	11.8	1.4	2.9	12.3
1989	0.5	5.4	10.5	15	16	18.3	22.4	21.5	17.1	12.5	5.8	3.7	12.4
1990	1.6	7.2	11.2	12.3	18.2	20.6	21.9	22.5	16.1	13.8	8.5	2.2	13
1991	1.9	-0.2	9.2	11	13.6	21.1	22.6	21.1	18.9	11.4	7.7	-1.1	11.4
1992	1.7	4.2	8.2	13	17.9	20.6	22.8	26.8	18.5	13.1	8.2	1.2	13
1993	1.5	-0.6	5	12.6	20	21.7	22.5	23.4	18.1	14.5	3	4.7	12.2
1994	4.3	3.5	10.4	12.7	18.5	21	24.3	24.1	21.7	11.2	7.6	3.4	13.6
1995	0.6	7.9	7.1	12.5	16.8	20.5	24.8	21.6	16.6	13.4	4.2	2.2	12.4
1996	-0.2	-0.6	2.6	12.6	19.3	21.9	22	22.1	14.1	12.7	10	1.7	11.5
1997	0.3	5.3	6.7	8.2	18.6	21.9	21.1	20.8	17.1	9.7	7.8	4.1	11.8
1998	4.6	7	5.4	14.4	16.8	22.8	23.8	23.5	16.7	13.6	4.9	-1.6	12.7
1999	1.9	2.4	9.1	13.4	17.5	20.3	21.9	22.7	19.6	12.4	5.2	2.6	12.4
2000	-1	5.2	8.1	16.2	19.6	23	23.5	25.7	17.9	14.6	11.9	5.2	14.2
2001	4.2	5.4	11.8	11.9	18.3	19	23	24	16.1	14.8	4.7	-1.9	12.6
2002	1.2	8.5	10.3	12.1	20.1	22.9	24.2	22.2	17.4	13.2	10.6	1.3	13.7
2003	0.4	-2.1	7.1	12	21.5	25	23.1	25.6	17.8	10.8	9.2	2.8	12.8
2004	-0.2	3.6	7.7	13.1	16	20.5	23.1	22	17.2	15.1	7.6	3.7	12.5
2005	1.7	-1.3	5.8	12.7	17.7	20.3	22.6	20.6	18.4	12.8	6.7	3.4	11.8
2006	-0.5	1.9	6.5	13.7	17.4	20.2	24.7	20.9	19.2	15.2	8.9	4.3	12.7
2007	7.6	7.2	10.2	14.9	19.5	23.8	25.8	24.2	16.2	11.8	5.2	1.1	14
2008	3.2	6.3	9.1	13.8	19.3	23	23.7	24	17	14.8	9.1	4.6	14
2009	-0.2	2.9	7.9	15.8	19.9	21	24.1	24.1	20.6	13.1	9.9	4.7	13.7
2010	0.6	3.7	8.2	13.5	18.1	21.3	24.4	24.1	17.8	10.6	12.2	2.5	13.1
2011	1.6	1	8	14.4	17.5	22.2	24	24.7	22.6	12.1	4.4	5.5	13.2
2012	2.1	-3	10.1	14.5	17.9	24.8	26.9	26.2	21.5	14.7	10.5	2	14
ПРОСЕК	1.4	3.0	7.8	12.6	17.8	20.9	22.7	22.4	17.9	12.6	7.0	2.7	12.4

Табела 2. Средње месечне и средње годишње падавине за К. С. Београд

Извор: РХМЗ Србије

ГОДИНА	ЈАН	ФЕБ	МАРТ	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕП	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	Σ
1971	45.4	37.2	75.1	61.8	91.7	98.6	86.3	53.7	72.2	13	49.6	10.1	694.7
1972	13.7	22.1	1.8	85.4	57.2	15.4	170.4	108.5	58.2	121.5	66.6	0.8	721.6
1973	15.1	31.5	30.8	92.3	48.5	87.2	30.6	50.4	51.9	32.2	48.5	29	548
1974	26.5	23.5	21.5	46	80.3	175	41.4	59.1	98.8	184.5	63	90.2	909.8
1975	25.6	8.9	30.6	41.4	131.6	105.2	131.5	124.2	22.2	92.9	48.6	6.5	769.2
1976	103.7	12.3	34.1	67.2	45.1	90.7	27.4	56.9	84	14.2	56.4	21.6	613.6
1977	44.1	105.5	61.4	86.5	33.4	49.9	82.6	83.8	72.5	13.6	77	80.5	790.8
1978	25.1	107.8	53.1	31.8	125.4	168.3	53.4	13.3	109.6	18.1	15	57.2	778.1
1979	92.6	39.9	38.7	63.3	65.1	91.4	56.4	80	14.3	47.6	41.9	56.6	687.8
1980	63.4	45.7	67.2	88.1	126.4	73.2	91	67.7	32.3	82.4	88.8	82.1	908.3
1981	48.7	22.2	144.7	62.2	47.2	114.4	21	72.6	79	72.3	90.6	75.8	850.7
1982	43.7	14.7	75.3	57.7	8.7	85.8	124.7	73.4	29.8	81.9	19	79.4	694.1
1983	32.2	16.4	18.9	37.6	63	121.8	35.1	13.3	71.4	31.3	31.3	39.5	511.8
1984	59.3	78.4	31.4	39.2	88	44.3	85.5	36.9	55.4	12.5	59.9	12.8	603.6
1985	53.9	46.7	41.5	65.7	40.8	126	15.4	168.1	12.7	13.6	80.9	22	687.3
1986	73.1	62.6	49.4	72	126.6	90.4	72.5	10.2	3.2	39.9	6.8	20.8	627.5
1987	106.8	3.1	72	59.2	169	113.4	67.4	43.1	10.6	18	100.5	60	823.1
1988	41.3	50.9	94.4	45.7	19.1	73.6	15.7	25.7	73.2	25.8	30.5	34.1	530
1989	4.6	9.5	37.4	93.7	74.2	141.7	12.7	67.2	52.9	48.6	71.6	22.4	636.5
1990	4.6	43.5	25.9	60.5	13.9	96.5	24.9	16.4	29.5	59	34.3	86.2	495.2
1991	20.2	11.2	83.7	51.3	94.9	86.3	113.1	32.8	25.8	81.2	62.7	31.7	694.9
1992	7.6	33.8	6.9	58.8	19.4	180	43.8	24.3	28.2	90.5	61.7	34.8	589.8
1993	21.9	31.8	77.1	26.7	12.8	50.4	56.9	24.5	51.5	18.8	77.8	88.9	539.1
1994	40.4	23	27.7	64.6	41.4	212.2	46.1	90.5	29.5	37.9	25.9	34.4	673.6
1995	82.2	45.9	43.9	61	83.6	64.7	33.7	69.2	92.6	0.3	57	67.1	701.2
1996	42.6	62.2	41.2	52.3	108	57.1	35.5	66.6	107.7	37.1	77.7	100.8	788.8
1997	31.7	49.2	11.4	88.1	51.6	31.7	126.1	108.4	30.4	106.7	30.8	80.6	746.7
1998	70.6	2.3	19.3	30.7	55.2	63.4	32.2	45.4	92.6	89.6	52.2	31	584.5
1999	51.1	63.3	16.9	73.2	60.9	142.4	262.5	12.9	85.4	56.2	73.2	153.2	1051.2
2000	27.3	28.3	30.3	41.9	34.5	19.1	29.3	7.8	70.7	16.6	20.7	41.2	367.7
2001	35.3	27.2	65.6	157.9	47	186	19.7	56.7	183.7	16.7	63.4	33.9	893.1
2002	15.1	14	14.8	53.7	20.9	79.6	60.7	106.8	51.9	88.3	35.8	52.8	594.4
2003	62.9	26.5	11.4	23.1	39.5	33.4	111.8	6.4	57.6	115.2	23.4	36.7	547.9
2004	93.5	29.4	18.9	71.7	63.3	113.8	94.6	89.3	45	32.9	129.5	50.3	832.2
2005	52.2	84.2	33.9	54.7	47.4	95.1	91.4	144.3	54.1	28.6	23.5	78.8	788.2
2006	43.2	59.1	104.4	97	42.3	137.8	23.3	120.6	24.3	20.9	24.5	51.9	749.3
2007	49.3	56	99.6	3.8	79	107.6	17.5	72.5	84.1	103.6	131.5	34.5	839
2008	44.6	8.3	79.7	34.9	60.6	43.3	53	45.6	68.5	18.4	51	79	586.9
2009	55.1	85.2	64.9	6.1	34.7	151	80	44.5	3.9	98.9	59.5	120.6	804.4
2010	91.6	112.8	47.2	43.7	86.4	181.7	41.4	53.5	51.8	48.8	45.2	61.4	865.5
2011	47.8	55.6	27.9	14.1	66.8	41.1	95	14	47.7	36.1	5	48	499.1
2012	87.2	61.5	2.4	66.9	127.9	16	39	4.5	30.7	44.9	28.1	55.1	564.2
ПРОСЕК	47.5	41.7	46.1	57.9	65.1	96.6	65.5	58.7	56.0	52.6	53.4	53.7	694.8

За живот биљака је важна не само количина воде која падне на земљиште, него и њен распоред у току године. Што је већа топлота, то је већа потреба за правилнијим снабдевањем водом. У току вегетационог периода (март-септембар) падне 434 *mm* што износи 60% од годишње количине падавина. Падавине у виду града се најчешће јављају у мају и јуну, али се могу јавити и у периоду април-септембар. Снежни покривач је веома промелјив из године у годину како у погледу дебљине тако и дужине трајања. Дебљина варира од 5-70 *cm*, а дужина трајања од 2-66 дана.

Климатски подаци за сет података у периоду од 1971. до 2012. године су преузети са сајта Републичког хидрометеоролошког завода Републике Србије (подаци за 1986, 1987, 1988. и 1989. годину нису доступни) (табела 1, табела 2).

Геолошка подлога

По својој геолошкој грађи, на овом подручју су у највећој мери (60%) заступљени (слика 1):

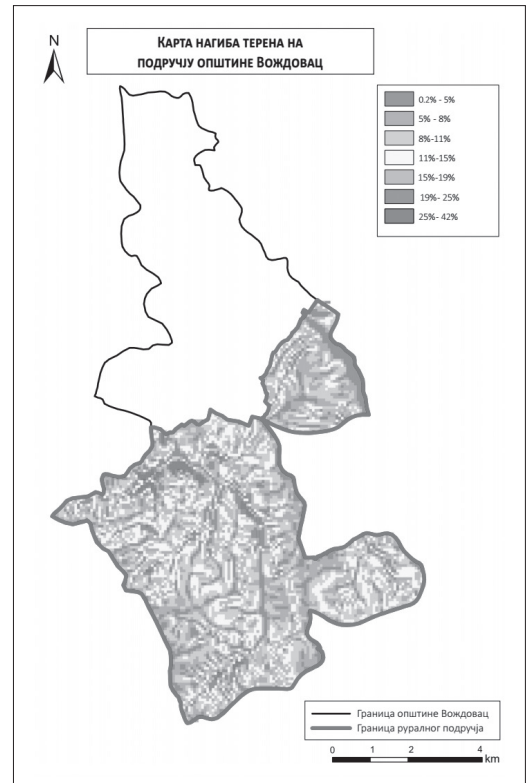
- глинци (ово су окамењене глине које улазе у састав других седиментних стена.)
- лапорци (мешовите седиментне листасте стене изграђене од илитске глиновите компоненте (65-35%) и кречњака (35-65%)).
- пешчари (везане седиментне стене, које су обично изграђене доминантно од зрна кварца, љуспица мусковита и фелдспата, а потом и циркона, апатита, магнетита, граната, турмалина. Везиво је силицијско).

