

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје
Шумарски факултет во Скопје
Катедра: Земјиште и вода

М-р Минчев Иван

**РАЗВОЈ НА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА УТВРДУВАЊЕ ЗАШТИТНИ ЗОНИ ОКОЛУ ВОДНА
АКУМУЛАЦИЈА ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈАТА И ТРАНСПОРТОТ НА НАНОС**

(докторска дисертација)

Ментор: проф. д-р Блинков Иван

декември, 2014

Посветено на моето семејство

Комисија за одбрана и оценка на докторска дисертација:

Ментор: Проф. д-р Иван Блинков

Членови на комисијата:

**1. Проф. д-р Александар Трендафилов, претседател
Шумарски факултет - Скопје**

**2. Проф. д-р Станимир Костадинов
Шумарски факултет - Белград**

**3. Проф. д-р Цветанка Поповска
Градежен факултет - Скопје**

**4. Проф. д-р Николчо Велковски
Шумарски факултет - Скопје**

Јазична редакција: Марија Таушанска Анастасовска

АПСТРАКТ

Изградбата на акумулации е приоритетен услов и важен фактор за обезбедување долгорочност и сигурност во користењето на водните ресурси. За таа цел во РМ се изградени 23 големи и повеќе од 120 мали акумулации. Од друга страна, ерозијата и пополнувањето на акумулациите со нанос, претставува еден од главните проблеми со кој се соочува одржувањето на долгорочност, рентабилност и економичност при користењето на акумулациите. Вкупниот просечен годишен доспеан/исталожен нанос во сите акумулации во РМ, изнесува 3.000.000 m³ (Карта на ерозија на РМ, 1993). Поради тоа, заштитата на акумулациите од ерозија и наноси е предуслов за нивно одржливо користење. Во светската литература не постои егзактна и општоприменлива методологија за формирање на заштитни зони околу акумулациите. Постојат само некои искусвени пристапи, кои не се базираат врз научни закономерности, туку само врз експертско мислење.

Како студии на случај се земени две акумулации од сливот на реката Брегалница - „Калиманци“ (акумулација со голем слив) и „Градче“ (акумулација со мал слив).

Најпрво е истражувано користењето на земјиштето во сливот, со цел да се опише динамиката на користење на земјиштето за целиот временски период, преку демографијата во регионот, земјоделските површини кои се обработуваат, површините под пасишта, бројната состојба на стоката и површините што се под шума. Во однос на периодот на изградбата на двете акумулации и денешната состојба се забележуваат значителни разлики. Населението мигрира од село в град, површините под земјоделски практики се намалени, а оние под шума и под пасишта се зголемени. Понатаму се дискутира за количествата на исталожен нанос во акумулациите, како и за режимот на нивно пополнување на акумулациите со текот на времето. Количеството и стапката на исталожениот нанос е потребна за валидација на моделирањето на ерозијата со емпириските методи. Се забележуваат два периода во режимот на пополнување на акумулациите. Првиот, трае до средината на 1980-те, кога количеството на нанос кое доспева до акумулациите е повеќе од два пати поголемо од вториот период, што трае до денес. Наредно е изложена методологијата за пресметување на продуциран и транспортиран нанос. Како главен метод е применет оној на С. Гавриловиќ и неговата веродостојност е валидирана со мерењата за исталожен нанос во акумулациите. И исто така се одредени критични сливови од аспект на ерозија, а се дискутира и за потеклото на наносот што доаѓа во акумулациите и во кои делови од сливот се акумулира. Најголем дел од критичните сливови се наоѓаат околу акумулацијата „Калиманци“, средниот дел од сливот е со средна критичност, а изворишниот дел на р.Брегалница е со најмала критичност. Најголемиот дел од наносот што го транспортира р.Брегалница се задржува во морфолошките проширувања кој изнесува 75%. По овие постапки пристапено е кон креирање на модели при промена на користење на земјиштето во сливот и заклучено е дека промената на користењето на земјиштето има големо влијание врз ерозивните појави и процеси.

Со акумулирање на претходните постапки добиени се зоните во сливот на акумулацијата „Калиманци“, од аспект на ерозија и изложена е процедурата за изработка на зонирањето.

Клучни зборови: ерозија, батиметрија, ГИС, зонирање, ерозивен наносен материјал

ABSTRACT

Construction of reservoirs is a priority for providing sustainability of the water resources. In the Republic of Macedonia there are 23 big and over 120 small water reservoirs. On the other hand, erosion and filling the reservoirs with sediment is one of the main problems of reducing the lifespan of the reservoir. The total annual accumulated sediment in all the reservoirs in the Republic of Macedonia is 3.000.000 m³ (Erosion map of RM, 1993). Because of this, the main prerequisite for protecting the reservoirs from filling up with sediment is their sustainable use. In the world literature there is no exact and wide-spread methodology for zoning of the reservoirs. There are only some empirical approaches which are not based on scientific facts but on expert judgment.

In this study there are two case studies taken, from the catchment of the river Bregalnica: "Kalimanci" reservoir (large catchment) and "Gradce" reservoir (small catchment).

At first, the land use in the catchment is examined in order to assess the dynamics of the land use over the time. The change of the land use is connected with the demography, cultivated land, the area covered with pastures, the number of livestock in the region and the forested areas. In comparison of the period when the reservoirs were built and today, there are considerable differences. The inhabitants migrated from the villages to the towns, then the agriculture land is diminished and the areas under forest and pastures are increased. Further on, the amount of accumulated sediment in the reservoirs over the time is discussed. The amount of accumulated sediment is needed to validate the erosion model. There can be observed two periods. The first lasts to the middle of the 1980's, when the amount of accumulated sediment in the reservoirs is more than double than the second period which lasts till present. Next, the methodology for calculating the produced and transported sediment is discussed. The main method used is the EPM Gavrilovic method and the validity is assessed with the accumulated sediment in the reservoirs. Then the critical subcatchments from erosion point of view are delineated and the source of the sediment in the reservoir is discussed and where it is accumulated. Most of the critical subcatchments are situated around the reservoir "Kalimanci", the middle of the catchment is with medium severity and the highest parts of the river Bregalnica is the least critical. The largest part of the sediment transported by the river Bregalnica is deposited in the valleys, almost 75%. Next, there were several models created if the land use in the catchment was changed and it was concluded that changes in the land use largely affects the erosion processes and phenomena.

With the aggregation of the previous steps, the zones of the reservoir "Kalimanci" from erosion point of view were created and also the procedure for development of the zoning was explained.

Key words: erosion, bathymetry, GIS, zoning, erosive sediment material

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	1
2. ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	6
3. ПОДРАЧЈЕ НА ИСТРАЖУВАЊЕ И ОПИС НА КОРИСТЕНИТЕ ПОДАТОЦИ.....	9
3.1 ПОДРАЧЈЕ НА ИСТРАЖУВАЊЕ.....	9
3.1.1 Акумулација „Калиманци“	12
3.1.1.1 Користење на земјиштето и земјишен покров	12
3.1.1.2 Педолошко-геолошка подлога	13
3.1.1.3 Клима	16
3.1.2 Акумулација „Градче“	18
3.1.2.1 Користење на земјиштето и земјишен покров	18
3.1.2.2 Педолошко-геолошка подлога	19
3.1.2.3 Клима	21
3.2 КОРИСТЕНИ ПОДАТОЦИ.....	22
4. АНАЛИЗА НА КОРИСТЕЊЕТО НА ЗЕМЈИШТЕТО	27
4.1 ВОВЕД	27
4.2 ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	30
4.3 МЕТОД НА РАБОТА	31
4.4 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	33
4.4.1 Демографија и миграциски процеси	33
4.4.2 Користење на земјиштето	35
4.4.3 Сточарство	36
4.4.4 Шумски практики	37
4.5 ЗАКЛУЧОЦИ	46
5. УТВРДУВАЊЕ НА КОЛИЧЕСТВА НА ИСТАЛОЖЕН НАНОС ВО АКУМУЛАЦИИТЕ	48
5.1 ВОВЕД	48
5.2 ТЕОРЕТСКИ ОСВРТ	51
5.3 Досегашни истражувања на акумулациите „Калиманци“ и „Градче“	54
5.4 ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	57
5.5 МЕТОД НА РАБОТА	57
5.5.1 Батиметриско снимање	57
5.5.2 Постапка при батиметриско снимање на акумулацијата „Калиманци“ ...	58
5.5.3 Постапка при батиметриско снимање на акумулацијата „Градче“	62
5.6 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	63
5.6.1 Резултати од батиметриско снимање на акумулација „Калиманци“	63
5.6.2 Резултати од батиметриско снимање на акумулација „Градче“	65
5.6.3 Анализа на резултатите	65
5.7 ЗАКЛУЧОЦИ	68
6. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ПРОИЗВЕДЕН ЕРОЗИВЕН МАТЕРИЈАЛ И ТРАНСПОТИРАН НАНОС ВО СЛИВНИТЕ ПОДРАЧЈА НА АКУМУЛАЦИТЕ	70
6.1 ВОВЕД	70
6.2 ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	74
6.3 МЕТОД НА РАБОТА	74
6.4 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	76

6.4.1	Основна геопросторна датабаза.....	76
6.4.2	Коефициент на ерозија.....	87
6.4.3	Произведен ерозивен материјал и претранспортирани наноси.....	88
6.4.4	Споредба на мерните податоци од батиметриските снимања на акумулациите со моделираните вредности по Гавриловиќ.....	89
6.4.5	Одредување на критични сливови од аспект на ерозија.....	90
6.5	ЗАКЛУЧОЦИ.....	94
7.	МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРАНСПОРТОТ НА НАНОСОТ ПО ТЕЧЕНИЕТО НА РЕКАТА БРЕГАЛНИЦА ДО ВЛЕЗОТ ВО АКУМУЛАЦИЈА „КАЛИМАНЦИ“	98
7.1	ВОВЕД.....	98
7.1.1	Концептуален модел	99
7.1.2	Теоретска рамка на софтверот за моделирање на транспорт на наносот НЕС-RAS.....	101
7.1.2.1	<i>Хидродинамика.....</i>	101
7.1.2.2	<i>Пресметка на транспортот на наносот.....</i>	102
7.2	ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	104
7.3	МЕТОД НА РАБОТА.....	104
7.4	РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА.....	106
7.5	ЗАКЛУЧОЦИ.....	109
8.	МОДЕЛИРАЊЕ НА ФАКТОРИТЕ/ЧИНТЕЛИТЕ НА ЕРОЗИЈА КОИ ВЛИЈААТ ВРЗ ПОГОЛЕМАТА ПРОДУКЦИЈАТА НА НАНОС И ТРАНСПОРТ.....	110
8.1	ГЛОБАЛЕН ПРИСТАП.....	110
8.1.1	Сценарио 1 (позитивно сценарио).....	100
8.1.2	Сценарио 2 (негативно сценарио).....	114
8.2	ЛОКАЛЕН ПРИСТАП (СЦЕНАРИО 3).....	116
8.3	ЗАКЛУЧОЦИ.....	119
9.	ЗАШТИТНИ ЗОНИ ОКОЛУ АКУМУЛАЦИЈАТА ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈА.....	120
9.1	ГЛАВНИ ЧЕКОРИ ЗА ПРИ ФОРМИРАЊЕТО НА ЗОНИТЕ ОКОЛУ АКУМУЛАЦИЈАТА ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈА.....	120
9.2	ДЕТАЛНА ПРОЦЕДУРА ЗА ФОРМИРАЊЕТО НА ЗОНИТЕ ОКОЛУ АКУМУЛАЦИЈАТА ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈА.....	120
9.2.1	Издвојување на критични сливови од аспект на ерозија по методологијата на Гавриловиќ.....	120
9.2.2	Одредување на зони на таложење.....	124
9.2.3	Издвојување на непосреден брег на акумулација.....	126
9.2.4	Издвојување на бафер зона околу акумулацијата.....	126
9.3	Зонирање околу акумулацијата „КАЛИМАНЦИ“ ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈА.....	126
10.	ЗАКЛУЧОЦИ.....	129
	ПОТРЕБА И АКТУЕЛНОСТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	129
	НАУЧЕН И ПРАКТИЧЕН ПРИДОНЕС НА ДОКТОРСКАТА ДИСЕРТАЦИЈА.....	129
	ПРЕПОРАКИ И ИДНИ ИСТРАЖУВАЊА.....	130
11.	КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.....	131