Поред наведених јављају се и глиновито лапоровити и песковити седименти, алувијално барски терени и алувијално пролувијални седименти. Геолошка подлога (слика 1) је лако



Слика 1. Геолошка карта руралног дела општине Вождовац

Извор: Војно-географски институт



Слика 2. Карта нагиба терена руралног дела општине Вождовац

Извор: Аутор

подложна деградационим процесима и ове стене спадају у групу еродибилних стена. Ово указује на могућност појаве ерозије земљишта. Према карти нагиба терена (слика 2), око 80% површина обухватају нагиби од 5% до 19%, тј. око 23% површина обухватају нагиби 5-8%, 27% површина нагиби 8-11%, 20% површина нагиби 11-15% и 12% површина нагиби 15-19%. Нагиби терена који су заступљени на територији руралног дела општине Вождовац указују да може доћи до ерозије земљишта уколико није покривено вегетацијом.

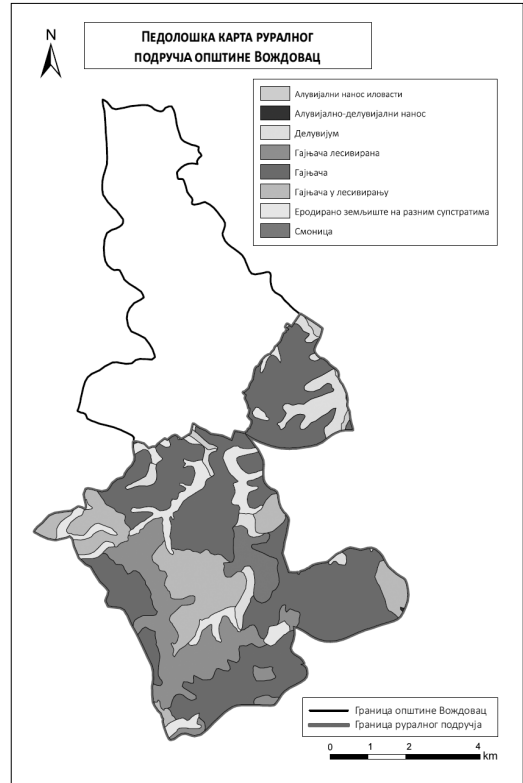
Педолошке карактеристике

На територији руралног дела општине Вождовац заступљена је гајњача (Eutric Cambisol) са око 82%, у свом типичном облику или више мање измењеном облику (слика 3). Гајњаче преставаљају климатогено земљиште, настало заједничким деловањем атмосферских падавина, годишњим распоредом падавина (сува лета), високом средњом годишњом температуром и влажним зимама са снежним покривачем. По механичком саставу гајњаче су иловаста и песковито-иловаста земљишта, добро аерисана и дренирана, богата базама и минералним материјама. Захваљујући високим температурама убрзава се минерализација и не долази до стварања сировог хумуса, а велика биолошка активност доводи до разлагања простирке у току једне године. Производна могућности гајњаче је велика и погодна је за узгој шума и велики избор врста.

У мањем проценту је заступљена смоница са око 4%, која има добро развијене хоризонте и лошу рогљасто-призматичну структуру са крупним агрегатима у сувом стању, што за последицу има врло тешку обраду земљишта и скупе примене мелиоративних мера како би се омогућила стабилнија производња. Поред лоших особина овог земљишта, чињеница је да пољоприведни произвођачи привређују.

Начин коришћења земљишта

Стабилност шумских екосистема зависи од деловања еколошких фактора и то: климат-



Слика 3. Педолошка карта руралног дела општине Вождовац

Извор: Институт за земљиште

ских, орографских, геолошке подлоге, едафских, биотичких и антропогених. Њихово деловање зависи од окружења у коме се налазе. Имајући у виду да је Београд па и његови шумски комплекси окружени бројном индустријом, издвнним гасовима возила на магистралним и регионалним путевима, и другим загађивачима који доводе до загађивања земљишта и воде и нарушавају целокупну животну средину, значај и вредност шумских екосистема се многоструко увећава. С обзиром да подручје истраживања припада ГЈ "Авала", може се рећи да су ове шуме обликоване под антропогеним утицајем. По свом пореклу највећим делом су изданачке, вештачки обновљене, високе и мешовите. Газдинска јединица се одликује великим флорним богатством аутохтоних и алохтоних врста (преко 40 врста дрвећа) (ЈП "Србија шуме", 2008.).

Табела 3. Пољопривредна површина према начину коришћења земљишта
Извор: РЗС

Година	Пољопривредна површина	Оранице и баште											
		Укупно	Од тога					Воћњаци	Виногради	Ливаде	Пашњаци	Рибњаци, трстици и баре	Укупна обраста шумска површина
			жита	индустријско биље	повртно биље	сточно крмно биље							
1974	9255	7407	6137	20	562	643	723	154	552	419	/	2563	
1981	9312	7155	4971	12	764	1245	747	121	645	644	/	2437	
1991	9186	7050	3994	112	1521	1372	754	95	683	603	1	2437	
2002	9519	6953	4199	117	978	1571	695	104	918	867	2	2437	
2011	9601	6588	2866	12	864	1654	646	111	1484	770	/	2889.65	

На истраживаном подручју јављају се следеће биљне заједнице:

Типична шума сладуна и цера (*Quercetum frainetto-cerris tipicum*) представља климатогену заједницу највећег дела Србије на мањим нагибима до 600 m надморске висине. Едификатори су сладун и цер, а јавља се и већи број дрвенастих врста, претежно ксерофилних: *Sorbus torminalis*, *Sorbus domestika*, *Fraxinus ornus*, *Tilia argentea*, *Pyrus pyraister*, *Cornus mas*, *Crataegus monogyna*, *Viburnum lantana*, *Rosa arvensis* и др., а приземно *Calamintha officinalis*, *Helleborus odoratus*, *Veronica chamaedrys*, *Chamaecytisus capitatus*, *Galium pseudoaristatum*, *Danaa cornubiensis* и др.

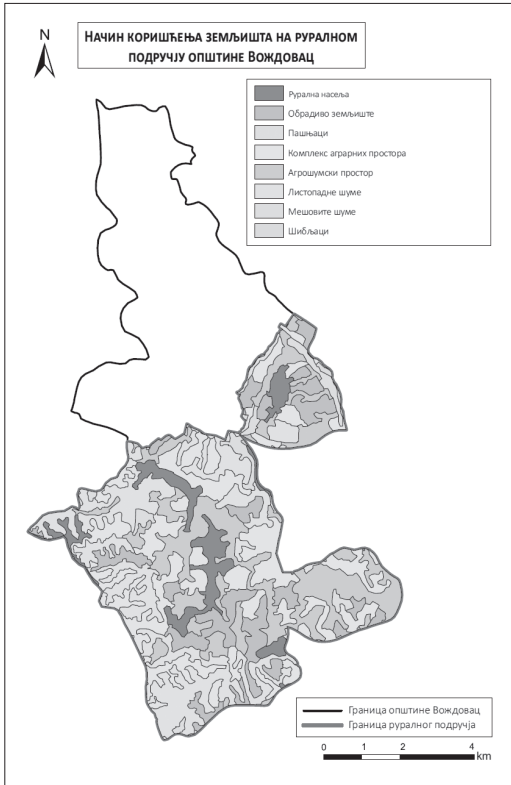
Шуме китњака и цера (*Quercetum petraeae-cerris*) су нешто ксеротермније од монодоминантних шума китњака, а мезофилније од шума чистог цера. Оне заузимају доњи појас китњакових шума до 600 метара надморске висине. Ове шуме се простиру између климазоналне вегетације сладуна и цера и чистих китњакових шума.

Шуме китњака и граба (*Quercus-carpinetum moesiicum*) се налазе на прелазу између шума сладуна и цера и чистих китњакових шума, и одликују се флорним богатством. Од врста најзаступљенији су: *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Tilia cordata*, *Acer campestre*, *Cornus mas*. Од приземне флоре обилује *Rubus mirtus*, *Galium schultesii*, *Asperula odorata*, *Fastuca montana* и др.

Букове шуме налазе се на доњој висинској граници букових шума, и скоро искључиво су мешовите са грабом и липом, а ређе са китњаком. На мањим површинама може се наћи и чиста буква али те површине нису толике да би представљале посебне састојине. Поред поменутих врста присутне су и: *Acer campestre*, *A. platanooides*, *A. pseudoplatanus*, *Ulmus montana*, *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Sorbus torminalis*. У спрату жбунастих врста и ниског дрвећа налазе се: *Cornus mas*, *Cornus sanguinea*, *Sambucus nigra*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina*, *Rubus hirtus* и др. Спрат зељастих биљки граде мезофилне врсте: *Euphorbia amygdaloides*, *Poa nemoralis*, *Viola silvestris*, *Anemone nemorosa* и др.

На основу анализе података о коришћењу пољопривредних површина у периоду 1974-2011. (табела 3), добијених од стране РЗС РС, види се да је дошло до незнатног повећања пољопривредних површина и то највише у корист ливада. Површине предвиђене за гајење жита и индустријског биља и пашњака су у опадању. Укупна обраста шумска површина је у порасту за 18,57%, а пољопривредне површине за 3,74%. Површине под житом су смањене за 53,3%. Површине под воћњацима, виноградима и житом смањене у корист ливада. Површина под ливадама је повећана за 168,84%.

Анализа Corine Land Cover базе података за 2012. годину (слика 4), показала је присуство 8 од 44 класа CLC номенклатуре. Комплекс



Слика 4. Начин коришћења земљишта према бази података Corine Land Cover за 2012. год.
Извор: CLC

аграрних простора доминира са 27,31%. Шумско подручје заузима 25,44% од укупне територије (листопадне шуме 23,56%, мешовите 1,66%, шибљаци 0,22%), обрадиво земљиште покрива 13,87%, пашњаци 1,72% и остатак од 8,06% заузимају рурална насеља.

Табела 4. Број становника за период 1971-2011.
Извор: РЗС

Година	1971		1981		1991		2002		2011	
	бр. стан.	удео %	бр. стан.	удео %	бр. стан.	удео %	бр. стан.	удео %	бр. стан.	удео %
Вождовац (укупно)	134206	100	159364	100	161376	100	151768	100	158213	100
Градски део	122007	90.91	147130	92.32	148611	92.09	139003	91.59	145124	91.73
Рурални део	12199	9.09	12234	7.68	12565	7.79	12765	8.41	13089	8.27
Пољопривредно становништво	5137	3.83	3187	2	1276	0.79	743	0.49	303	0.19

Табела 5. Број домаћинстава за период 1971-2011.

Извор: РЗС

Град/ насеље	Број домаћинстава				
	1971	1981	1991	2002	2011
Општина Вождовац	44075	53632	53259	56936	59370
Рурални део	3397	3553	3686	4266	4144

Социо-демографске карактеристике

У овој анализи посматран је рурални део општине Вождовац. Обрађени демографски подаци се односе на период 1971-2011. године. У оквиру посматраног периода, број становника се константно повећава, како на територији целе општине, тако и руралном делу. У периоду од 1971. до 2011. број становника у руралном делу се повећао са 12199 на 13089 становника. Супротно томе, број пољопривредног становништва константно опада. Удео пољопривредног становништва у односу на укупан број становника у 2011. години износи 0,19%, док удео пољопривредног становништва у односу на број становника у руралном делу износи 2,31%. Овде је забележен драстичан пад удела пољопривредног становништва у укупном (табела 4).

Просечна старост становништва у периоду 1971-2011. у општини Вождовац повећала се са 32,03 године на 42,4 године, док се у руралном делу повећала са 29,27 година на 42,1 годину (табела 6).

Коефицијент старости показује колико је учешће становништва старијег од 60 година у укупној популацији.

Табела 6. Просечна старост становништва за период 1971-2011.

Извор: Аутор

Општина/ насеље	1971 год.	1981 год.	1991 год.	2002 год.	2011 год.
Вождовац	32.03	34.13	36.27	40.76	42.4
Градски део	32.06	32.02	36.33	40.81	42.4
Рурални део	29.27	34.38	35.35	39.59	42.1

Табела 7. Коефицијент старости за период 1971-2011.

Извор: Аутор

Општина/ насеље	1971 год.	1981 год.	1991 год.	2002 год.	2011 год.
Вождовац	9.99	16.35	16.67	23.42	24.79
Градски део	9.92	16.15	16.63	23.58	24.78
Рурални део	10.82	18.73	17.06	21.72	24.94

<8% демографска младост

8-10% на прагу старења

10-12% у процесу старења

>12% демографска старост

Коефицијент старости од 9,99 показао је да је 1971. године становништво Вождовца било на прагу старења, и пошто се до 2011. године повећао на 24,79, становништво је достигло демографску старост (табела 7). Становништво

руралног дела је 1971. године било у процесу старења, али је такође достигло демографску старост са коефицијентом 24,94. Анализом података добијених од стране Републичког завода за статистику добијени су резултати који показују да је укупно становништво Вождовца и становништво руралног дела од 1971. године до 2011. достигло демографску старост.

Просечна старост становништва (табела 6) и коефицијент старости (табела 7), су показатељи старења становништва.

Природни прираштај (J) по дефиницији представља промену броја јединки неке популације у јединици времена, тј. разлику наталитета (N) и морталитета (M). Како на подручју целе републике Србије, тако и на територији општине Вождовац, природни прираштај има негативан тренд (табела 8).

Миграциони салдо становништва је разлика броја одсељеног и досељеног становништва посматраног подручја у одређеном периоду. Према миграционом салду евидентан је пораст имиграција, што је нарочито изражено последњих деценија. Негативан салдо изражен је само у периоду 1981/71(табела 9).

Пораст броја становника у руралном делу општине резултат је крупних имиграционих токова, односно већег броја досељених у односу на одсељене. Природни прираштај није утицао

Табела 8. Природни прираштај за период 1971-2011.

Извор: Аутор

Година	1971			1981			1991			2002			2011		
	N	M	J	N	M	J	N	M	J	N	M	J	N	M	J
Вождовац	2308	929	1379	2170	1201	969	1668	1553	115	1427	2015	-588	1667	1986	-319
Градски део	2128	824	1304	2018	1082	936	1552	1426	126	1356	1859	-503	1624	1833	-209
Рурални део	180	105	75	152	119	33	116	127	-11	71	156	-85	43	153	-110

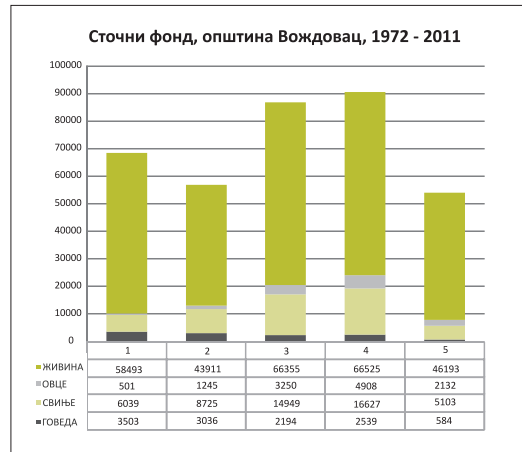
Табела 9. Миграциони салдо за међупописне периоде 1971-2011.

Извор: Аутор

Општина /насеље	1981/1971	1991/1981	2002/1991	2011/2002	2011/1971
	год.	год.	год.	год.	год.
Вождовац	23779	1043	-9723	7033	22628
Градски део	23819	545	-9734	6624	21813
Рурални део	-40	298	211	409	1000

на пораст броја становника у руралном делу, јер је у последње три деценије негативан, односно бележен је већи морталитет у односу на наталитет у посматраном периоду (табела 8).

Коришћењем математичких метода – геометријске и експоненцијалне прогресије за пројекције становништва у 2020. и 2030. години, добијени су резултати који показују да се на територији општине Вождовац као и на руралном делу очекује повећање укупног броја становника, док се очекује смањење пољопривредног становништва. Према геометријској прогресији, у односу на 2011. годину, на територији општине, 2020. године очекује се повећање за 6719 становника (пораст за 4,24%), а према експоненцијалној прогресији, повећање за 6723 становника (пораст за 4,24%). На руралном делу општине исте резултате дале су геометријска и експоненцијална прогресија, према којима се очекује 332 становника више у односу на попис 2011. године. Код пољопривредног становништва очекује се пад, тј. 123 становника, што представља смањење пољопривредног становништва за 97,61% у односу на 1971. годину, када их је било 5137 (табела 10). Прогноза броја становника за 2030. годину, показује да ће се у односу на попис 2011. године, наставити раст броја становника на територији општине Вождовац према геометријској за 14519 становника (пораст за 9,17%) и према експоненцијалној прогресији за 14528 становника (пораст за 9,18%). На руралном делу очекује се повећање од 711 становника



Графикон 1. Сточни фонд на територији општине Вождовац

Извор: РЗС

(повећање за 5,43%), док се очекује опадање броја пољопривредног становништва на свега 45 становника (смањење за 86% у односу на 1971. годину).

Стање сточног фонда

У овој анализи забележен је константан раст сточног фонда од 1971. до 2002. године, али и нагло смањење у периоду од 2002. до 2011. године, што карактерише рурални део општине Вождовац (график 1).

Табела 10. Прогноза броја становника 2020. и 2030. године

Извор: Аутор

Град/насеље	Број становника								
	1971	1981	1991	2002	2011	Прогноза по геометријској прогресији за 2020. г.	Прогноза по експоненцијалној прогресији за 2020. г.	Прогноза по геометријској прогресији за 2030. г.	Прогноза по експоненцијалној прогресији за 2030. г.
Вождовац	134206	159364	161376	151768	158213	164932	164936	172732	172741
Рурални део	12199	12234	12565	12765	13089	13421	13421	13800	13800
Пољопривредно становништво	5137	3187	1276	743	303	123	123	45	45

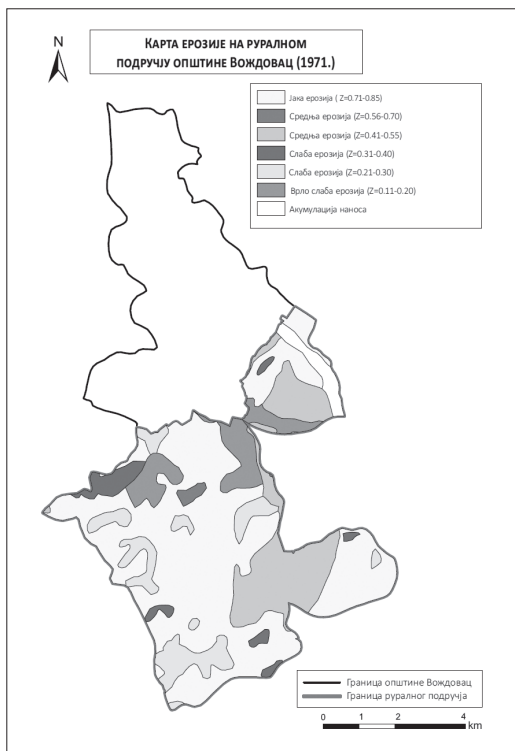
Анализа ерозионих процеса

Картирање интензитета ерозије на територији Србије започето је 1966. године, а у потпуности завршено 1971. године. Карта је у основи урађена емпиријском методом Гавриловића С. (1972), али и допуњеним таблицама за одређивање основних параметара који улазе у састав обрасца за прорачун коефицијента ерозије. Након радних верзијанти ове карте рађених у размери 1:50.000, 1:100.000 и 1:200.000, завршна верзија карте ерозије СР Србије са Тумачем публикована је 1971. године у размери 1:500.000.

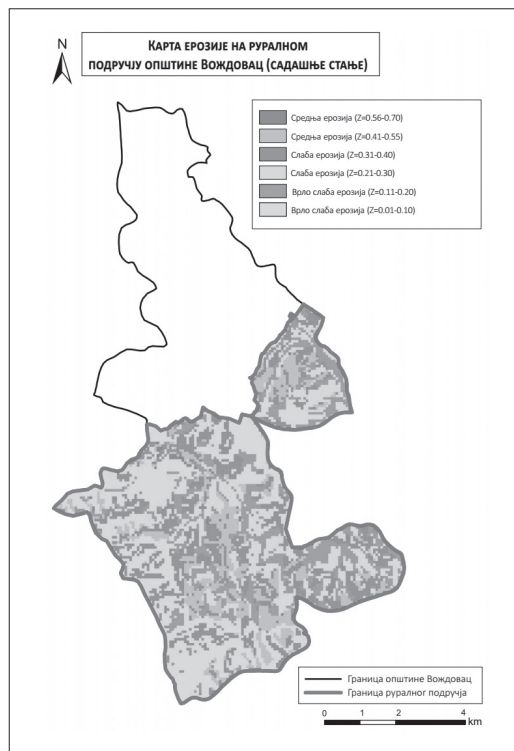
У циљу сагледавања промене стања ерозије, стање из 1971. године утврђено је према постојећим картама ерозије Србије. На руралном делу општине Вождовац 1971. године владала је средња дубинска ерозија (Слика 5). Средњи коефицијент ерозије износио је $Zsr=0,61$.

Стање из 1988. године добијено је из "Програма заштите од ерозије и предлог проглашења ерозионих подручја са прописом противерозионих мера на подручју општине Вождовац" (1988) као резултат директног рекогносцирања терена. Евидентан је даље смањење коефицијента ерозије, при чему је доминантна била средња површинска ерозија. Средњи коефицијент ерозије износио је $Zsr=0,42$.

Садашње стање ерозије добијено је директним рекогносцирањем терена, као и захваљујући припремљеним подлогама (карте педологије, геологије, СЛС, ДМТ) и преклапању истих у програму ArcMap 10. На основу тих података одређене су категорије ерозије и вредности коефицијента ерозије на задатом простору. Данас на овом подручју, средњи коефицијент ерозије износи $Zsr=0,24$ тако да можемо рећи да данас претежно влада слаба површинска ерозија (Слика 6).