Листа на слики

Слика 1	Подрачје на истражување во рамките на границите на РМ.....	9
Слика 2	Карта на користење на земјиштето на сливот на акумулацијата „Калиманци“	13
Слика 3	Педолошка карта на сливот на акумулацијата „Калиманци“	15
Слика 4	Годишна изотермна карта на сливот на акумулацијата „Калиманци“ (лево); Годишна изохиетска карта на сливот (десно).....	17
Слика 5	Карта на користење на земјиштето за сливот на акумулацијата „Градче“	19
Слика 6	Педолошка карта на сливот на акумулацијата „Градче“	21
Слика 7	Годишна изотермна карта на сливот на акумулацијата „Градче“ (лево); Годишна изохиетска карта на сливот (десно).....	22
Слика 8	Анализирани Шумско стопански единици во близина на акумулацијата „Калиманци“	38
Слика 9	Чиста сеча изведена во периодот 2002-2003 (ШСЕ Дулица-Сива Кобила одд. 66 и 67 а)	42
Слика 10	Чиста сеча изведена по 2007 (ШСЕ Ветрен – Сараево одд. 17 а и в)	43
Слика 11	Практики на лисничарење во сливот на акумулацијата „Калиманци“ (слив на р. Сушица)	45
Слика 12	Пловен објект за мерење на длабочини од XIX век (NOAA централна библиотека, Jakubauskas M., deNoyelles F., 2008 ³⁸)	51
Слика 13	Теорија на ехосондерско снимање.....	52
Слика 14	Снимање на дното со различни фреквенции (лево 200 kHz, десно 50 kHz)	53
Слика 15	ГПС ехо-сондер GPSMAP 521s.....	58
Слика 16	Извадок од ситуација со напречни профили на акумулација Калиманци – Р 1:10.000	59
Слика 17	Профил бр.30, акумулација Калиманци, „нулта состојба“ и последователното снимање за исталожен наносен материјал	59
Слика 18	Шемтски приказ на напречни профили на акумулација	61
Слика 19	Профили на снимање на акумулацијата „Калиманци“ при ехосондерското снимање во 2013г.	62
Слика 20	Патека на батиметриско снимање на акумулацијата „Градче“	63
Слика 21	Делинеација на подсливови во сливот на акумулацијата „Калиманци“	77
Слика 22	γ – реципрочна вредност на коефициентот на отпорот на земјиштето за сливот на акумулацијата „Калиманци“	80
Слика 23	γ – реципрочна вредност на коефициентот на отпорот на земјиштето за сливот на акумулацијата „Градче“	80
Слика 24	ϕ – коефициент на видливи и јасно изразени процеси на ерозија за сливот на акумулацијата „Градче“	82
Слика 25	ϕ – коефициент на видливи и јасно изразени процеси на ерозија за сливот на акумулацијата „Калиманци“	82
Слика 26	ϕ – коефициент на видливи и јасно изразени процеси на ерозија за сливот на акумулацијата „Градче“	82
Слика 27	Фотоинтерпретација на параметарот „Ха“ за тип земјишен покров - шума.....	86
Слика 28	Коефициентот „Ха“ за сливовите на акумулациите „Калиманци“ и „Градче“.....	87
Слика 29	Коефициент на ерозија „Z“ за сливот на акумулацијата „Калиманци“	88

Слика 30	Специфична продукција на ерозивен наносен материјал на ниво на подсливови во сливот на акумулацијата Калиманци	92
Слика 31	Специфичен транспорт на наносен материјал на ниво на подсливови во сливот на акумулацијата Калиманци.....	92
Слика 32	Исталожен наносен материјал, р. Брегалница, с. Тработивиште	98
Слика 33	Скица за основната енергетска равенка.....	100
Слика 34	Шема на квази-стационарна поделба на протекот	102
Слика 35	Шема на контролниот волумен користен од HEC-RAS за пресметка на наносите (Извор: HEC-RAS River Analysis system: Hydraulic reference manual)	104
Слика 36	Сумирање на месечните количествата на нанос на поединечен профил.....	106
Слика 37	Кумулативен влез и излез на наносен материјал по профили	107
Слика 38	Зони на таложење по текот на р. Брегалница.....	108
Слика 39	Сценарио 1; Специфичен транспорт на наносен материјал на ниво на подсливови	113
Слика 40	Сценарио 2; Специфичен транспорт на наносен материјал на ниво на подсливови	115
Слика 41	Поставеност на сливовите во Сценарио 3	117
Слика 42	Зони на таложење во сливот на акумулацијата „Калиманци“	125
Слика 43	Зонирање околу акумулацијата „Калиманци“ од аспект на ерозија.....	127

Листа на табели

Табела 1	Основни параметри на сливовите	10
Табела 2	Карактеристики на браните	10
Табела 3	Користење на земјиштето и земјишен покров во сливот на акумулацијата „Калиманци“	12
Табела 4	Структура на почвените типови во сливот на акумулацијата „Калиманци“	14
Табела 5	Структура на геолошка градба на сливот на акумулацијата „Калиманци“	16
Табела 6	Користење на земјиштето и земјишен покров во сливот на акумулацијата „Градче“	18
Табела 7	Структура на геолошка градба на сливот на акумулацијата „Градче“	20
Табела 8	Структура на почвените типови во сливот на акумулацијата „Градче“	20
Табела 9	Просторна димензионалност на влијанието на користењето на земјиштето	28
Табела 10	Влијание на типот на сеча на ерозијата.....	30
Табела 11	Динамика на бројното движење на селското и градското население за подрачјето на Малеш и Пијанец за период (1948-2013)	33
Табела 12	Динамика на бројно движење на населението во селските населби	34
Табела 13	Разлика во површините на користење на земјиштето (1976-2011)	35
Табела 14	Разлика во бројната состојба на стоката (1976-2011).....	36
Табела 15	Преглед на реализираните сечи во ШСЕ	38
Табела 16	Анализа на планирани типови на сечи	40
Табела 17	Акумулационен простор, моќост и пополнување на акумулациите во светски рамка	49
Табела 18	Количества на исталожен нанос во акумулацијата „Калиманци“ од нејзиното формирање до 1997.....	56
Табела 19	Споредба на двете последни батиметриски мерења на акумулацијата „Калиманци“	64

Табела 20	Разлика во климатски елементи за периодите 1971-1985 и 1986-2010.....	66
Табела 21	Пресметани и одредени соодноси на суспендиран и влечен нанос.....	71
Табела 22	Рекласификација на параметарот „ γ “.....	79
Табела 23	Услови кои влијаат на коефициентот „ φ “.....	81
Табела 24	Услови за одредување на параметарот X_a	83
Табела 25	Рекласификација на параметарот „ X_a “.....	84
Табела 26	Рекласификација на параметарот „ X_a “ на користење на земјиште од СИЗП.....	85
Табела 27	Распоред на површините по категории на транспорт на нанос.....	93
Табела 28	Превземени мерки како промена на коефициентот X_a ; Сценарио 1;.....	111
Табела 29	Главни параметри за сливовите во Сценарио 3 – пред и по сеча.....	118
Табела 30	Категории на критичност од аспект на ерозија.....	124

1. ВОВЕД

Почвата и водата се два од трите основни чинители на животната средина. Додека водите се обновлив ресурс, педогенезата е долготраен процес, поради што почвите се практично необновлив ресурс (Блинков, 2003 ¹).

Ерозијата на земјиштето е означена како најзначаен, најопасен и најраширен тип на деградација на почвата, заради што се јавува како лимитирачки фактор во одржливото користење на земјиштето и развојот на подрачјата, државите и регионите. Почвата може да биде еродирана, заради дејството на водата и ветерот или на нивното заедничко влијание. Таа се јавува и се манифестира како последица од дејството на водата и ветерот или нивното заемно влијание. Водената ерозија може да биде: плувијална (ерозија предизвикана од дејството на дождот) и флувијална (ерозија предизвикана од дејството на протечната вода). Ерозијата предизвикана од дејството на ветерот (еолска ерозија) е обележје и карактеристика на подрачја-региони со пустински и степско-пустински карактер, а за нашето поднебје е минорна во споредба со водната ерозија. Абразивната ерозија (ерозија предизвикана од взаемното-комбинираното дејство на водата и ветерот) е присутна на бреговите на океаните, морињата, а во РМ ја има на бреговите на природните и вештачки езера.

Ерозијата на земјиштето како појава и процес ги следи човековите активности од неговото постоење до денес. Тоа е глобален светски проблем кој зависно од географската положба на државите, специфичностите на природните фактори и степенот на социоекономскиот развој, нанесува огромни штети во севкупниот развој на општествено-економските системи. Ерозијата на земјиштето е феномен кој влијае најнепосредно врз одржливиот развој и унапредувањето на двата најсуштествени извори за животот на планетата Земја, почвите и водите, а посредно на вегетацијата и воздухот. Дејството на ерозивните процеси најнепосредно влијае врз примарните гранки на локално, регионално, континентално и светско ниво, а пред се: врз земјоделството, водостопанството, шумарството, енергетиката, сообраќајот, урбаното и просторно планирање и секако, врз животната средина.

¹ Блинков И. (главен истражувач), Трендафилов А. и Каевски И. (соработници истраж.), 2003, Оттекувањето на водите и наносите од аспект на улогата и влијанието на шумите, научно истражувачки проект, УКИМ Шумарски факултет - Скопје

Ерозивните наноси што се создаваат како производ од дејството на ерозивните процеси, преку оттекнатите води, доспеваат во хидрографската мрежа претворајќи ги бистрите водотеци во матни текови исполнети со кал, песок и камен. Понатаму, овие поројни води пристигнуваат во руралните и урбаните средини каде нанесуваат огромни штети во населбите, по земјоделските површини, водостопанските објекти и системи, хидроенергетските и енергетските објекти и системи, инфраструктурата и сл. Често пати како резултат на ерозија на почвата на земјоделско земјиште се промиваат разни полутанти, кои заедно со наносот се транспортираат и до крајниот реципиент предизвикувајќи и еутрофикација на неистечните води.

Ерозивните процеси се елементарна причина за уништување на земјишниот фонд и за големите нарушувања на режимот и квалитетот на водите, односно за енормното опаѓање на расположливите резерви на квалитетна вода неопходна за различни намени во секојдневието на човекот и неговиот развој.

Ако се следат предвидувањата, во блиска иднина, населението на планетата Земја пред сè заради демографскиот прираст и се поголемите потреби за здрава и квалитетна вода и храна и прогнозираните климатски промени, неминовно се наметнува потребата од преземање и реализација на активности за одржливо управување со водите. Водата е обновливо природно богатство, истовремено и незаменлив фактор и услов за опстанок, одржливост и развој, на живиот свет на планетата Земја, но согласно хидролошките циклуси, **мораме да разбереме и да знаеме дека количествата на употреблива вода се ограничени и се во рамките на 0,36 % од вкупно расположливите води на нашата планета².**

До 2025 година, 1,8 милијарди луѓе ќе живеат во земји или региони во кои има недостаток на вода, и две третини од светската популација ќе биде засегната од овој проблем (FAO Water scarcity³). Се предвидува дека потребата од водни ресурси ќе се зголеми за 50 проценти во земјите во развој и за 18 проценти во развиените земји. Користењето на водите е зголемено повеќекратно и тоа повеќе од двојно во споредба

² "How much water is there on Earth?" 01 April 2000. HowStuffWorks.com.

<<http://science.howstuffworks.com/environmental/earth/geophysics/question157.htm>> отворен на 02.01.2015.

³ FAO Water scarcity, 2013, http://www.fao.org/nr/water/topics_scarcity.html, отворен на 18.09.2014

со растот на светската популација. До 2015 г. скоро половина од популацијата, над 3 милијарди луѓе, ќе живеат во региони во кои има недостиг од вода (ibid).

Во аридните и семиаридните региони, одржливото управување со водите претставува важна алка во економскиот систем на државата. Вкупните водни ресурси во РМ варираат од 4,8 милијарди m^3 (во сушна година/сезона) до 6,37 милијарди m^3 (во нормална година/сезона). Распоредот на користењето на водите во РМ изнесува: 62,6% за наводнување, 26,4% за водоснабдување на населби и индустрија и 11% за друга намена (Просторен план на РМ, 2004 ⁴).