Слика 5. Карта ерозије, 1971. година
Извор: С. Гавриловић



Слика 6. Карта ерозије, садашње стање
Извор: Аутор

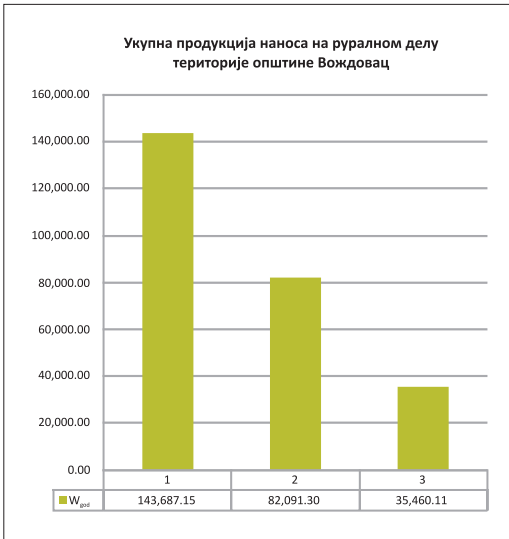
Табела 11. Укупна и специфична продукција наноса на руралном делу општине Вождовац
Извор: Аутор

Година	Z	W_{god}	W_{godsp}
		(m^3/god)	($m^3km^{-2}god^{-1}$)
1971.	0.61	130,803.29	1,419.31
1988.	0.42	74,730.49	810.88
2012.	0.24	32,280.54	350.27

Продукција наноса

Ерозиона продукција наноса, поред транспорта и таложења, је један од делова јединственог природног процеса који се одвија заједничким деловањем природних фактора, као и антропогеног фактора, који има велику улогу јер због негативног деловања човека интензивира ерозионе процесе.

Коришћене су средња годишња температура и средња годишња количина падавина за период 1971-2012. година, да би видели колика је зависност продукције наноса од коефицијента ерозије.



Графикон 2. Укупна продукција наноса на руралном делу територије општине Вождовац

Извор: Аутор

$$t = 12,4^{\circ}C$$

$$H_{god} = 632,5 \text{ mm}$$

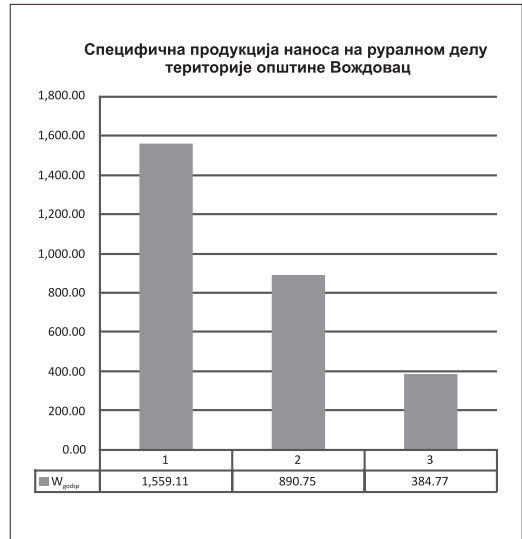
$$T = \sqrt{t/10 + 1} = \sqrt{12,4/10 + 1} = 1,5$$

Укупна продукција наноса из 1971. године (130.803,29 m^3/god) смањена је за 98.522,75 m^3/god у односу на укупну продукцију наноса из 2012. године (32.280,54 m^3/god) (табела 11).

Специфична продукција наноса из 2012. године (350,27 $m^3 \cdot god^{-1} \cdot km^{-2}$) смањена је 4,05 пута у односу на специфичну продукцију из 1971. године, када је износила 1.419,31 $m^3 \cdot god^{-1} \cdot km^{-2}$ (табела 11).

ЗАКЉУЧАК

Анализом ерозионих процеса на основу средњег коефицијента ерозије утврђено је смањења интензитета ерозије од средње дубинске ($Z_{SR}=0,61$) до слабе површинске ерозије ($Z_{SR}=0,24$). Продукција наноса, укупна и специфична, из 1971. године смањена је за 75,32% у односу на продукцију наноса из 2012. године.



Графикон 3. Специфична продукција наноса на руралном делу територије општине Вождовац

Извор: Аутор

Процес деаграризације проузроковао је миграције село-град, смањење броја пољопривредног становништва, и појаву старачких и празних сеоских домаћинстава, као и смањење притиска на земљиште, што води смањењу интензитета ерозионих процеса. Сеоска насеља и пољопривредна делатност постали су потпуно друштвено маргинализовани и запустени.

Старење пољопривредног становништва и миграциони токови показују да због напушта-

ња домаћинстава и недостатка младе, радно-активне и физички способне радне снаге, пољопривредне површине остају необрађене и препуштене затрављивању и претварању у шикаре. Индекс старења становништва је у порасту, што додатно утиче на смањење обраде пољопривредних површина и ширење самоникле вегетације, а тиме и на смањење интензитета ерозије на руралном делу територије општине Вождовац.

INFLUENCE OF SOCIO - DEMOGRAPHIC FACTORS ON EROSION PROCESSES IN THE RURAL PART OF THE MUNICIPALITY OF VOŽDOVAC

MSc Katarina Lazarević, University assistant, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia
dr Miodrag Zlatić, full professor, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia
dr Stanimir Kostadinov, full professor, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia

Abstract: The subject of this paper is the influence of anthropogenic factors on the state of erosion in the rural part of the municipality of Voždovac. The aim of the research is the analysis of the influence of the local population on land resources, based on the past and present state of erosion and sediment production, the usage of land resources, as well as natural and mechanical population movements. The municipality of Voždovac is one of the 17 municipalities in Belgrade area, which covers an area of 15,000 *ha*. The municipal territory includes both urban and rural parts (9216 *ha*). When it comes to how land resources are used, it is a characteristic example of erosion processes in the mountainous Belgrade area. This paper presents an analysis of the degree of erosion threat to agricultural land in the municipality of Voždovac, including three periods (1971; 1988; 2012), where the method used is the erosion potential method by professor Gavrilović. However, the calculation of sediment yield was made by the method of S. Gavrilović. The analysis of demographic factors pointed to the influence of anthropogenic factors on the state of erosion. Mathematical methods were used - geometric and exponential progression for population projections in 2020 and 2030. The results of this study showed that the intensity of erosion in that area significantly decreased and that it has a tendency of further decline.

Keywords: erosion, land resources, demographic parameters, sediment yield

INTRODUCTION

Land as a product of interaction of pedogenetic factors (Filipovski and Ćirić, 1963) is a national treasure and the whole community must take care of it. Due to population growth, erosion control must take an adequate place in land management. Erosion is one of the forms of soil degrada-

tion, which is in fact a non-renewable resource. Erosion is a physical process caused by socio-economic, cultural and political factors, which depends on soil features, slope, vegetation, quantity and intensity of rainfall (Lal 2001; Zlatić, 1995). Soil degradation by accelerated erosion is a chron-

ic problem since the beginning of agriculture, which deteriorated due to the increase in population and animals, and also due to inadequate land use on hilly mountainous terrains (*Montgomery, 2007*). According to the mentioned, the level of land degradation is caused by natural and anthropogenic factors (*Lal, 2001*). Anthropogenic factors or the use of land and water resources is one of the most significant factors of erosion processes in both negative and positive light (*Zlatic, 1998*). Naturally, the negative impact is reflected in agricultural land formation on steep slopes and areas that are not adequate for agriculture, and they are formed by forest clean cutting.

The loss of protective forest functions is manifested through cutting leaves in order to provide winter forage then crop cultivation and planting crops down the slope etc. Positive human activity is manifested through contour land cultivation, contour planting of crops, the application of anti-erosion crop rotation, construction of wattling, stone check dams in torrential streams, optimal grazing (adequate number of livestock number per unit area) etc. Adequate land use affects microbial activity, soil fertility etc.

Man can influence erosion intensity directly (by land use, exploitation of forest resources and the implementation of anti-erosion measures) and indirectly (*Dragičević et al., 2009*). Indirect anthropogenic impacts on erosion intensity are characterized by the intensification of urbanization and industrialization; while in rural areas and agriculture, they cause a decrease in agricultural population number, decrease in agriculture, and the phenomenon of empty rural households. Change of land use conditions and the change of erosion intensity, so man indirectly induced reduction of erosion intensity (*Zlatic, 1983; Dragičević, Stepić, 2006; Babović, Zlatic, 2012*).

The processes of aging and depopulation of rural settlements, rural to urban migrations, agriculture marginalization and livestock production shortfalls bring about land use changes. Abandoned agricultural areas are successively transformed into pastures or forests (*Dragičević, Stepić, 2006; Tosić et al., 2012*), which affects soil erosion reduction in the watershed.

According to Yang, negative human activity increases erosion up to approximately 60% all over the world (*Yang et al., 2003*). A positive ex-

ample is the Nile basin, where artificial irrigation helps vegetation growth and erosion reduction, whilst negative examples can be seen in regions such as Siberia and the Amazon basin, where deforestation is the main reason for the erosion increase (*Yang et al., 2003*).

In terms of erosion processes nearly the entire territory of the Republic of Serbia is affected by different erosion intensities. Damages include land loss, soil fertility loss and environmental damages. Within this study, the changes of erosion processes are analyzed in the rural part of the municipality of Voždovac with regard to anthropogenic factors.

Uncultivated and abandoned possessions indicate the need to consider the demographic and socio-economic factors that influence the process of reducing erosion intensity. The very demographic changes, which have been observed, give relevant and more comparable data on the relationship between population and agricultural areas, that is to say, the causal connection between the anthropogenic factor and the erosion intensity (*Dragičević, Stepić, 2006*).

METHODOLOGY AND RESEARCH METHODS

To calculate the erosion intensity in 1971, erosion intensity maps (scale of 1: 50,000) have been used, as well as the program ArcMap 10. The state of erosion for the year 1988 was analyzed based on data from the study "Program for erosion protection and proposal to declare erosion areas with the regulation of anti-erosion measures in the municipality of Voždovac", which was conducted by the Institute for forestry and wood industry and OOUR Institute for research, design and engineering. For the current state of erosion, erosion map is applied, and it is made according to the Method of erosion potential. The data on land use of Corine Land Cover database for the year 2012, the digital terrain model, geological map and soil map, terrain research and the program ArcMap10 were all used. The method of erosion potential by professor Gavrilović was used to assess the condition of erosion processes in all of three mentioned periods (*Gavrilović, 1972*).

Within the framework of socio-demographic analysis, five consecutive censuses (1971, 1981, 1991, 2002 and 2011) were included and the data are taken from the inventory books of the Republic Institute for Statistics for the municipality Voždovac. The study included the following data: population number, number of households, population number index and number of households, agricultural population, population, according to sex and age, vital statistics, the agriculture participation of total population and livestock.

Population projections for 2020 and 2030 are derived by mathematical methods: geometric and exponential progression (Breznik, 1977).