Вештачките акумулации се повеќенаменски: за наводнување, водоснабдување, заштита од поплави, прозивводство на хидроенергија, рибарство, туризам итн. Изградбата на акумулации претставува приоритетен услов и фактор за обезбедување на долгорочност и сигурност во користењето на водните ресурси. За таа цел во РМ се изградени 23 големи и повеќе од 120 мали акумулации (ibid).

Од друга страна, пак, ерозијата и пополнувањето на акумулациите со нанос, претставува еден од главните проблеми со кои се соочува одржувањето на долгорочност, рентабилност и економичност при користењето на акумулациите. Вкупниот просечен годишен доспеан/исталожен нанос во сите акумулации во РМ, изнесува 3.000.000 m^3 (Карта на ерозија на РМ, 1993 ⁵). Поради ова, заштитата на акумулациите од ерозија и наноси е предуслов за нивно одржливо користење.

Постојат две групи на штети предизвикани од ерозивните процеси: он-сајт и оф-сајт ефекти (Блинков, 2001 ⁶). Он-сајт ефектите се поврзуваат со губитоци на хранливи материји, почвен материјал и вода. Во случајот што се истражува, оваа група на штети е толку значајна и на нив повеќе се гледаат од аспект на тоа во каква зависност се со оф-сајт ефектите, т.е. каков материјал и во кој обем ќе генерираат за да имаат влијание на крајниот реципиент, т.е. акумулационата зафатнина. Тука пред сè се мисли на количеството, гранулометриските и други карактеристики на ерозивниот нанос, кој ќе придонесе кон пополнувањето на акумулациите. Се проценува дека годишно 0,5 до 1

⁴ Просторен план на РМ, 2004, Агенција за планирање на просторот

⁵ Карта на ерозија на РМ, 1993, Завод за водостопанство на РМ

⁶ Блинков, 2001, Книга: Заштита на земјиштето од ерозија стр.48

процент од вкупната зафатнина на водните акумулации во светот се губи како резултат на пополнување на акумулациите со нанос (White, 2001⁷).

За да може оптимално да се планира заштитата на акумулациите од ерозија и наноси потребно е да се дефинираат зоните и локалитетите од каде што генерираниот ерозивен материјал доспева во акумулацијата.

Постојат повеќе методи кои го третираат ризикот од ерозија. Сите вклучуваат помалку или повеќе влезни параметри, при што поголемиот дел од нив се исти. Главни влезни параметри се: подлогата (почва, геолошка подлога), земјишниот покров, наклон на теренот, климатски карактеристики, еродибилност на подлогата, густината и карактеристиките на хидрографската мрежа и др. Повеќето од нив се релативно константни за едно подрачје, освен земјишниот покров и климатските елементи и параметри.

Земјишниот покров или користењето на земјиштето претставува највлијателен и најваријабилен фактор/параметар, кој за кратко време може значително да се промени. Добрата вегетациска покривка значително ги намалува површинското оттекување, поплавните бранови и потенцијалот на ерозија. Оттука може да се каже дека непосредните брегови на акумулациите треба да бидат посебно заштитени со вегетација, бидејќи така се намалува еродирањето на непосредниот брег, голем процент од наносите ќе бидат задржани на местото на настанување или во непосредна близина, а квалитетот на водата ќе биде на високо ниво заради ефектите од заштитните функции на вегетацијата.

Повеќето методи за оцена на ризикот од ерозија одредуваат ризични места кои заради склопот на фактори што влијаат на ерозијата, генерираат ерозивен материјал во смисла на он-сајт ефект.

Од друга страна, пак, само неколу методи ги прикажуваат оф-сајт ефектите кои што генерираниот нанос ги има врз реципиентот (Блинков и Костадинов, 2010⁸). Повеќето методи прикажуваат количество на генериран нанос, но транспортната дистанца не е

⁷ White W R., 2001, Evacuation of Sediments from Reservoirs. London: Thomas Telford.

⁸ Блинков и Костадинов, 2010, Applicability of Various Erosion Risk Assessment Methods for Engineering Purposes, BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia - 25, 29 May 2010

вкalkулирана, т.е не се знае дали едно ерозивно жариште е доволно големо и блиску, но и какви се условите за транспорт за да може да придонесе во пополнувањето на акумулацијата.

Во светската литература не постои егзактна и општо применлива методологија за формирање на заштитни зони околу акумулации. Постојат само некои искусвени пристапи кои не се базираат на научни закономерности, туку само на експертско мислење.

Од друга страна, со нашата законска регулатива, т.е Законот за водите од 2008 година, се поставени некои основи за заштита на акумулациите кои се базираат на препораките во Рамковната директива за води на ЕУ. Оваа директива посветува повеќе внимание на еколошката состојба на водите, при што квалитативните елементи од хемиски или физички аспект или пак хидроморфолошките и хидролошките аспекти се само поддршка на еколошката состојба, бидејќи тоа се главните проблеми со кои се соочуваат повеќето европски држави, освен медитеранските земји. Аспектот на ерозијата во оваа директива доминантно се споменува само како причинител за механичко и хемиско загадување на водата. Во земјите на Јужна и Југоисточна Европа, како и на Азија и Африка, ерозијата и недостатокот на вода се голем проблем, па затоа и во Законот за водите на РМ има и посебно поглавје за ерозијата и пороите. Потребата за зонирање на сливните подрачја на акумулациите не е само локална, туку е проблем од глобални рамки, заради што потребно е да се изработи методологија за зонирање и заштита на акумулациите од аспект на ерозијата.

2. ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Предмет на истражувањето се ерозијата, транспортот на наносот и пополнување на акумулациите со нанос.

Цел на истражувањето е да се постават рамки за прелиминарна оперативна методологија за утврдување на заштитни зони околу акумулациите, од аспект на ерозијата и транспорт на нанос.

Оваа цел може да се подели на повеќе потцели:

- I. Анализа на користењето на земјиштето и употребувани практики од почетокот на користење на акумулациите
- II. Утврдување на количества на исталожен нанос и режим на пополнување во акумулациите
- III. Одредување на продуцирани и претранспортирани количества ерозивен материјал во сливните подрачја на акумулациите
- IV. Анализа на транспорт на нанос низ речно корито
- V. Моделирање на факторите на ерозија кои влијаат врз поголемата продукција на нанос и транспорт на истиот до крајниот реципиент, водната акумулацијата и
- VI. Поставување на процедурална основа за формирање на заштитни зони околу акумулациите од аспект на ерозија

Бројот на потцелите коинцидира со бројот на поглавијата кои следат и дискусијата е насочена во следната насока:

Во **третото поглавје** е даден генерален опис на истражувачкото подрачје, како и на резултатите од развиената основна геопросторна датабаза со оние фактори кои се предмет на натамошно моделирање.

Четвртото поглавје го обработува користењето на земјиштето во сливот. Главна цел во ова поглавје е да се опише динамиката на користењето на земјиштето за целиот временски период на постоењето на акумулациите кои се истражуваат. Главни индикатори кои се истражуваат се демографијата во регионот, земјоделските површини кои се обработуваат, површините под пасишта, бројната состојба на стоката во регионот и површините што се под шума. Присуството на човекот е најважен фактор кој врши притисок врз состојбата на животната средина и конзервацијата на почвата.

Понатаму присуството на човекот се врзува со земјоделските површини кои се обработуваат, стоката која се одгледува и на колкави површини истата изведува напасување. Исто така колку е поголемо присуството на претходните индикатори, толку е поголем и притисокот врз шумите и природата како целина. На крајот се прави анализа на шумските практики во сливот, а пред сè на местата кои се најкритични од аспект на ерозија.

Во **петтото поглавје** се дискутира за количествата на исталожен нанос во акумулациите, како и за режимот на пополнување на акумулациите со текот на времето. Количеството и стапката на исталожениот нанос е потребна за валидација на моделирањето на ерозијата со емпириските методи.

Во **шестото поглавје** е изложена методологијата за пресметување на продуциран и транспортиран нанос. Како главен метод е применет методот на С. Гавриловиќ и неговата веродостојност е валидирана со мерењата за исталожен нанос во акумулациите. Понатаму се издвоени критични сливови од аспект на ерозија, а исто така се дискутира за потеклото на наносот што доаѓа во акумулациите и во кои делови од сливот се акумулира. Ова поглавје е основа за предлогот за зонирање на сливовите кои гравитираат кон акумулациите.

Седмото поглавје ја обработува темата на транспорт на нанос во главниот водотек, реката Брегалница. Главна цел во ова поглавје е да се моделира исталожувањето на наносниот материјал по течението на главниот водотек, за да се дефинираат зони на таложење и колкав процент од вкупниот нанос останува во сливот, а колкав удел од наносот доспева до акумулацијата „Калиманци“.

Осмото поглавје е посветено на креирање претпоставки за ранливоста на сливот на промени. Овие претпоставки се поткрепени со изработка на повеќе сценарија. При поставувањето на моделните рамки, земени се два пристапа на моделирање: глобален и локален пристап. Во рамките на глобалниот пристап има две сценарија: позитивно и негативно сценарио. Првото сценарио се води по претпоставката: каква ќе биде ситуацијата со количеството на годишно акумулиран наносен материјал во акумулацијата доколу се изведат био-мелиоративни мерки во сливот. Негативното сценарио се води од претпоставката ако користењето на земјиштето се доведе во

состојба како пред изградбата на акумулацијата „Калиманци“. Локалниот пристап, од друга страна, се занимава со прашањето: што ќе се случи во сливот доколку се извршат сечи, со различен обем и оддалеченост од акумулацијата.

Во **деветото поглавје** е изложена процедурата за формирање на заштитни зони околу водни акумулации од аспект на ерозија.

Сите поглавја се конципирани како засебни целини и ги имаат сите елементи на целината: вовед, методолошка рамка, резултати, дискусија и заклучоци.

Оваа конструкција е одбрана бидејќи различни поглавија обработуваат различни теми и доколку би се избрала стандардна обработка на темата, со посебни поглавија за вовед, методолошка рамка, резултати, дискусија и заклучоци, би се изгубил текот на мислата за читателот.

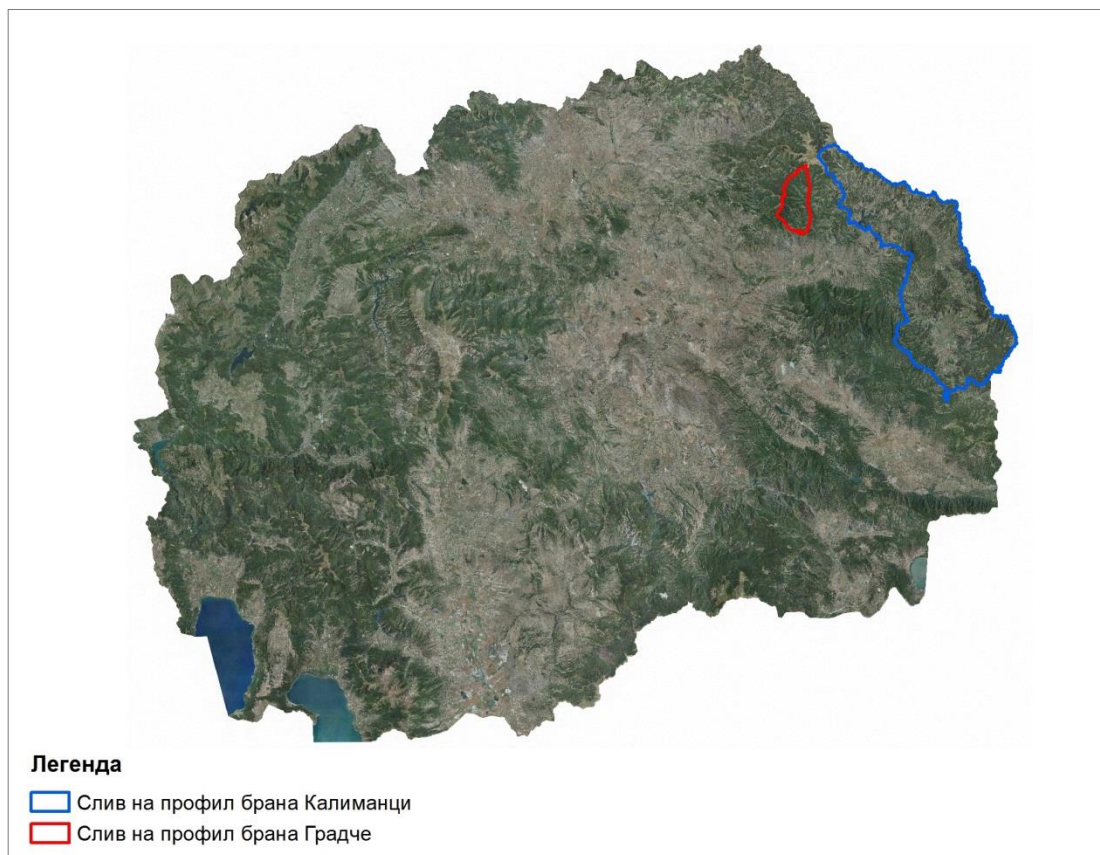
3. ПОДРАЧЈЕ НА ИСТРАЖУВАЊЕ И ОПИС НА КОРИСТЕНИТЕ ПОДАТОЦИ

3.1 ПОДРАЧЈЕ НА ИСТРАЖУВАЊЕ

Регион на истражување е горниот и средниот дел од сливот на реката Брегалница. Во сливот на р. Брегалница има повеќе големи брани и акумулации кои се различни по големина и намена: Ратевско езеро (Младост), Калиманци, Градче-Кочани, Мавровица–Св.Николе, Злетовица и Лакавица. Покрај овие, има и поголем број на мали акумулации.

Методологијата е поставена и тестирана на две акумулации: Калиманци (голема акумулација со долг и голем слив) и Градче-Кочани (акумулација со мал слив).

Првото подрачје го опфаќа сливот на р.Брегалница до профилот брана Калиманци. Реката Брегалница е лева и втора по големина притока на р. Вардар. Се формира во Малешевските планини, во близина на врвот Ченгино Кале, кој се наоѓа на околу 1690 мнв.



Слика 1 Подрачје на истражување во рамките на границите на РМ

Табела 1 Основни параметри на сливовите

Ред бр.	Сливно подрачје	Површина на сливот	Долж. на водотек	Вододелница	Кота на извор	Кота на профил	Средна надм. вис.	Средна вис. разлика
		F (км ²)	L (km)	O (km)	Nizv	Npr	Nsr (m)	D (m)
1a	Калиманци - профил Очипале	855,70	69,4	117	1,69	574	1,08	506
16	Калиманци - Брана Калиманци	1.135,30	94	179	1,69	445	976	531
2	Брана Градче	88,39	18,62	47,29	438	465	1084,5	619,5

Табела 2 Карактеристики на браните

Слив	Име на брана	Водотек	Изградена	Тип	Н	Нк	Lk	Кота		Зафатнина на акумулација		Зафат. на брана V
								круна	нор. ниво	корисна	вкупна	
								(m)	(m)	(m)	мнв	
Река Вардар	Калиманци	Брегалница	1969	КЗ	85,0	95,0	232,0	519,5	515,0	120,0	127,0	1470,0
	Градче	Кочанска/ Брегалница	1959	Л	29,0	43,0	150,0	467,0	465,0	1,8	1,8	12,0

Тип на брана: КЗ - камено-земјана, Л – лачна; Н – Висина над терен, Нк – Конструктивна висина, Lk – Должина на круната.⁹

Основните параметри на сливното подрачје на Брегалница на профил Очипале и профил брана Калиманци, и брана Градче се прикажани во табела 1.

⁹ Водостопанството на Република Македонија, ЈВП „Водостопанство на Македонија“ – Скопје, 1999

Сливното подрачје на реката Брегалница, а воедно и на акумулацијата „Калиманци“, се простира во источниот дел на Република Македонија, помеѓу $40^{\circ}51'56''$ и $41^{\circ}36'20''$ северна географска широчина и $20^{\circ}56'45''$ и $22^{\circ}4'58''$ источна географска должина.

Преградното место на акумулацијата „Калиманци“ кон кое гравитира сливното подрачје на река Брегалница се наоѓа 126 km од вливот во р.Вардар, 20 km спротиводно од градот Кочани, во близина на Калиманско Поле, а 10 km спротиводно од зафатот за наводнување, каде што р.Брегалница го напушта клисурестиот дел и влегува во Кочанско Поле.

Браната „Градче“ се наоѓа на Кочанска Река и е градена во периодот 1958-1959 година. Браната е бетонска лачно-гравитациона, со основна намена за наводнување на површина од 576 ha и водоснабдување.

Од претходните табели може да се види дека параметрите на двете предметни сливни подрачја се сосема различни. Сливот на акумулацијата „Калиманци“ е доста поголем од сливот на акумулацијата „Градче“ (1135.3 km^2 наспроти 88.39 km^2), а исто така и акумулациониот проектиран волумен на акумулацијата „Калиманци“ е приближно сто пати поголем од оној на „Градче“. Од друга страна се гледа дека и двата слива се на слична средна надморска височина. Претпоставка е дека во нив владеат слични климатски услови и од тука произлегува дека амплитудите на температурите и врнежите се многу блиски. На ова прашање ќе се посвети повеќе внимание во натамошната елаборација на материјата. Двете брани се изградени во втората половина на минатиот век, со разлика од десет години, со што се обезбедува поголем континуитет и временска рамка за поставување на добри моделни рамки за истражувањето.

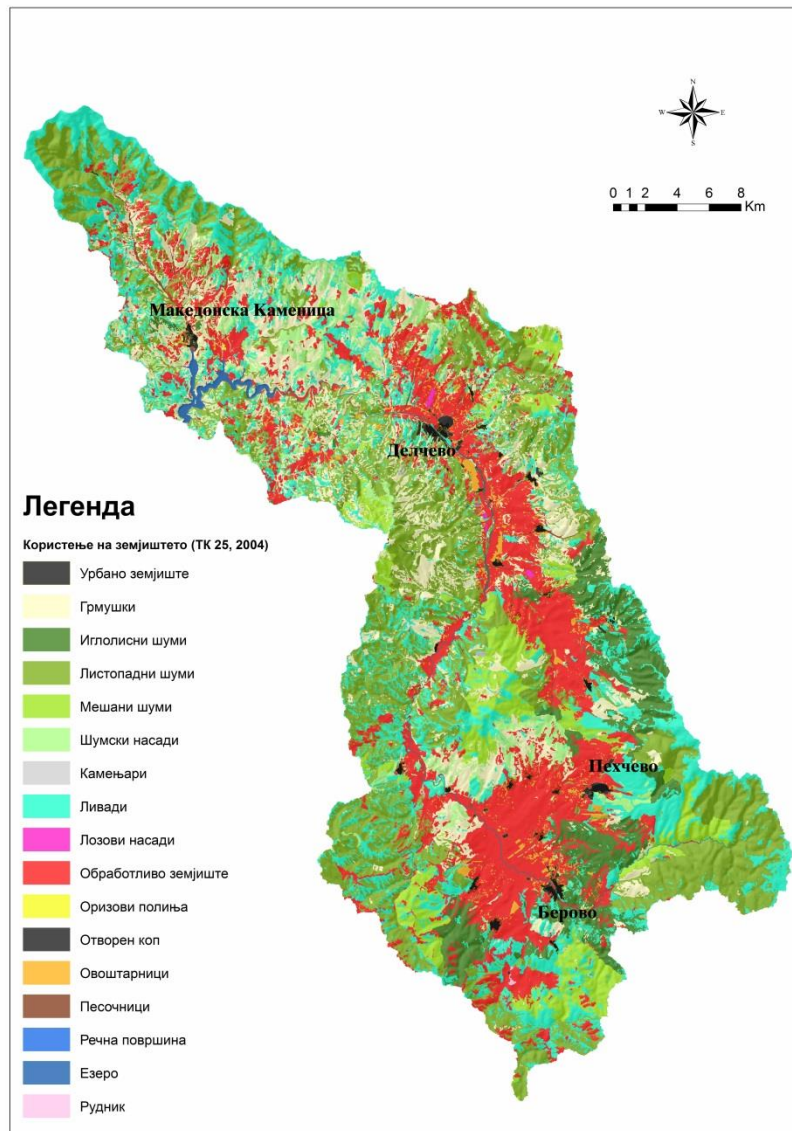
3.1.1 Акумулација „Калиманци“

3.1.1.1 Користење на земјиштето и земјишен покров

Земјишниот покров и користењето на земјиштето во сливот на акумулацијата „Калиманци“ е претставен пред сè со природно рурални елементи. Според топографските карти (Р 1:25.000), изработени од Агенцијата за катастар на РМ, според состојбата од 2004 г., најзастапени се шумите со 46,1 %. Понатаму, обработливото земјиште, со 19,1 %, ливадите со 18,2 %, грмушки со 12,7% и овоштарници со 1,7 %.

Табела 3 Користење на земјиштето и земјишен покров во сливот на акумулацијата „Калиманци“

Тип	Површина (ha)	%
Археолошко наоѓалиште	0,92	<0,1
Автобуска станица	0,79	<0,1
Бензинска	0,16	<0,1
Болница	2,80	<0,1
Депонија	5,71	<0,1
Езеро	528,99	0,47
Фабрика	4,53	<0,1
Граничен премин	3,20	<0,1
Грмушки	14323,70	12,7
Иглолисни шуми	7209,15	6,4
Индустриски објект	91,89	<0,1
Историско место	0,75	<0,1
Јавен објект	4,24	<0,1
Камењари	168,99	0,15
Листопадни шуми	29668,50	26,3
Ливади	20547,40	18,2
Лозови насади	74,23	<0,1
Мешани шуми	9843,42	8,7
Ниско изградено земјиште	975,94	0,9
Обработливо земјиште	21464,50	19,1
Оризови полиња	7,52	<0,1
Отворен коп	17,41	<0,1
Овоштарници	1889,70	1,7
Пазар	14,76	<0,1
Песочници	285,77	0,2
Речна површина	92,92	0,1
Рибник	3,89	<0,1
Рудник	16,41	<0,1
Шумски насади	5302,50	4,7
Училиште	13,58	<0,1
Верски објект	47,88	<0,1
Високо изградено земјиште	1,10	<0,1



Слика 2 Карта на користење на земјиштето на сливот на акумулацијата „Калиманци“

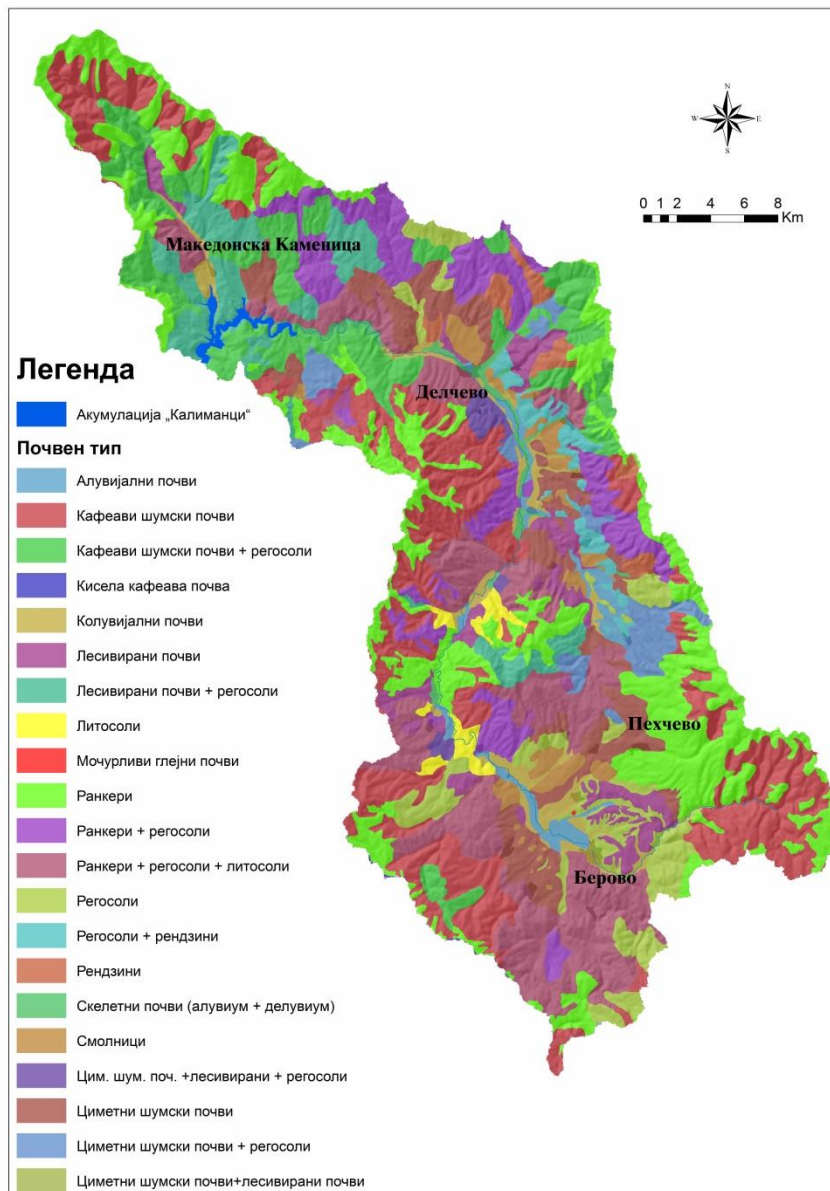
3.1.1.2 Педолошко-геолошка подлога

Сливното подрачје на акумулацијата „Калиманци“ се карактеризира со хетерогена педолошка (почвена) структура.