Sediment yield (total and specific), in the rural part of the municipality of Voždovac is calculated by the method of S. Gavrilović (1972).

$$W_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{z^3} \cdot F \text{ [m}^3/\text{god]}$$

$$T = \sqrt{t/10 + 1}$$

$$W_{sp} = W_{god} / F \text{ [m}^3 \cdot \text{god}^{-1} \cdot \text{km}^2\text{]}$$

W_{god} – total production of erosion sediment (gross erosion), in $[\text{m}^3 \cdot \text{year}^{-1}]$

H_{god} – average annual amounts of precipitation (in the watershed), in mm

T – temperature coefficient of watershed or region

t – mean annual air temperature of the watershed, in degrees Celsius

π – 3,14 (Number of Ludolph)

z – coefficient of erosion (average value for the watershed based on erosion map of the watershed), according to Gavrilović

F – watershed area, in km^2

W_{sp} – specific production of erosion sediment in $[\text{m}^3 \cdot \text{year}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}]$

RESULTS AND DISCUSSION

Geographical position

Research area includes the rural part of the area of the municipality Voždovac, one of 17 Belgrade municipalities, located in the southeastern part of Belgrade and it covers an area of 15.000 ha . It borders the municipalities - Grocka to the

east, Čukarica and Rakovica to the west, Vračar to the north, Zvezdara to the northeast, Savski Venac to the northwest, Sopot to the south and Barajevo to the southwest. The altitude varies from 80 mm to 511 mm (Avala), at coordinates 44°49'14" north and 20°27'44" east. The highest point is Torlak (Voždovac) at 303,1 mm .

Climatic features

The area is characterized by a moderate continental climate. The region is influenced by the Mediterranean Sea and the Atlantic Ocean, while the sub-region is under the influence of cold continental air from northern and northeastern parts of Europe. To show climate conditions, the data of the Hydrometeorological Institute of Serbia for Belgrade station were used. Climate is one of the most important factors for the formation of plant communities, which is why it often may occur that the vegetation of one part is connected with regional climate characteristics.

According to the study "Assessment of vulnerability towards climate change - Serbia" in the period 1949-2009, Belgrade has recorded the highest increase in air temperature in the Republic of Serbia. The analyzed daily data indicate a warming trend of average annual air temperature. The observed average annual precipitation in the same period (1949-2009) shows a slight increase, ie. seasonal trends show a decline during winter and spring, and an increase during summer and autumn. The number of days with intense precipitation has increased in the whole territory of Serbia (Sekulić et al. 2012).

The absolute minimum air temperature occurs most frequently in January and comes to -25.5° C. Average monthly temperatures show a movement regularity with a minimum in January and maximum in July. Annual temperature fluctuation is big, and in extreme cases reaches 47.6° C. Winters are usually sharp and variable. Early frosts occur in November and late frosts in late March, which should not have negative effects on vegetation.

For the life of plants is important not only the quantity of water that falls on the land, but its schedule during the year. The higher the heat, the greater the need for more regular water supply.

Table 1. Mean monthly and mean annual air temperature for the climate station Belgrade
Source: RHMS of Serbia

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Yearly
1971	1.7	3.5	4.3	13	19.1	19.7	21.5	22.6	14.7	10.4	7.2	3.4	11.8
1972	0.5	4	9.7	13.8	17.5	21.9	21.4	20.1	14.6	9.7	8	2.5	12
1973	0.4	3.9	5.6	11	18.1	20.1	22.1	21.4	18.5	11.4	4.5	2.4	11.6
1974	2	7	8.9	10.9	15.2	18.4	20.9	22.9	18.3	9.2	7.1	3.6	12
1975	3.7	2.1	10.7	12.2	18	19.5	21.4	20.1	19.5	11.6	5	2.4	12.2
1976	1.4	0.4	4	12.6	16.7	18.6	21.7	18.1	16.3	12.7	8.5	3.5	11.2
1977	3.4	7.9	10.6	11.1	17.8	20.7	21.7	20.9	15	12.7	7.8	-0.7	12.4
1978	1.8	2.2	8.3	11.4	15	19	20.8	20	15.5	11.8	2.6	3.5	11
1979	0.2	3.5	10.4	10.9	17.4	22	20	20.1	17.7	11.3	7.5	5.4	12.2
1980	-1.6	2.7	6.6	9.3	14.3	19.6	20.8	20.4	16.4	13.2	6	1.1	10.7
1981	-1.4	2.4	10.1	11.5	16.6	20.9	21.2	21.3	18.3	14	5.6	2.8	11.9
1982	-0.4	0	6.6	9.1	18.9	21.5	21.4	21.2	20.6	13.7	6.6	5.2	12
1983	4.9	2	9	15	18.7	19.1	23.1	22.1	17.2	11.8	3.8	2.2	12.4
1984	2.1	1.3	5.6	11.2	16.8	18.8	20	20.2	18.8	14.1	7	1.5	11.5
1985	-3.4	-3.1	5.7	12.8	19	17.7	22.6	22.4	17.6	11.1	5.5	6.6	11.2
1986	2.7	-1.4	5.6	15.1	18.9	19.4	19.8	23.1	18.1	12.1	6.3	1	11.7
1987	-2.5	2.8	1.6	12.3	15.2	21.1	24.8	20.7	21.2	12.8	8.1	3.3	11.8
1988	4.6	4.9	6.5	11.3	17.7	20.1	24.7	23.3	18	11.8	1.4	2.9	12.3
1989	0.5	5.4	10.5	15	16	18.3	22.4	21.5	17.1	12.5	5.8	3.7	12.4
1990	1.6	7.2	11.2	12.3	18.2	20.6	21.9	22.5	16.1	13.8	8.5	2.2	13
1991	1.9	-0.2	9.2	11	13.6	21.1	22.6	21.1	18.9	11.4	7.7	-1.1	11.4
1992	1.7	4.2	8.2	13	17.9	20.6	22.8	26.8	18.5	13.1	8.2	1.2	13
1993	1.5	-0.6	5	12.6	20	21.7	22.5	23.4	18.1	14.5	3	4.7	12.2
1994	4.3	3.5	10.4	12.7	18.5	21	24.3	24.1	21.7	11.2	7.6	3.4	13.6
1995	0.6	7.9	7.1	12.5	16.8	20.5	24.8	21.6	16.6	13.4	4.2	2.2	12.4
1996	-0.2	-0.6	2.6	12.6	19.3	21.9	22	22.1	14.1	12.7	10	1.7	11.5
1997	0.3	5.3	6.7	8.2	18.6	21.9	21.1	20.8	17.1	9.7	7.8	4.1	11.8
1998	4.6	7	5.4	14.4	16.8	22.8	23.8	23.5	16.7	13.6	4.9	-1.6	12.7
1999	1.9	2.4	9.1	13.4	17.5	20.3	21.9	22.7	19.6	12.4	5.2	2.6	12.4
2000	-1	5.2	8.1	16.2	19.6	23	23.5	25.7	17.9	14.6	11.9	5.2	14.2
2001	4.2	5.4	11.8	11.9	18.3	19	23	24	16.1	14.8	4.7	-1.9	12.6
2002	1.2	8.5	10.3	12.1	20.1	22.9	24.2	22.2	17.4	13.2	10.6	1.3	13.7
2003	0.4	-2.1	7.1	12	21.5	25	23.1	25.6	17.8	10.8	9.2	2.8	12.8
2004	-0.2	3.6	7.7	13.1	16	20.5	23.1	22	17.2	15.1	7.6	3.7	12.5
2005	1.7	-1.3	5.8	12.7	17.7	20.3	22.6	20.6	18.4	12.8	6.7	3.4	11.8
2006	-0.5	1.9	6.5	13.7	17.4	20.2	24.7	20.9	19.2	15.2	8.9	4.3	12.7
2007	7.6	7.2	10.2	14.9	19.5	23.8	25.8	24.2	16.2	11.8	5.2	1.1	14
2008	3.2	6.3	9.1	13.8	19.3	23	23.7	24	17	14.8	9.1	4.6	14
2009	-0.2	2.9	7.9	15.8	19.9	21	24.1	24.1	20.6	13.1	9.9	4.7	13.7
2010	0.6	3.7	8.2	13.5	18.1	21.3	24.4	24.1	17.8	10.6	12.2	2.5	13.1
2011	1.6	1	8	14.4	17.5	22.2	24	24.7	22.6	12.1	4.4	5.5	13.2
2012	2.1	-3	10.1	14.5	17.9	24.8	26.9	26.2	21.5	14.7	10.5	2	14
Average	1.4	3.0	7.8	12.6	17.8	20.9	22.7	22.4	17.9	12.6	7.0	2.7	12.4

Table 2. Mean monthly and mean annual precipitation for the climate station Belgrade
Source: RHMS of Serbia

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Yearly
1971	45.4	37.2	75.1	61.8	91.7	98.6	86.3	53.7	72.2	13	49.6	10.1	694.7
1972	13.7	22.1	1.8	85.4	57.2	15.4	170.4	108.5	58.2	121.5	66.6	0.8	721.6
1973	15.1	31.5	30.8	92.3	48.5	87.2	30.6	50.4	51.9	32.2	48.5	29	548
1974	26.5	23.5	21.5	46	80.3	175	41.4	59.1	98.8	184.5	63	90.2	909.8
1975	25.6	8.9	30.6	41.4	131.6	105.2	131.5	124.2	22.2	92.9	48.6	6.5	769.2
1976	103.7	12.3	34.1	67.2	45.1	90.7	27.4	56.9	84	14.2	56.4	21.6	613.6
1977	44.1	105.5	61.4	86.5	33.4	49.9	82.6	83.8	72.5	13.6	77	80.5	790.8
1978	25.1	107.8	53.1	31.8	125.4	168.3	53.4	13.3	109.6	18.1	15	57.2	778.1
1979	92.6	39.9	38.7	63.3	65.1	91.4	56.4	80	14.3	47.6	41.9	56.6	687.8
1980	63.4	45.7	67.2	88.1	126.4	73.2	91	67.7	32.3	82.4	88.8	82.1	908.3
1981	48.7	22.2	144.7	62.2	47.2	114.4	21	72.6	79	72.3	90.6	75.8	850.7
1982	43.7	14.7	75.3	57.7	8.7	85.8	124.7	73.4	29.8	81.9	19	79.4	694.1
1983	32.2	16.4	18.9	37.6	63	121.8	35.1	13.3	71.4	31.3	31.3	39.5	511.8
1984	59.3	78.4	31.4	39.2	88	44.3	85.5	36.9	55.4	12.5	59.9	12.8	603.6
1985	53.9	46.7	41.5	65.7	40.8	126	15.4	168.1	12.7	13.6	80.9	22	687.3
1986	73.1	62.6	49.4	72	126.6	90.4	72.5	10.2	3.2	39.9	6.8	20.8	627.5
1987	106.8	3.1	72	59.2	169	113.4	67.4	43.1	10.6	18	100.5	60	823.1
1988	41.3	50.9	94.4	45.7	19.1	73.6	15.7	25.7	73.2	25.8	30.5	34.1	530
1989	4.6	9.5	37.4	93.7	74.2	141.7	12.7	67.2	52.9	48.6	71.6	22.4	636.5
1990	4.6	43.5	25.9	60.5	13.9	96.5	24.9	16.4	29.5	59	34.3	86.2	495.2
1991	20.2	11.2	83.7	51.3	94.9	86.3	113.1	32.8	25.8	81.2	62.7	31.7	694.9
1992	7.6	33.8	6.9	58.8	19.4	180	43.8	24.3	28.2	90.5	61.7	34.8	589.8
1993	21.9	31.8	77.1	26.7	12.8	50.4	56.9	24.5	51.5	18.8	77.8	88.9	539.1
1994	40.4	23	27.7	64.6	41.4	212.2	46.1	90.5	29.5	37.9	25.9	34.4	673.6
1995	82.2	45.9	43.9	61	83.6	64.7	33.7	69.2	92.6	0.3	57	67.1	701.2
1996	42.6	62.2	41.2	52.3	108	57.1	35.5	66.6	107.7	37.1	77.7	100.8	788.8
1997	31.7	49.2	11.4	88.1	51.6	31.7	126.1	108.4	30.4	106.7	30.8	80.6	746.7
1998	70.6	2.3	19.3	30.7	55.2	63.4	32.2	45.4	92.6	89.6	52.2	31	584.5
1999	51.1	63.3	16.9	73.2	60.9	142.4	262.5	12.9	85.4	56.2	73.2	153.2	1051.2
2000	27.3	28.3	30.3	41.9	34.5	19.1	29.3	7.8	70.7	16.6	20.7	41.2	367.7
2001	35.3	27.2	65.6	157.9	47	186	19.7	56.7	183.7	16.7	63.4	33.9	893.1
2002	15.1	14	14.8	53.7	20.9	79.6	60.7	106.8	51.9	88.3	35.8	52.8	594.4
2003	62.9	26.5	11.4	23.1	39.5	33.4	111.8	6.4	57.6	115.2	23.4	36.7	547.9
2004	93.5	29.4	18.9	71.7	63.3	113.8	94.6	89.3	45	32.9	129.5	50.3	832.2
2005	52.2	84.2	33.9	54.7	47.4	95.1	91.4	144.3	54.1	28.6	23.5	78.8	788.2
2006	43.2	59.1	104.4	97	42.3	137.8	23.3	120.6	24.3	20.9	24.5	51.9	749.3
2007	49.3	56	99.6	3.8	79	107.6	17.5	72.5	84.1	103.6	131.5	34.5	839
2008	44.6	8.3	79.7	34.9	60.6	43.3	53	45.6	68.5	18.4	51	79	586.9
2009	55.1	85.2	64.9	6.1	34.7	151	80	44.5	3.9	98.9	59.5	120.6	804.4
2010	91.6	112.8	47.2	43.7	86.4	181.7	41.4	53.5	51.8	48.8	45.2	61.4	865.5
2011	47.8	55.6	27.9	14.1	66.8	41.1	95	14	47.7	36.1	5	48	499.1
2012	87.2	61.5	2.4	66.9	127.9	16	39	4.5	30.7	44.9	28.1	55.1	564.2
Average	47.5	41.7	46.1	57.9	65.1	96.6	65.5	58.7	56.0	52.6	53.4	53.7	694.8