Најзастапен почвен тип е кафеавата шумска почва, која со кафеавата шумска почва на регосол сочинува 29% од вкупната површина на сливот. Почвениот тип ранкер е застапен во голем обем, така што почвениот тип ранкер и подтиповите ранкер со регосол и ранкер со регосол и лептосол сочинуваат околу 37%. од вкупната површина на сливот.

Табела 4 Структура на почвените типови во сливот на акумулацијата „Калиманци“

<i>Почвен тип</i>	<i>Површина</i>	<i>%</i>
Циметна шумска почва	6972,62	6,19
Циметна шумска почва + Лесивирани + Регосол	725,20	0,64
Циметна шумска почва + Регосол	2606,97	2,31
Циметна шумска почва +лесивирани почви	5,28	0,00
Флувијатилна почва	2557,27	2,27
Кафеава шумска почва	22944,27	20,43
Кафеава шумска почва + Регосол	9605,24	8,53
Колувијална почва	2453,84	2,18
Лептосол	1040,58	0,92
Лесивирана почва	4202,49	3,73
Лесивирана почва + Регосол	5631,53	5,00
Мочурливо - глејна почва	5,67	0,01
Ранкер	20274,30	18,00
Ранкер + Регосол	8035,70	7,14
Ранкер + Регосол + Лептосол	14560,95	12,93
Регосол	5843,80	5,19
Регосол + Рендзина	1503,07	1,33
Рендзина	1412,90	1,25
Смолница	2219,93	1,97
Умбричен ранкер	10,08	0,01



Слика 3 Педолошка карта на сливот на акумулацијата „Калиманци“

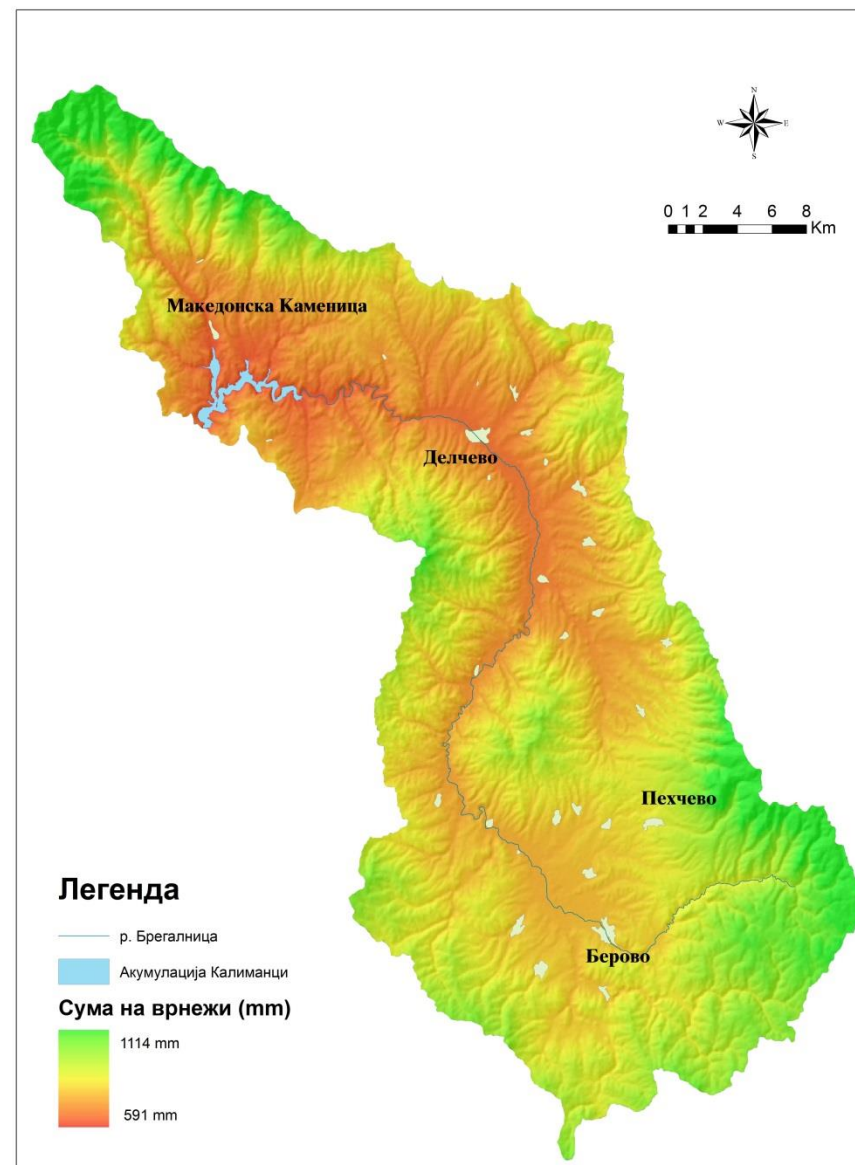
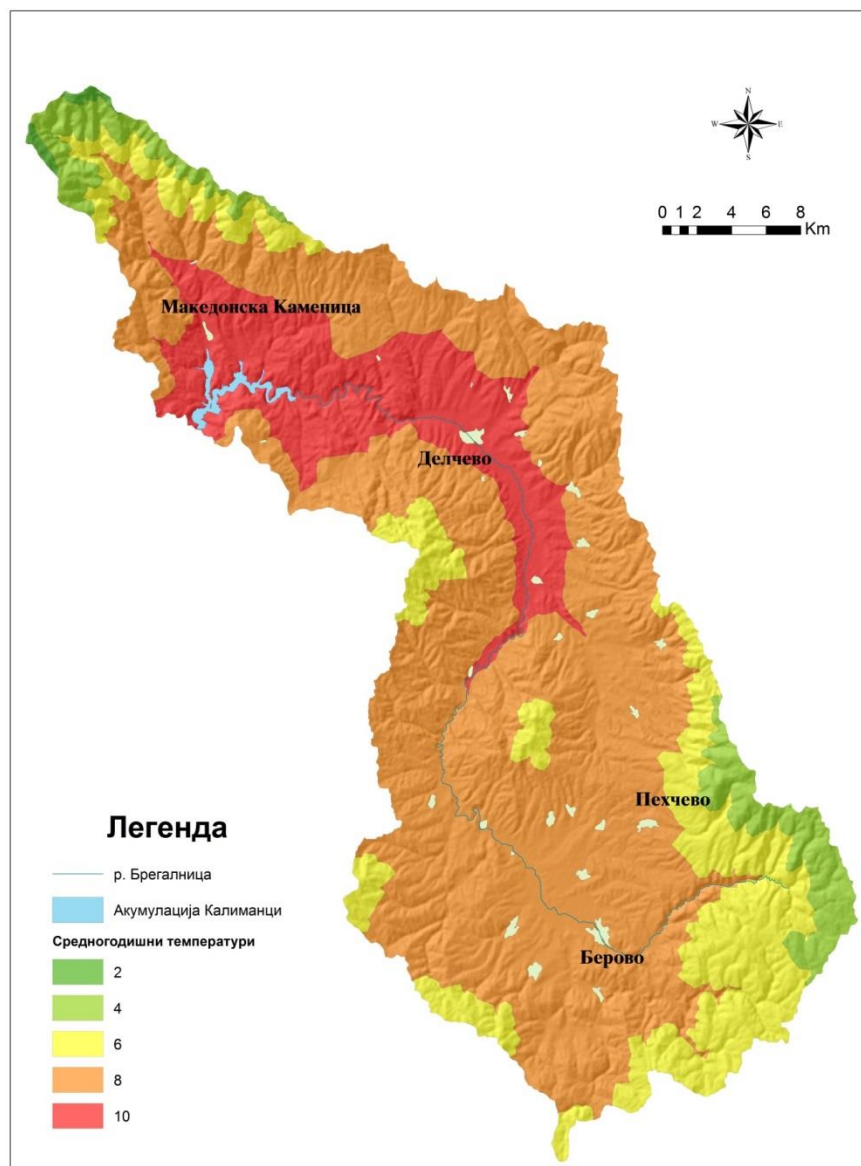
Најзастапена геолошка формација во сливот на акумулацијата „Калиманци“ се гранитпорфирите и гранитите (20,34 %). Понатаму следат лапоровити глини, песоци и чакали со 16,6 %, дволискунските гнајсеви 14,8 %, амфиболски, хлоритски и др. шкрилци со 9,5 % и албит-кварц-мусковит-хлоритски шкрилци со 5,1 %. Од овие податоци може да се забележи дека се работи за нестабилна подлога, која подлежи на лесно распаѓање и еродирање.

Табела 5 Структура на геолошка градба на сливот на акумулацијата „Калиманци“

Геолошка подлога	Површина	%
Албит-кварц-мусковит-хлоритски шкрилци	5756,40	5,11
Алувиум	2358,22	2,09
Амфиболитски шкрилци	367,44	0,33
Амфиболски габро	1994,92	1,77
Амфиболски, хлоритски и др. шкрилци	10677,40	9,48
Делувиум-пролувиум	2223,69	1,97
Дволикунски гнајсеви	16727,00	14,85
Глинци, песочници, лапорци	5333,14	4,74
Гранитпорфири и гранити	22901,10	20,34
Гранодиорити	5023,15	4,46
Кварцдиорити	403,55	0,36
Кварцлатити, андезити, дацити и туфови	2269,38	2,02
Кварцно-графитицни шкрилци со циполини и мермери	1248,60	1,11
Лапоровити глини, песоци и чакали	18752,10	16,65
Леукократни шкрилави гранити	1873,97	1,66
Метакластити со мали тела на гранитоиди	1396,89	1,24
Метаморфисани кварцпорфири	451,00	0,40
Метаседименти	2555,66	2,27
Микашисти и лептинолити	4294,38	3,81
Порфиробластични гнајсеви	4716,93	4,19
Разнобојни глиновити шкрилци, рознаци, банковити и масивни варовници	881,36	0,78
Розово среднозрнести гранити	284,65	0,25
Вулкански бречи од дацитски состав	115,01	0,10

3.1.1.3 Клима

Средногодишните температури во сливот на акумулацијата „Калиманци“ се движат од 2°C на највисоките планински предели, северо-западно од Македонска Каменица, па се до 10°C на најниските точки по течението на р. Брегалница и акумулацијата „Калиманци“. Просечната годишна температура изнесува 7,71°C.



Слика 4 Годишна изотермна карта на сливот на акумулацијата „Калиманци“ (лево); Годишна изохиетска карта на сливот (десно)

Годишното количество на врнежи во сливот се движи од 591 mm, на најниските делови од сливот, па до 1114 mm, на највисоките делови од сливот. На ниво на сливно подрачје, средниот годишен износ на врнежи изнесува 748 mm.

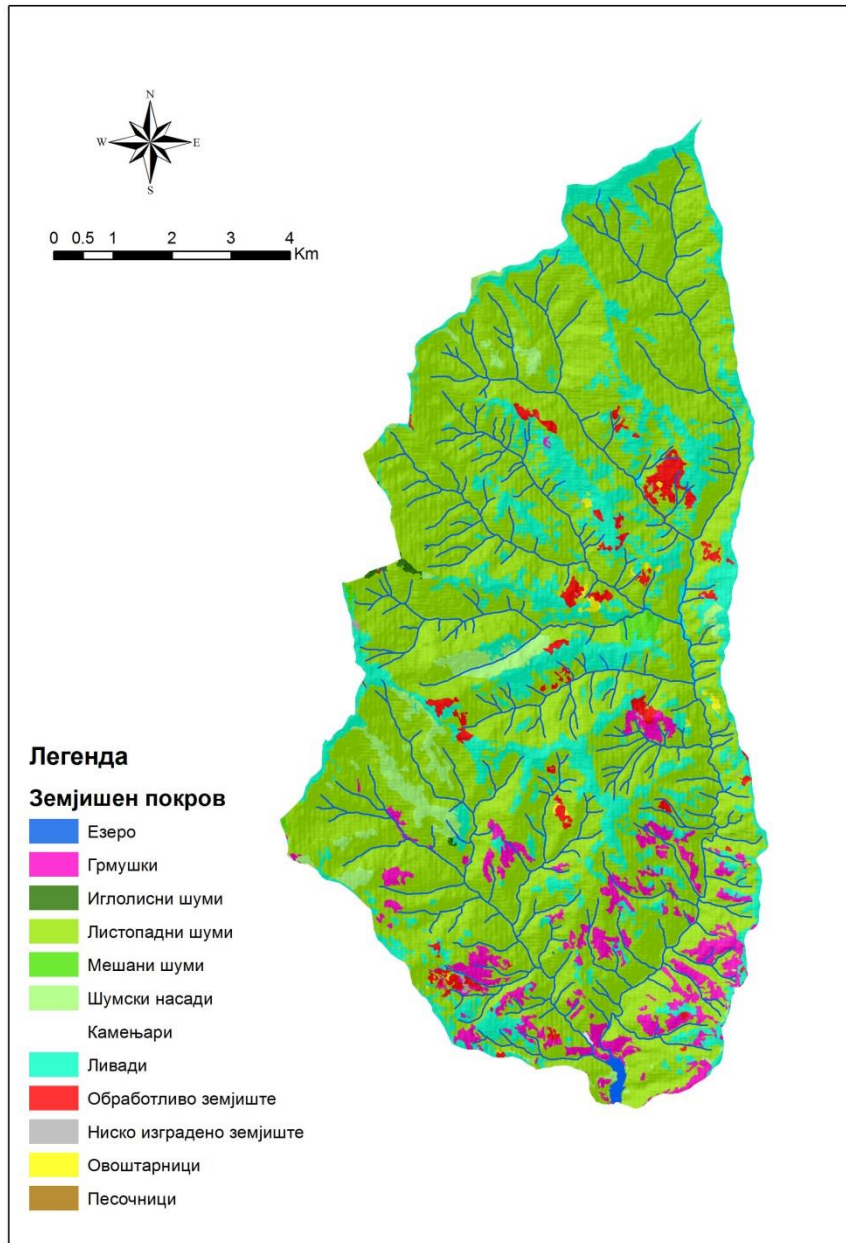
3.1.2 Акумулација „Градче“

3.1.2.1 Користење на земјиштето и земјишен покров

Земјишниот покров и користењето на земјиштето во сливот на акумулацијата „Градче“ во најголем обем е претставен со природни елементи. Така, дури 72,7% од површината се претставени со листопадни шуми, 17,1% ливади и 4,7% грмушки. Само 1,8% од сливот на акумулацијата „Градче“ е претставен со обработливо земјиште.

Табела 6 Користење на земјиштето и земјишен покров во сливот на акумулацијата „Градче“

Тип	Површина (ha)	%
Езеро	0,2	<0,1
Грмушки	414,5	4,7
Иглолисни шуми	9,4	<0,1
Камењари	2,1	<0,1
Листопадни шуми	6427,4	72,7
Мешани шуми	36,0	0,4
Обработливо земјиште	162,6	1,8
Овощтарници	19,4	0,2
Песочници	2,0	<0,1
Шумски насади	249,1	2,8
Ливади	1508,7	17,1
Ниско изградено земјиште	8,5	<0,1



Слика 5 Карта на користење на земјиштето за сливот на акумулацијата „Градче“

3.1.2.2 Педолошко-геолошка подлога

Од структурата на геолошката подлога на сливот на акумулацијата „Градче“ може да се види дека голем дел од подлогата е подложна на распаѓање, бидејќи главно се состои од нестабилни шкрилести формации.

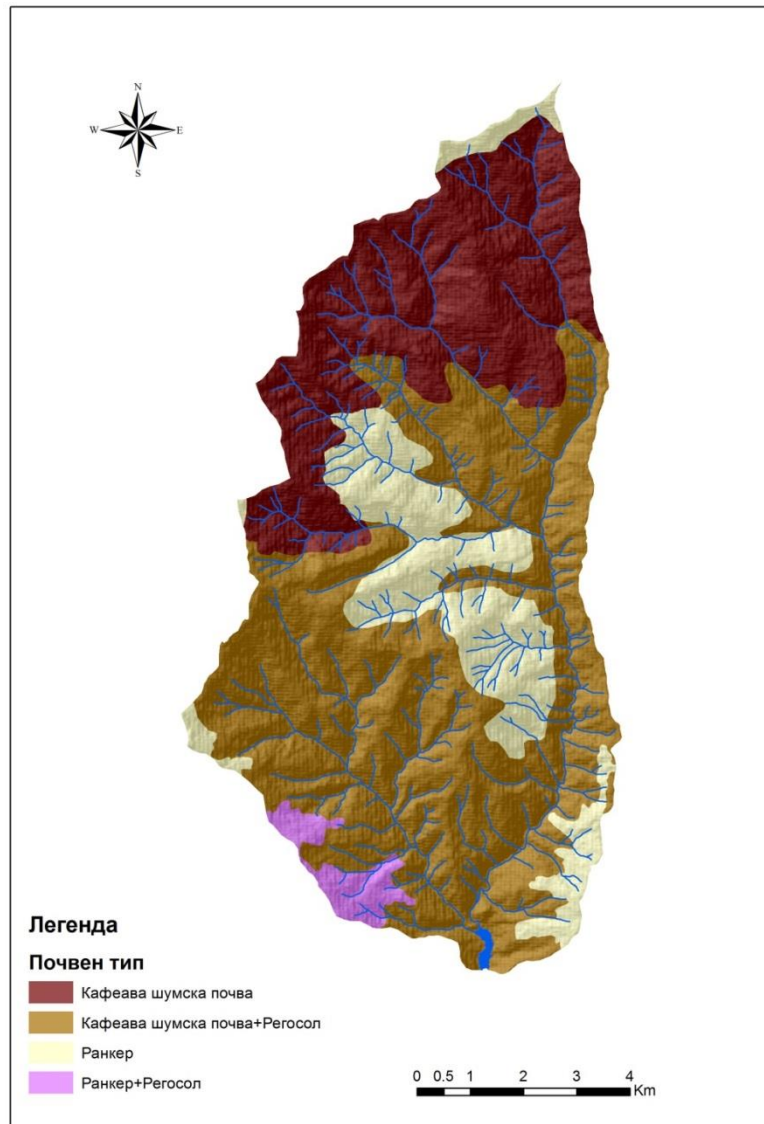
Од друга страна, главен почвен тип во сливот е кафеавата шумска почва, на места каде има добра шумска вегетација, додека во пониските делови оваа почва се наоѓа во комплекси со регосол, како индикатор за нејзината деградација.

Табела 7 Структура на геолошка градба на сливот на акумулацијата „Градче“

<i>Геолошка подлога</i>	<i>Површина</i>	<i>%</i>
Амфибол-хлорит-серицитски шкрилци	5,62	0,06
Амфибол-хлоритски шкрилци	194,89	2,20
Амфиболити и амфиболитски шкрилци	14,80	0,17
Дволискунски гнајсеви	2844,00	32,11
Епидот-хлорит-амфиболски шкрилци	2012,24	22,72
Гнајсеви, амфиболити и микашисти	141,69	1,60
Гранитски микашисти	2049,00	23,14
Кварцити	9,85	0,11
Микашисти	1556,06	17,57
Серицитски шкрилци	27,67	0,31

Табела 8 Структура на почвените типови во сливот на акумулацијата „Градче“

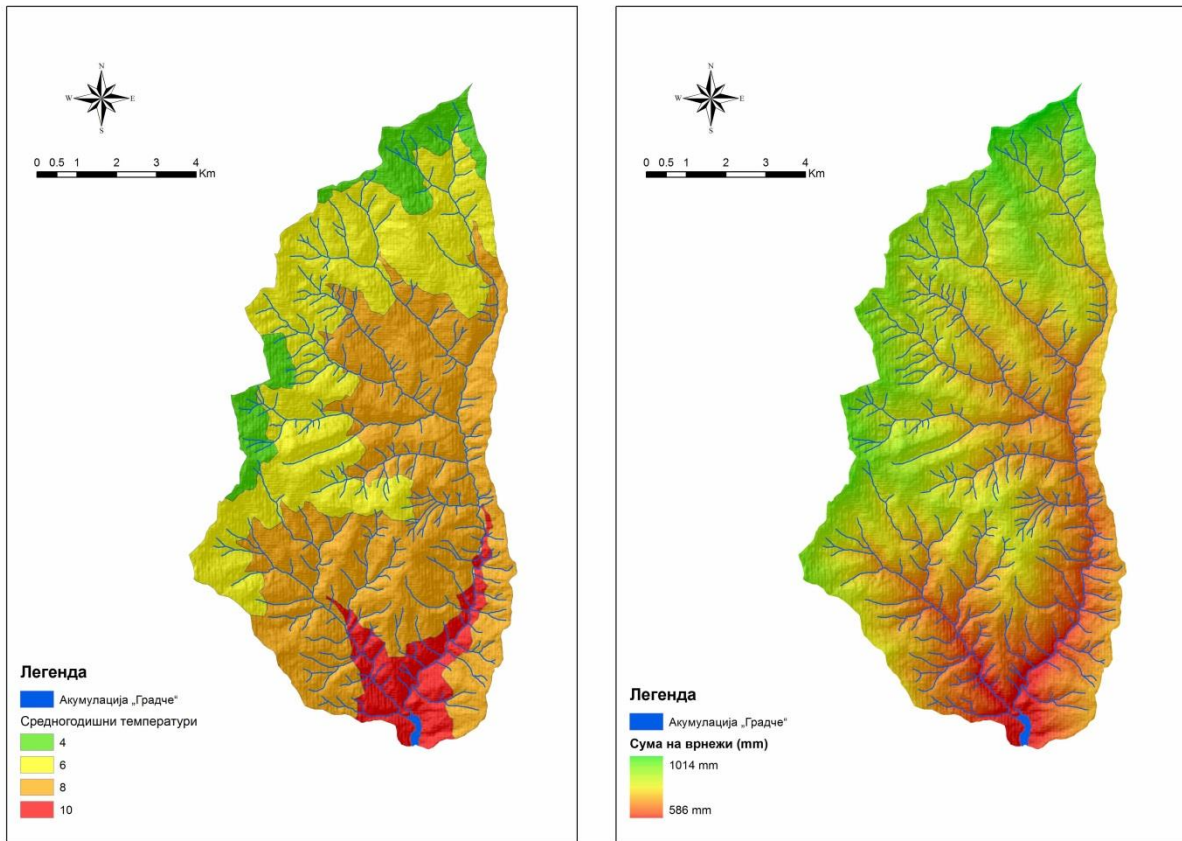
<i>Почвен тип</i>	<i>Површина</i>	<i>%</i>
Ранкер	1523,10	17,23
Кафеава шумска почва	2461,05	27,84
Ранкер + Регосол	208,59	2,36
Кафеава шумска почва + Регосол	4647,12	52,57



Слика 6 Педолошка карта на сливот на акумулацијата „Градче“

3.1.2.3 Клима

Годишното количество на врнежи во сливот се движи од 583 mm, на најниските делови од сливот, па до 1014 mm, на највисоките делови од сливот. На ниво на сливно подрачје, средно годишната сума на на врнежи изнесува 782 mm.