Figure 1. Geological map of the rural part of the municipality of Voždovac
Source: Military Geographical Institute

During the vegetation period (March-September) falls 434 mm, which is 60% of annual precipitation. Precipitation in the form of hail usually occurs in May and June, however, it can occur between April and September. Snow cover is highly variable from year to year, both in terms of thickness and period of duration. The thickness varies from 5-70 cm, and duration from 2-66 days. The climate data for the period from 1971 to 2012 were taken from the website of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia (data for 1986, 1987, 1988 and 1989 are not available) (Table 1, Table 2).

Geological base

Regarding its geological structure, mostly (60%) represented in this area are (Figure 1.):

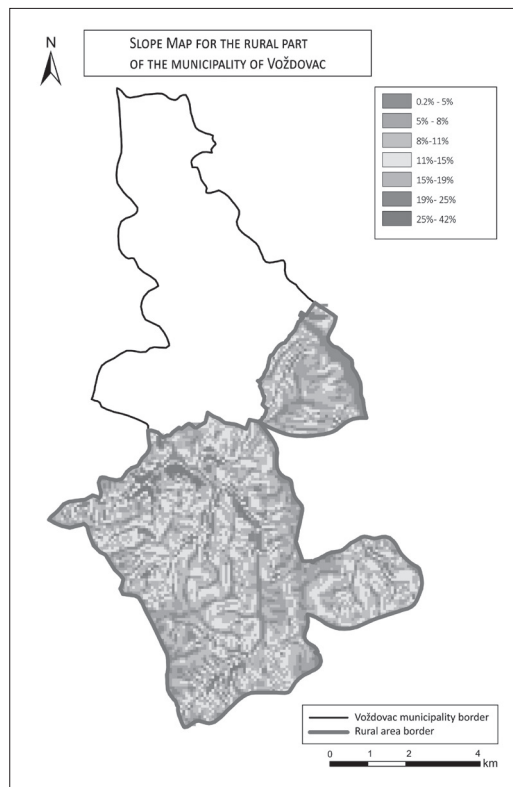


Figure 2. Slope Map for the rural part of the municipality of Voždovac
Source: Author

- shales (these are petrified clay that are part of other sedimentary rocks)
- marl (mixed sedimentary leafy rocks built of clay component (65-35%) and limestone (35-65%)).
- sandstones (tied sedimentary rocks, which are usually constructed predominantly of quartz grains, feldspar and muscovite flakes, and also zircon, apatite, magnetite, garnet, tourmaline. The binder is silicon).

In addition to the mentioned, there are also clay marl sediments and sandy sediments, alluvial pond terrains and alluvial-proluvial. Geological base (Figure 1.) is easily susceptible to degradation processes, and these rocks belong to the group of erodible rocks. This indicates the possibility of soil erosion. According to the slope terrain map (Figure 2.), around 80% of the area include gradients from 5% to 19%, i.e. about 23%

of the area include gradients of 5-8%, 27% of the area include gradients of 8-11%, 20% of the area include gradients of 11-15% and 12% of the area include gradients of 15-19%. The terrain slopes that are present in the territory of the rural part of the municipality Voždovac indicate that there may occur soil erosion, unless the soil is covered with vegetation.

Soil characteristics

In the territory of the rural part of the municipality Voždovac, eutric cambisol is present with about 82%, in its typical form, or more or less in its modified form (Figure 3). Eutric cambisol represents climatogenous land caused by the action of atmospheric precipitation, the annual distribution of rainfall (dry summers), high average annu-

al temperature and wet winters with snow. When it comes to mechanical composition, eutric cambisol is a loamy and sandy-loamy soil, well aerated and drained, rich in bases and minerals. The mineralization is accelerated with the help of high temperatures and there is no occurrence of raw humus, and a great biological activity leads to litter decomposition during one year. Production possibilities of eutric cambisol are great and suitable for growing forests and for a large variety of species.

Vertisol is present in a smaller percentage, with about 4%, and it has well-developed horizons and bad prismatic structure with large aggregates in dry state, which results in a very difficult land cultivation and expensive implementation of ameliorative measures in order to enable stable production. However, in addition to bad qualities of this land, it is a fact that agriculture producers earn income.

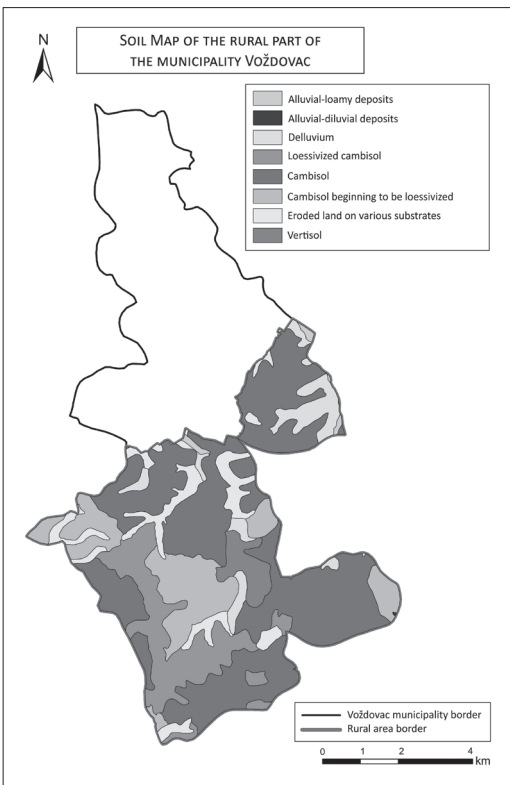


Figure 3. Soil map of the rural part of the municipality Voždovac

Source: Institute of Soil Science

Land use

The stability of forest ecosystems depends on the functioning of ecological factors: climate, orographic, edaphic, biotic and anthropogenic, as well as the geological substrate. Their functioning depends on the environment in which they are located. Bearing in mind that Belgrade and its forest areas are surrounded by numerous industries, toxic emissions on highways and regional roads, and other pollutants that lead to pollution of land and water and disrupt the whole environment, the importance and value of forest ecosystems increases significantly. Since the research area belongs to Forest management unit "Avala", it can be said that these forests are shaped under the anthropogenic influence. According to their origin, they are mostly scions, artificially restored, tall and mixed. The Forest management unit is characterized by a great flora variety of autochthonous and non-native species (over 40 species of trees) (PE "Srbijašume", 2008).

There are following plant species in the research area:

- Typical Quercetum frainetto-cerris tipicum forests represent a climatogenic community of the largest part of Serbia in the lower slopes, up to 600 m above sea level. Edificators are Quercus frainetto and Quercus cerris, and

Table 3. Agricultural area by land use

Source: Statistical Office of the Republic of Serbia

Year	Agricultural area	Arable land and gardens										Total forest land	
		Total	Of that					orchards	vineyards	meadows	Pastures		Fishponds, reed and ponds
			grains	industrial crops	vegetable crops	Forage crops							
1974	9255	7407	6137	20	562	643	723	154	552	419	/	2563	
1981	9312	7155	4971	12	764	1245	747	121	645	644	/	2437	
1991	9186	7050	3994	112	1521	1372	754	95	683	603	1	2437	
2002	9519	6953	4199	117	978	1571	695	104	918	867	2	2437	
2011	9601	6588	2866	12	864	1654	646	111	1484	770	/	2889.65	

there is a greater number of tree species, mainly xerophilous: *Sorbus torminalis*, *Sorbus domestica*, *Fraxinus ornus*, *Tilia argentea*, *Pyrus pyrastra*, *Cornus mas*, *Crataegus monogyna*, *Viburnum lantana*, *Rosa arvensis*, and near the ground *Calamintha officinalis*, *Helleborus odoratus*, *Veronica chamaedrys*, *Chamaecytisus capitatus*, *Galium pseudoaristatum*, *Danae cornubiensis* and others.

- *Quercetum cerris-petraeae* forests are somewhat more xerothermal than dominant *Quercus petraea* forests, and they are more mesophilous than pure *Quercus cerris* forests. They occupy the lower belt of sessile oak forests up to 600 meters above sea level. These forests are spread between the vegetation of *Quercus frainetto* and *Quercus cerris* and pure *Quercus petraea* forests.
- Forests of *Quercus petraea* and hornbeam (*Querco-carpinetum moesiicum*) are located at the transition between the *Quercetum frainetto-cerris tipicum* forests and pure *Quercus petraea* forests. They are characterized by flora wealth. The most common species are: *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Tilia cordata*, *Acer campestre*, *Cornus mas*. Concerning terrestrial flora, there is a great number of *Rubus Mirtus*, *schultesii* *Galium*, *Asperula odorata*, *Fastuca montana* etc.
- Beech forests are located on the lower altitudinal limit of beech forests, and they are almost exclusively mixed with hornbeam and *Tilia*, and rarely with *Quercus petraea*. Pure beech can be found on smaller areas, but these surfaces are not so big to represent a special part. Next to the mentioned species, there are also: *Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Ulmus montana*, *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Sorbus torminalis*. Terrestrial flora: *Cornus mas*, *Cornus sanguinea*, *Sambucus nigra*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina*, *Rubus hirtus*, *Euphorbia amygdaloides*, *Poa nemoralis*, *Viola silvestris*, *Anemone nemorosa* etc.
- Based on the data analysis on the agricultural land use in the period 1974-2011. (Table 3), obtained by SORS (Statistical Office of the Republic of Serbia), it can be seen that there has been a slight increase in agricultural land, mostly meadows. The area for grain cultivation and industrial crops and pastures is declining. Total forest land has increased to 18.57%, and the agricultural area to 3.74%. Areas under cereals decreased by 53.3%. Areas under orchards, vineyards and grains declined in favor of the meadow. Meadow areas have increased by 168.84%.
- Analysis Corine Land Cover Database for 2012 (Figure 4) showed the presence of 44 classes of CLC nomenclature. The complex of agrarian space dominates with 27.31%. Forest area occupies 25.44% of the total territory (deciduous forests 23.56%, 1.66% mixed, shrubs 0.22%), arable land covers 13.87%, pastures 1.72% and the remaining area (8.06%) is occupied by rural settlements.

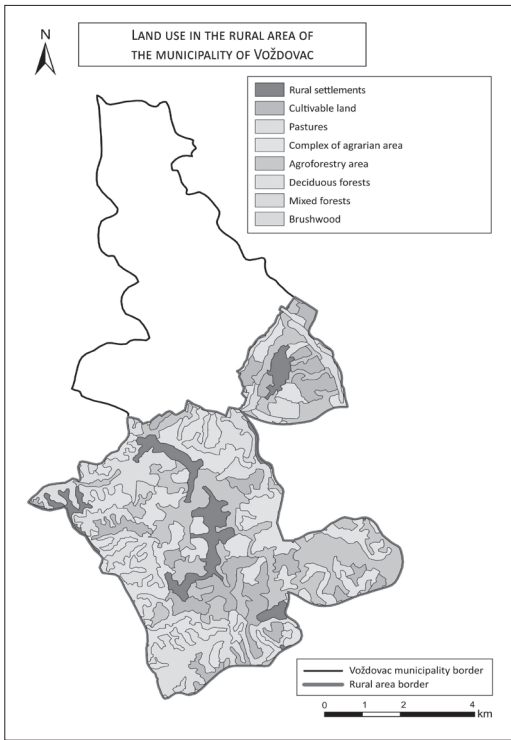


Figure 4. Land use according to the Corine Land Cover database for 2012

Source: CLC

Socio-demographic characteristics

Rural part of the municipality of Voždovac was observed in this analysis. The analyzed demographic data refer to the period 1971-2011. With-

Table 5. The number of households for the period 1971-2011

Source: Statistical Office of the Republic of Serbia

Settlement	Number of households				
	1971	1981	1991	2002	2011
Municipality of Voždovac	44075	53632	53259	56936	59370
Rural part	3397	3553	3686	4266	4144

in this period, the population was constantly increasing, both in the entire municipality area, and the rural part. In the period from 1971 to 2011, the number of inhabitants in the rural part increased from 12199 to 13089 inhabitants. On the other hand, the number of agricultural population was constantly declining. The participation of agricultural population in relation to the total population in 2011 was 0.19%, while the participation of agricultural population in relation to the number of inhabitants in the rural area is 2.31%. Here, a drastic drop was recorded in the participation of agricultural population in total (Table 4).

With the analysis of the total number of households in the whole territory of the municipality of Voždovac, a constant increase was determined for the entire research period, while the number of households in the rural area increased in the period from 1971 to 2002, and then declined until 2011 (Table 5).

The average age of the population in the municipality of Voždovac in the period 1971 - 2011 increased from 32.03 years to 42.4 years, while in the rural area increased from 29.27 years to 42.1 years (Table 6).

Table 4. The number of population for the period 1971-2011

Source: Statistical Office of the Republic of Serbia

Year	1971		1981		1991		2002		2011	
	Number of population	%	Number of population	%	Number of population	%	Number of population	%	Number of population	%
Voždovac (total)	134206	100	159364	100	161376	100	151768	100	158213	100
Urban part	122007	90.91	147130	92.32	148611	92.09	139003	91.59	145124	91.73
Rural part	12199	9.09	12234	7.68	12565	7.79	12765	8.41	13089	8.27
Agricultural population	5137	3.83	3187	2	1276	0.79	743	0.49	303	0.19

Table 6. The average age of the population for the period 1971-2011

Source: Author

Settlement	1971	1981	1991	2002	2011
Voždovac	32.03	34.13	36.27	40.76	42.4
Urban part	32.06	32.02	36.33	40.81	42.4
Rural part	29.27	34.38	35.35	39.59	42.1

Age coefficient shows the participation of the population older than 60 years and in the total population.

<8% demographic youth

8-10% on the verge of aging

10-12% in the aging process

> 12% demographic old age

Age coefficient of 9.99 showed that in 1971 the population of Voždovac was on the verge of aging, and because of that the population increased by 2011 to 24.79, and it reached demographic old age (Table 7). The population of the rural part was in the process of aging in 1971, but it also reached demographic old age with the coefficient of 24.94. With data analysis obtained by the Institute for Statistics, the achieved results show that the total population of Voždovac and the population of the rural part from 1971 to 2011 reached demographic old age.

Table 7. Coefficient of age for the period 1971-2011

Source: Author

Settlement	1971	1981	1991	2002	2011
Voždovac	9.99	16.35	16.67	23.42	24.79
Urban part	9.92	16.15	16.63	23.58	24.78
Rural part	10.82	18.73	17.06	21.72	24.94

The average age of the population (Table 6) and age coefficient (Table 7) are indicators of population aging.

Natural increase (J) by definition represents the change of the number of individuals in a population per time unit, that is to say, the difference between natality (N) and mortality (M). The whole area of the Republic of Serbia, including the municipality of Voždovac, has a negative natural increase rate (Table 8).

Migration balance of population is the difference between the number of immigrant and emigrant population of the observed area in a given period. According to the migration balance, an increase in immigration is obvious, in particular in the last decades. The negative balance is recorded only in the period 1981/71 (Table 9).

Population growth in the rural part of the municipality is the result of large immigration flows,

Table 8. Natural growth for the period 1971-2011

Source: Author

Year	1971			1981			1991			2002			2011		
	N	M	J	N	M	J	N	M	J	N	M	J	N	M	J
Voždovac	2308	929	1379	2170	1201	969	1668	1553	115	1427	2015	-588	1667	1986	-319
Urban part	2128	824	1304	2018	1082	936	1552	1426	126	1356	1859	-503	1624	1833	-209
Rural part	180	105	75	152	119	33	116	127	-11	71	156	-85	43	153	-110

Table 9. Migration balance for the periods between 1971-2011 balance

Source: Author

Settlement	1981/1971 year	1991/1981 year	2002/1991 year	2011/2002 year	2011/1971 year
Voždovac	23779	1043	-9723	7033	22628
Urban part	23819	545	-9734	6624	21813
Rural part	-40	298	211	409	1000

Table 10. Forecast of the population number in 2020 and 2030

Source: Author

Settlement	Број становника								
	1971	1981	1991	2002	2011	Prognosis following geometric progression for 2020	Prognosis following exponential progression for 2020	Prognosis following geometric progression for 2030	Prognosis following exponential progression for 2030
Voždovac	134206	159364	161376	151768	158213	164932	164936	172732	172741
Rural part	12199	12234	12565	12765	13089	13421	13421	13800	13800
Agricultural population	5137	3187	1276	743	303	123	123	45	45

or a higher number of immigrants compared with emigrants. Natural increase has not affected the population growth in the rural part, because its rate has been negative in the last three decades, and higher mortality was recorded in relation to the birth rate in the research period (Table 8).

Using mathematical methods - geometric and exponential progression of population projections in 2020 and 2030, the results are obtained and they show that, in the municipality of Voždovac, as well as in the rural part a population increase is expected, while the agricultural population is expected to decline. According to the geometric progression, compared to 2011, in the municipality, in 2020 is expected to increase for 6719 inhabitants (an increase of 4.24%), and according to the exponential progression, the increase for 6723 inhabitants (an increase of 4.24%). In the rural part of the municipality geometric and exponential progression gave the same results, according to which the population expects 332 more than in the 2011 census. Agricultural population is expected to decline at 123 inhabitants, representing a decrease of agricultural population of 97.61% compared to the year 1971, when there were 5137 (Table 10). Population projections for 2030, shows that compared to the census in 2011, are expected to continue the growth of the population in the municipality of Voždovac according to geometric 14519 inhabitants (an increase of 9.17%) and the exponential progression of 14528 inhabitants (increase of 9.18%). In the rural part increase is expected of 711 people (an

increase of 5.43%), while the agricultural population is expected to decline at 45 inhabitants (a decrease of 86% compared to 1971).

Condition of livestock

In this analysis, a constant growth of livestock from 1971 to 2002 is observed, but also a sharp reduction in the period from 2002 to 2011, which is distinctive for the rural part of the municipality of Voždovac (Figure 1).

For the purpose of this paper, the number of sheep and cattle is particularly interesting due to

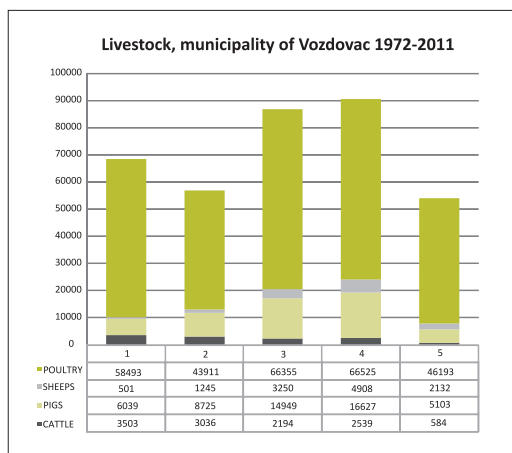


Diagram 1. Livestock, municipality of Voždovac 1971-2011

Source: Author

grazing, and the pressure on grass and forest vegetation.

The number of sheep was constantly increasing from 1972 to 2002, subsequently to 2011 and then declined to about 60%. The number of was constantly declining from 1972 to 2011, i.e. compared to 1972, the number of cattle was reduced to 83.33% in 2011.

Analysis of erosion processes

Mapping the intensity of erosion in Serbia started in 1966, and it was completely finished in 1971. The map is basically done by the empirical method of Gavrilović S. (1972), and additional tables in order to determine the basic parameters which are included in the form of budget coefficient of erosion. After preliminary versions of this map, which were created using the scale 1: 50,000, 1: 100,000 and 1: 200,000, the final ver-

sion of the erosion map of Serbia with legends was published on the scale of 1: 500,000 in 1971.

In order to observe changes in the state of erosion, the situation in 1971 was determined according to the existing erosion maps of Serbia. In the rural part of the municipality of Voždovac, it was erosion of medium depth in 1971 (Figure 5). The medium coefficient of erosion was $Z_{SR} = 0.61$.

The balance of 1988 was obtained from the “Program of protection from erosion and proposal to designate erosion areas with erosion control rmeasures in the municipality of Voždovac” (1988) as a result of a direct field survey. Further reduction in the coefficient of erosion was noted, where medium erosion surface was dominant. The medium coefficient of erosion was $ZSR = 0.42$.