Слика 7 Годишна изотермна карта на сливот на акумулацијата „Градче“ (лево); Годишна изохиетска карта на сливот (десно)

3.2 КОРИСТЕНИ ПОДАТОЦИ

Сите користени просторни податоци, кои се добиени во различна изворна форма (различна проекција, без проекција итн.) се претставени во државниот координатен систем (Гаус Кригера проекција, Беселов елипсоид).

Топографски карти 1:25,000

Користени се два сета на топографски карти (ТК) со различна година на изработка, кои ги покриваат предметните сливни подрачја во целост. Првиот сет се состои од скенирани ТК, изработени според состојбата од 1977 година, кои беа геореференцирани и регистрирани во државниот координатен систем. Другиот сет се состои од дигитални векторски тематски подлоги, дел од топографските карти изработени во 2004 година од Агенција за Катастар на недвижности на РМ. Од овој сет

на податоци се користени векторските подлоги за користење на земјиштето и хидрографската мрежа.

Аеро орторектифицирани снимки

Аеро-фото снимките се изработени од Агенција за катастар на недвижности на РМ финасирани и потпомогнати од JICA (Japan International Cooperation Agency). Снимањето е извршено во 2004 година, на ниво на држава. Снимките се црно-бели со просторна резолуција од 0,5 m. Користен е уште еден сет на снимки од 2009 година кои се во сопственост на Министерство за земјоделство, шумарство и водостопанство на РМ. Тие се направени за потребите на проектот Систем за Идентификација на Земјишните Парцели (СИЗП) и се во боја, со иста просторна резолуција.

Векторски податоци од СИЗП

Векторски податоци од СИЗП (Систем за идентификација на земјишните прарцели) се користени како дополнување на топографските карти во делот на користење на земјиштето. Овие просторни податоци се карактеризираат со поголем детал. Средната големина на полигон е 1,4 ha и кореспондира со размер на карта од 1 : 5.000¹⁰.

Карта на земјишен покров и користење на земјиштето (Corine LC/LU)

За Република Македонија оваа карта е изработена за два временски периода: Corine 2000 (состојба 1996) и Corine 2006. Картата е изработена во размер 1 : 100.000 со минимална картографска единка од 25 ha. Изработувач на картата е Европската агенција за животна средина (EEA European Environmental Agency). Таа е во векторски формат и е изработена по иста методологија, како и онаа на ниво на Европа.

Дигитален елевационен модел (ДЕМ)

Користени се два ДЕМ-а со различна резолуција. Првиот ДЕМ е со просторна резолуција од 5 m и е изработен за потребите на СИЗП од стерео-парови на аеро-фото снимањето од 2009 година. Овој ДЕМ е изработен на ниво на ДТМ (Дигитален теренски модел). Другиот ДЕМ е изработен од сателитски снимки Астер (Aster) со

¹⁰ http://www.sinergise.com/docs/articles/2010-LPIS_WS-Progress_of_LPIS_in_Macedonia.pdf, отворен на 22.09.2014

приближна просторна резолуција од 30 m (27x21 m). Астер ДЕМ-от и глобалниот ДЕМ изработени се за целата Земја.

Почвена карта

Педолошката карта е изработена од УКИМ-Скопје, Земјоделскиот институт – Скопје во векторски формат, во рамките на проектот Почвен информативен иистем на РМ. Картата е изработена во размер 1 : 50.000.

Карта на ерозија

Картата на ерозија е изработена во векторски формат од Заводот за водостопанство на РМ во размер 1 : 50.000. Работена е подолг временски период (1980–1993 г.). Ерозијата е картирана со непосредна теренска перспекција и картирање ¹¹.

Климатски и хидролошки податоци

Користени се повеќе климатски податоци во табеларен и просторен формат. Дневните протеци на реките на мерен профил Очипале и Берово, на реката Брегалница, се добиени во табеларен формат за временски период од 1961-1990(6) година. Податоците за средногодишните температури и сумата на врнежи се изработени во растерски формат врз база на податоците од 35 климатски мерни станици, на ниво на РМ, за временски период 1970-2000 година ¹². Исто така се земени мерни податоци за суспендиран нанос на мерен профил Очипале за временски период 1972 до 1984 година. Овие мерења се единствени мерни податоци за суспендиран нанос на р. Брегалница ¹³.

¹¹ Проучување ерозивноста, поројноста, и режимот на површинските води во РМ, Карта на ерозија на РМ; 1993, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, Завод за водостопанство на РМ - Скопје

¹² Чукалиев О., Мукаетов. Д., Ристески П., Минчев И., 2006, Втора национална комуникација за климатски промени: сектор земјоделие

¹³ Блинков, 1998, Влијание на врнежите врз интензитетот на ерозијата во сливот на р. Брегалница до профил брана “Калиманци”, УКИМ Шумарски факултет – Скопје, докторска дисертација

Извештаи за следење на акумулациите за пополнување со нанос

Извештаите се добиени од Заводот за водостопанство на РМ, бидејќи таа институција ги извршила најголемиот број ехосондерски мерења на акумулациите. Само за акумулацијата „Калиманци“ се извршени 13 мерења во минатото: 1969, 1971, 1972, 1973, 1975, 1977, 1978, 1980, 1984, 1985, 1988, 1991 и 1997. За акумулацијата Градче има само две мерења: 1984 и 1991 година. За акумулацијата „Калиманци“ се добиени нултите профили, исцртани на милиметарска паус хартија во соодветен размер, кои понатаму беа скенирани и уразмерени. Исто така беше користена карта 1:10.000 за точната позиција на профилите во просторот.

Статистички публикации и Просторни планови

За одредување на сегашната состојба и состојбата во минатото на подрачјето на истражување беа користени комбинации од повеќе извори на податоци. Сегашната состојба на земјоделските практики, состојбата на пасиштата, демографските податоци и бројната состојба на добиток беа добиени од табеларни и текстуални прилози од повеќе статистички публикации изработени од Државниот завод за статистика. Од друга страна, за одредување на состојбата во минатото, на претходните класи на податоци, беа користени Просторни планови од минатиот период, секако тие кои го покриваат истражуваното подрачје. Значајно е тоа што, сите планови се работени по иста методологија.

Посебни планови за стопанисување со шумите

Користени се податоци од 19 шумско-стопански единици (ШСЕ) со соодветните планови за стопанисување на шумите кои го опфаќаат целосно сливот на акумулациите „Калиманци“ и „Градче“ како и дел од просторот што го опфаќа месноста Малеш и Пијанец: ШСЕ „Брегалница“, ШСЕ „Буковиќ-Бајаз Тепе“, ШСЕ „Цера-Пресека“, ШСЕ „Драмче-Еленин Врв“, ШСЕ „Дулица-Сива Кобила“, ШСЕ „Џами Тепе“, ШСЕ „Голак“, ШСЕ „Готен-Широки Дол-Караѓузлија“, ШСЕ „Губенек Паруца“, ШСЕ „Калиманци“, ШСЕ „Каменица“, ШСЕ „Малешевски Планини I“, ШСЕ „Малешевски Планини-Ратевска река“, ШСЕ „Обешеник“, ШСЕ „Огражден“, ШСЕ „Средна Обозна“, ШСЕ „Ветрен-Сраево“, ШСЕ „Осогово I“, ШСЕ „Осогово II“.

Посебен осврт е даден на пет плана за стопанисување со шумите за два стопански периода: Голак (2004-2013 и 2014-2023), Драмче-Еленин Врв (2003-2012 и 2013-2022), Дулица-Сива Кобила (2001-2010 и 2011-2020), Ветрен-Сраево (2004-2013) и Каменица (2003-2012 и 2013-2022). Податоците се однесуваат за применуваните практики, пред се предвидените и реализирани сечи, пошумувања и сл. Овие пет просторни единици го отсликуваат начинот на стопанисување во сливното подрачје на акумулацијата „Калиманци“, каде што се наоѓаат и најерозивните подрачја во сливот.

Податоци од разни трудови

При изработката на оваа докторска дисертација беа користени повеќе извори од претходни истражувања: магистерски и докторски тези, повеќе научни трудови презентирани на меѓународни конференции и објавени во меѓународни списанија и публикации од изведени научни истражувања.

4. АНАЛИЗА НА КОРИСТЕЊЕТО НА ЗЕМЈИШТЕТО

4.1 ВОВЕД

Ерозивните процеси кои се иницирани од природните појави и процеси, дејствуваат постојано врз Земјината површина и се еден од факторите на морфолошкото дообликување на релјефот. Под влијание на разновидни антропогени активности, интензитетот на природната ерозија, повеќекратно се зголемува.

Изучувањето на односот на шумскиот екосистем и водата како природен ресурс одамна на себе привлекува внимание кај стручно-научната јавност. Во минатото биле дадени многу предлози за спроведување мерки за управување со шумскиот екосистем, како услов и можност за подобрување на режимот на водите, пред се во земјите каде се чувствува (или, пак, е присутен) недостиг на вода.

Интегралното управувањето со сливот претставува еден од клучните елементи за одржливост на природните ресурси во сливот. Почвата претставува најслаба алка и е главен медиум, без кој не може да опстои екосистемот во целост. Најдобар конзерватор на почвата е растителниот покривач. Вегетација во содејство со еколошките, првенствено климатските влијанија, ја раздробила карпата и со илјадници години ја создавала почвата како медиум во кој вегетацијата најдобро вирее и без кој не може да опстои. Почвата не може да постои без вегетацијата и обратно, вегетацијата не може да вирее без почва. За системот да се заокружи и одржува, неопходна е вода. Исто така, водата не може да се задржи без првите два фактора, во спротивност таа би испарила или оттекла надвор од екосистемот.

Системот почва-вода-вегетација е создаван со милениуми и еволуирал соодветно да стане само оддржлив. Во денешно време се вметнува уште една променлива во системот, а тоа е човековото влијание. Човекот може многу лесно да ја подобри ефикасноста на одржливоста на системот, но и од друга страна, може за миг да го уништи.

Табела 9 Просторна димензионалност на влијанието на користењето на земјиштето

Негативно влијание	Големина на сливно подрачје (km ²)						
	0.1	1	10	100	1.000	10.000	100.000
Среден протек	x	x	x	x	-	-	-
Максимален протек	x	x	x	x	-	-	-
Нормален протек	x	x	x	x	-	-	-
Наносен материјал	x	x	x	x	-	-	-
Нутриенти	x	x	x	x	x	-	-
Органски материи	x	x	x	x	-	-	-
Патогени	x	x	x	-	-	-	-
Пестициди	x	x	x	x	x	x	x
Тешки метали	x	x	x	x	x	x	x
Термален режим	x	x	-	-	-	-	-

x = има влијание; - = нема влијание

(Извор: FAO 2000¹⁴)

Од претходната табела може да согледа поврзаноста на користењето на земјиштето врз водниот режим на водотеците со големината на сливот. Кај сливни подрачја до 100 km² користењето на земјиштето има големо влијание врз хидролошките параметри и на продукцијата и транспортот на ерозивниот наносен материјал врз крајниот реципиент. Повеќето сливови во Р. Македонија се од типот под 100 km² и затоа промената на користењето значително влијае на режимот на водите и на пополнувањето на акумулациите со ерозивен наносен материјал.

Интеракцијата на повеќе природни фактори, потпомогнати од влијането на човекот, доведуваат до влошување на состојбата кај почвата, влошување на физичко-механичките и хемиските својства, влошување на воздушниот и водниот режим и намалување на еродибилноста, односно можноста почвата да се спротиставува на силината не ерозивните појави и процеси. Сè понагласеното влијание на човекот, преку примена на несоодветни практики и непланско управување и стопанисување со земјиштето (пред сè во шумите, пасиштата, обработливото земјиште, урбанизацијата, инфраструктурата и сл.) во многу подрачја, региони и сливови, ја интензивира ерозијата и го зголемува потенцијалот на ерозија. Заради овие причини се воведува концептот на „интегрално управување со сливовите“ кој овозможува намалување или

¹⁴ Benjamin Kiersch; Land use impacts on water resources: a literature review – FAO Land and Water Development Division; <http://www.fao.org/docrep/004/y3618e/y3618e07.htm> отворено на 12.12.2014

контрола на продукцијата на ерозивен материјал и транспортот на наносот. Ова најмногу се должи на практиките кои се употребуваат во земјоделството, шумарството и во градежништвото (Beebo Q., и Bilal R. A., 2012¹⁵). Политиките за користење на земјиштето и недостигот од знаење за конзервација на почвата и нејзината вредност ја зголемиле ерозијата повеќекратно (Bowonder et al. 1985¹⁶, Beebo Q., и Bilal R. A., 2012¹⁵).