The current state of erosion is obtained by a direct terrain research reconnaissance, and also by prepared surfaces (soil maps geology, CLC, DMT) and their overlapping in the program ArcMap 10. Based on these data, erosion categories

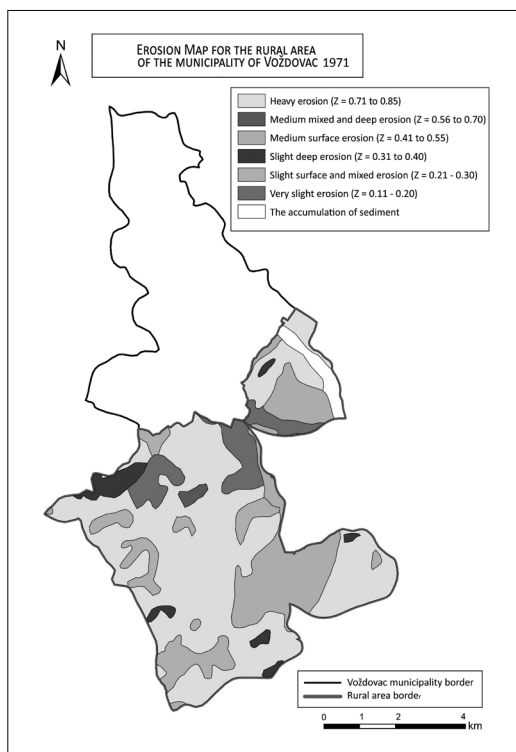


Figure 5. Erosion Map, 1971.
Source: S. Gavrilović

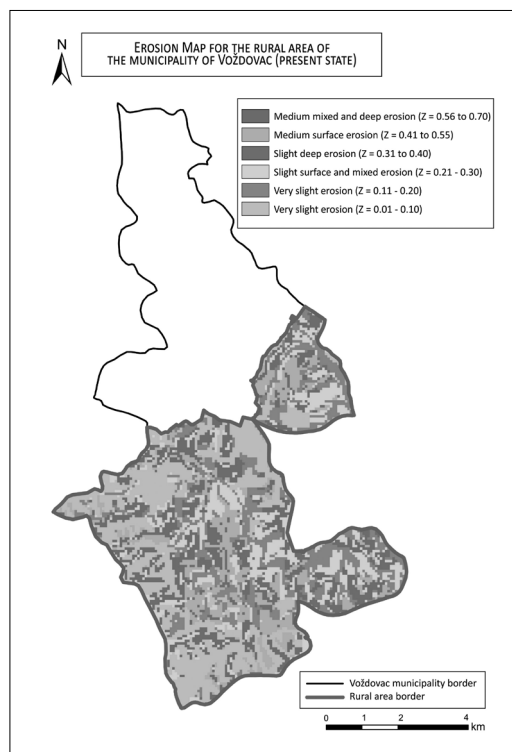


Figure 6. Erosion Map, the present state
Source: Author

Table 11. Total and specific sediment yield in the rural part of the municipality of Voždovac
Source: Author

Year	Z	W_{god}	W_{godsp}
		(m^3/god)	($m^3km^{-2}god^{-1}$)
1971.	0.61	130,803.29	1,419.31
1988.	0.42	74,730.49	810.88
2012.	0.24	32,280.54	350.27

and erosion coefficient values are determined in the given area. Today, in this area, the medium coefficient of erosion is ZSR = 0.24, so we can say that slight surface erosion is dominant today (Figure 6).

Sediment yield

Erosion sediment yield, along with transport and alluvion, is a part of unique natural process that occurs through joint action of natural factors and anthropogenic factors. It plays a major role because it intensifies erosion processes due to negative human activities.

The medium annual temperature and the medium annual precipitation for the 1971-2012 period are used in order to see how dependent the sediment yield is on erosion coefficient.

$$t = 12.4^{\circ}C$$

$$H_{god} = 632.5 \text{ mm}$$

$$T = \sqrt{t/10 + 1} = \sqrt{12.4/10 + 1} = 1.5$$

The total sediment yield from 1971 ($130,803.29 \text{ m}^3/\text{year}$) decreased to $98,522.75 \text{ m}^3/\text{year}$ compared to the total sediment yield in 2012 ($32,280.54 \text{ m}^3/\text{year}$) (Table 11).

The specific sediment yield in 2012 ($350.27 \text{ m}^3 \cdot \text{year}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) decreased by 4.05 times compared to the specific yield from 1971, when it was $1419.31 \text{ m}^3 \cdot \text{year}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ (Table 11).

CONCLUSION

The aging of agricultural population and migration flows show that due to the abandonment of households and the lack of young, working-ac-

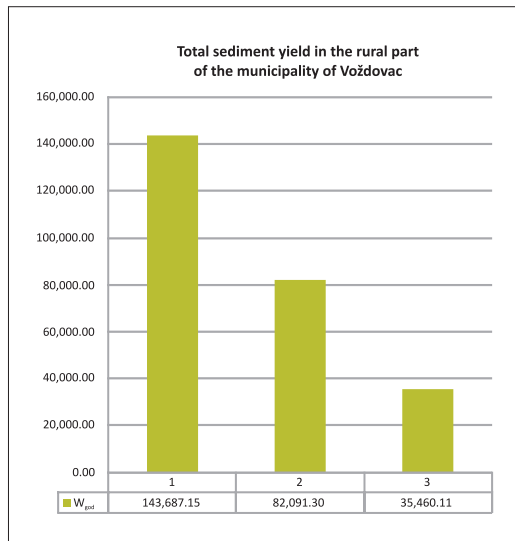


Diagram 2. Total sediment yield in the rural part of the municipality of Voždovac
Source: Author

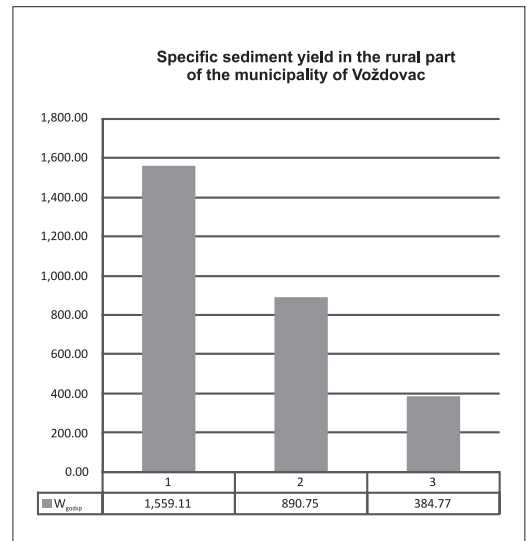


Diagram 3. Specific sediment yield in the rural part of the municipality of Voždovac
Source: Author

tive and physically able workforce, agricultural land remain uncultivated and left to grassing and shrubs. Aging index is increasing, which additionally affects the reduction of agricultural land cultivation and the expansion of wild vegetation. The process of deagrarization caused rural to urban migrations, reduction of the number of agricultural population, and the phenomenon of old and empty rural households, which along with the livestock reduction, contributed together to land pressure reduction. All these factors have led to a significant reduction in intensity of erosion processes in the rural part of the territory of the municipality of Voždovac. The villages and agricultural activity became completely socially marginalized and neglected. The analysis of erosion processes based on the medium erosion coefficient has determined a decrease in erosion intensity of medium depth to slight surface erosion. Sediment yield, both total and specific, from 1971 decreased by 75.32% compared to the sediment yield in 2012.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Babovic S., Zlatić M. (2012): Socio-demographic changes in the basin of Tegošnica river as a factor of change in the intensity of erosion, *EROSION* No. 38, Belgrade (74-84) (in Serbian)
- Breznik D. (1977): Demographics - analysis, methods and models, Demographic Research Centre, Belgrade (in Serbian)
- Dragicevic S., Stepić M. (2006): Changes of erosion intensity in Ljig river basin - Influence of anthropogenic factors, *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, Belgrade (in Serbian)
- Dragicevic S., I. Novković, M. Milutinovic (2009): Changes of erosion intensity in the municipality of Zajecar, *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, Belgrade (in Serbian)
- Filipovski G., Čirić M. (1963): Soils of Yugoslavia, the Yugoslav Society of Soil Science, Belgrade (in Serbian)
- Gavrilović S. (1972): Engineering of torrential flows and erosion, Construction, Special Edition, Belgrade (in Serbian)
- JP ‘Srbijašume’ (2008): Special forest management plan for GJ ‘Avala’ (2008-2017), Belgrade (in Serbian)
- Kostadinov S. (1996): The torrential flows and erosion, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade (in Serbian)
- Lal R., (2001): Soil Degradation by Erosion, *Land Degradation & Development* (519-539)
- Montgomery D.R. (2007): Soil Erosion and Agricultural Sustainability, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (13268-13272)
- Nikolić J., Nikolić M., Nikolić Dj. (2012): The study of the natural characteristics of the basin as a function of forecasts of erosion and accumulation in the case of selected basin, *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA* 62 (2), Belgrade (15-32) (in Serbian)
- Nikolić M.M., Vukoičić D., Penjišević I. (2011): Demographic characteristics of Vrnjačka Banja, *DEMOGRAPHICS: international journal for demographic and other Social Research*, Vol. VIII, University of Belgrade, Faculty of Geography, Belgrade (in Serbian)
- “Program of protection against erosion and erosion proposal to designate the area with the provision of erosion rate in the municipality of Vozdovac” Institute for forestry and wood industries and OOUR Research Institute, design and engineering, Department of erosion and land reclamation (1988) (in Serbian)
- Sekulic G., Dimović D. Jovic Z.K.K., Todorović N. (2012): Assessment of vulnerability to climate change, WWF, Centre for Environmental Improvement (in Serbian)
- The Republic Hydrometeorological Service of Serbia, Basic climate characteristics for the territory of Serbia (standard normal period 1961-1990) http://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/klimatologija_srbije.php (26.09.2015)
- Tošić R., S. Dragicevic, Zlatić M., M. Todosijević, Kostadinov S. (2012): The Impact Of Socio-Demographic Changes On Land Use And Soil Erosion (Case Study: Ukrina River Catchment) *Geographic views* (69-78)

- Zlatić M. (1983): The study of the influence of socio-demographic situation in the state of erosion in the area of Vladicin Han, master's thesis, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade (in Serbian)
- Zlatić M. (1986): The Economics of agricultural holdings in the context of erosion processes in the area of the Grdelica Vranje valley, EROSION No. 14, Belgrade (151-158) (in Serbian)
- Zlatić M. (1995) Socio-Economic Aspects of Erosion Processes in Serbia, Scientific Conference with Participation of Foreign Specialists: 90 Years of Soil Erosion Control in Bulgaria, Sofia (262-256)
- Zlatić M., Dragovic N. (1998): Demographic-Economic Aspects of Erosion Processes and Sustainable Soil Management in Hilly-Mountainous Regions, Serbia, Section F: Sustainable Headwater Management, Proceedings of Headwater '98, The Fourth International Conference on Headwater Control, Merano, Italy, Editors: Martin J. Haigh, Josef Krecek, GS Rajwara, Mariane P. Kilmartin; AA Balkema / Rotterdam / Brookfield (391-398)
- <http://www.hidmet.gov.rs/> (26.09.2015)