Во периодот по Втората светска војна се развиваат големи процеси на миграција, каде населението заради „индустриската револуција“ и применетата аграрна реформа од руралните средини мигрира во поголемите индустриски центри, така што претходните практики на управување со земјиштето се запоставуваат и површините што интензивно се користеле во минатото се запустуваат и ѝ се враќаат на природата (Zlatic M., & Vukelic G., 2002¹⁷). Во оваа насока, Костадинов С. со соработниците¹⁸ прави некои истражувања, истакнувајќи дека за период од 40 години (1971-2011), заради миграциски фактори и непроменети природни услови, коефициентот на ерозија по Гавриловиќ „Z“ се намалува од 0,39 на 0,30.

Претходните две истражувања се направени за Р. Србија која е поранешна Југословенска република, а истите услови биле присутни и во Р. Македонија. Така, за истражуваното подрачје НП Маврово и неговата непосредна околина И. Минчев и Б. Трендафилов¹⁹ по направените темпорални анализи со сателитски снимки (1977 и 2000 год.) бележат значителни подобрувања на вегетацијата, (18% подобрување) од аспект на ерозија, заради значително намалување на населението.

¹⁵ Beebo Q., и Bilal R. A., 2012, Simulating bathymetric changes in reservoirs due to sedimentation: Application to Sakuma dam – Japan, project, ISSN-1101-9824, Division of Water Resources Engineering, Department of Building and Environmental Technology, Lund University, стр. 5

¹⁶ Bowonder, B., Ramana, K. & Rao, T., 1985, Sedimentation of reservoirs in India. *Land Use Policy*, 2(2), стр. 148-154

¹⁷ Miodrag Zlatic & Gordana Vukelic, 2002, Economic and Social Revival of a Degraded Region in Serbia; *Mountain Research and Development* 22(1):26-28. 2002
doi: [http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741\(2002\)022\[0026:EASROA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741(2002)022[0026:EASROA]2.0.CO;2)

¹⁸ Kostadinov S., Zlatic M., Dragičević S., Novković I., Košanin O., Borisavljević A., Lakićević M., Mlađan D., 2014, Anthropogenic influence on erosion intensity changes in the Rasina river watershed - Central Serbia; *Fresenius Environmental Bulletin* (Impact Factor: 0.53). 01/2014; 23(1a):254-263

¹⁹ Ivan Minčev, Božin Trendafilov, 2010, Effects of land cover change as erosion factor using Landsat imagery BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia - 25, 29 May

Шумските операции имаат големо влијание врз појавата на ерозивни појави и процеси. Различните шумски операции, исто така имаат различно влијание на ерозијата и како главни чинители можат да се издвојат изборот на тип на сеча и планско отварање на шумите со планска изградба на шумски патишта со земање во предвид на ерозијата. Чистата сеча изведена на несоодветни терени може да ја зголеми ерозијата за 100 пати (Elliot et al, 1999²⁰). За да се намали се препорачуваат изборни и оплодни сечи. Планирањето на патната мрежа, исто така, може доста да придонесе за намалување на ерозивните процеси, а особено тоа важи за дотурните патишта (Ibid).

Табела 10 Влијание на типот на сеча на ерозијата

	Пребирна (изборна) сеча	Оплодна сеча	Чиста сеча
Ерозија од шумски активности m ³ /ha	1,6	73	176
Водна ерозија m ³ /ha	2,1	35	320
Вкупно: m ³ /ha	3,7	108	496
Губиток на хумус	0,77	22,6	103,9

(Извор: Macan G., Šumska hidrologija, 1994²¹)

Маџан²¹ во неговата книга, Шумска хидрологија, наведува истражувања изведени од Пољаков (Табела 10), каде многу добро се гледа зависноста од типот на сеча на ерозијата. При изведување на чиста сеча ерозијата е поголема повеќе од 130 пати од изборниот тип на сеча, а од друга страна при оплодна сеча ерозијата е речиси 30 пати поголема од изборната сеча.

4.2 ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Предмет на ова под поглавје е да се направи анализа на користењето на земјиштето и употребуваните практики во сливовите од почетокот на функционирањето на акумулациите Калиманци и Градче до денес.

²⁰ Elliot, W.J.; Page-Dumroese, D.; Robichaud, P.R., 1999, *The effects of forest management on erosion and soil productivity. Proceedings of the Symposium on Soil Quality and Erosion Interaction*, Keystone, CO, July 7, 1996. Ankeney, IA: Soil and Water Conservation Society. 16 p.;

http://forest.moscowfsl.wsu.edu/smp/docs/docs/Elliot_1-57444-100-0.html отворено на 07.02.2015

²¹ Macan G., 1994, Šumska hidrologija, Univerzitet u beogradu, Šumarski fakultet, Книга, стр. 85

Цели:

1. Анализа на миграциски процеси
2. Анализа на користењето на земјиштето во минатото и во сегашноста
3. Анализа на сточарството
4. Анализа на шумските практики

4.3 МЕТОД НА РАБОТА

Методот на работа користен во овој дел од истражувањето опфаќа анализа на картографски и табеларни податоци и директна теренска перспекција со фотодокументација.

Демографијата е истражувана на подрачјето на сегашните општини Берово, Пехчево, Делчево и Македонска Каменица или за дел од анализите се користени регионите Малеш и Пијанец, во однос на користените извори на податоци.

За определување на сегашната состојба со користењето на земјиштето постојат повеќе бази на податоци, кои ги организирале податоците за користењето по различни класификациони системи. Употребени се три просторни бази за користењето на земјиштето: Corine класификација на земјиштето, база за користење на земјиштето од топографските карти од 2004 година и базата на користење на земјоделско земјиште на СИЗП. Од друга страна, користени се и табеларни податоци од Заводот за статистика, повеќе просторни и планови за стопанисување на шумите.

Corine²² класификацијата е изработена во размер 1:100.000 и е работена на ниво на Европа, со минимална картографска единка од 25 ha. Изработена е за два временски периода Corine2000 (1995-96) и Corine2006. Истата е соодветна за анализа на промените на користењето на земјиштето, но разликата помеѓу двата периода е само

²² Corine land cover applications in support of national and environmental policies, digital guide for Corine land cover 2000

10 години. Како што беше наведено во минатото поглавје, се разликуваат два временски периода кои се од интерес, пред и по 1985 година.

Топографските карти од 2004 година, во размер 1:25.000, исто така беа користени за повеќе анализи во дефинирање на наносите. Овие податоци се добиени во векторски формат и многу лесно се вклопија во форматот на анализите. Исто така, беа достапни топографски карти во истиот размер изработени во 70-тите години од минатиот век. Овој извор на податоци беше соодветен од аспект на временска рамка и просторна покриеност, но тие не беа во дигитален формат. Векторизацијата на податоците ќе одземеше премногу време и немаше да ги оправда средствата, освен ако не беше пронајдена алтернатива.

Податоците од СИЗП беа соодветни за анализи од земјоделството, но не постои временска серија од вакви податоци и беа користени како дополнување на користењето на земјиштето од топографските карти.

Бидејќи не беа пронајдени просторни податоци кои соодветствуваа со потребите за временската анализа на користењето на земјиштето, се пристапи кон користење на табеларни податоци. Од агенцијата за планирање на просторот беа добиени податоци од минати просторни планови. Методологијата на работа во овие просторни планови соодветствува со податоците од Државниот завод за статистика. Истиот има повеќе публикации за користењето на земјиштето. Бидејќи анализите беа правени на ниво на општини, за обработливото земјиште и пасиштата, тие податоци постоеја, но од друга страна, податоците за шумските активности и површините под шума беа анализирани на ниво на статистички регион. Како дополнување на оваа анализа се користени векторски податоци од шумско-стопанските единици добиени од Секторот за уредување на шуми, ловишта и проектирање кое е дел од ЈП „Македонски шуми“.

4.4 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

4.4.1 Демографија и миграциски процеси

Динамиката на бројното движење на населението во овој регион не е еднаква меѓу градското и селското население. Од средината на минатиот век во ова подрачје се јавува голем пораст на градското население, додека селското е во опаѓање (Велковска Н., 2014²³).

Од податоците изнесени во табела 11 се гледа дека во двете подрачја има континуирано намалување на селското население, а зголемување на градското. Овие податоци ги покажуваат и навиките на луѓето и од нив се гледа дека во периодот по Втората светска војна населението во поголем обем било стационирано во руралните средини. По овој период се прават поголеми индустриски капацитети околу урбаните средини и населението се преоријентира од рурален кон градски живот, со што земјоделските површини сè поинтензивно се напуштат и подивуват, односно се враќаат кон природата.

Табела 11 Динамика на бројното движење на селското и градското население за подрачјето на Малеш и Пијанец за период (1948-2013)

Година	Малеш			Пијанец		
	Градско	Селско	Вкупно	Градско	Селско	Вкупно
1948	5.306	13.711	19.017	3.173	16.113	19.286
1948 (%)	27,9	72,1		16,5	83,5	
1953	5.926	14.512	20.438	3.033	18.770	21.803
1953 (%)	29,0	71,0		13,9	86,1	
1961	6.116	13.932	20.048	3.147	15.784	18.931
1961 (%)	30,5	69,5		16,6	83,4	
1971	6.974	12.987	19.961	5.082	16.280	21.362
1971 (%)	34,9	65,1		23,8	76,2	
2013	9.442	10.016	19.458	16.783	8.832	25.615
2013 (%)	48,5	51,5		65,5	34,5	

Извор: Панов М. и Милевски Ѓ. (1980)²⁴; Статистички годишник на РМ (2013)²⁵

²³ Велковска Н., 2014, магистерска теза, Картографирање на хидрогеографските потенцијали значајни за одржливиот развој на Малеш и Пијанец

²⁴ Панов М., Милевски Ѓ., 1980, Географска положба. Малеш и Пијанец, II, МАНУ, Скопје

²⁵ Статистички годишник, 2013, Државен завод за статистика на РМ.

Од горната табела се гледа дека во 1948 година повеќе од 70% од населението живее во селските средини. Понатаму овој процент постепено се намалува и во регионот на Малеш селското и градското население во 2013 се изедначуваат, а во регионот на Пијанец во градовите живеат 65% од населението на сметка на селата. Ваквото движење на населението од село во град придонело за значително намалување на големината на селските населби.

Табела 12 Динамика на бројно движење на населението во селските населби

Општа класификација на селски населби	Број на села		Број на жители	
	1961 год.	2013 год.	1961 год.	2013 год.
до 300 жители	8	20	1.840	2.889
од 301 – 500 жители	10	5	4.025	1.934
од 501 - 1000 жители	18	17	13.810	11.421
над 1000 жители	7	1	10.051	2.095

Од изнесените податоци во табела 9 се гледа дека во периодот од 1961 до 2013 година бројот на селски населби со повеќе од 1.000 жители е намален од 7 на 1, а бројот на селски населби до 300 жители е зголемен од 8 на 20. Аналогно на тоа значително е намален и бројот на жители во селата над 1.000 жители и оние од 501 до 1.000 жители.

Најголем број од луѓето во селските населби од подрачјето на Малеш и Пијанец живеат во селски населби од 501 до 1.000 жители. Само една селска населба од подрачјето има над 1.000 жители, а тоа е малешевското село Русиново. Општа карактеристика на селата во Малеш е што тие се од збиен тип, додека поголем број од селата во општина Делчево се мали, и од разбиен тип.

Како што беше напоменато во воведниот дел од ова поглавје, миграциските процеси имаат значително посредно влијание врз ерозивните појави и процеси, пред сè поради намалувањето на притисокот врз природните ресурси, почвата, водата и вегетацијата.

Со намалувањето на влијанието на човекот и сите негови активности се намалуваат. Користењето на земјиштето се движи повеќе кон природата, исто така сточарството се намалува, а со тоа и притисокот на пасиштата и шумата. Подетално истите се образложени во продолжение.

4.4.2 Користење на земјиштето

Кога ќе се погледне табела 10, можат да се забележат големи разлики во користените површини. Според просторниот план за Источниот регион, анализиран за општините Берово и Делчево, вкупното земјоделско земјиште изнесувало 68.218 ha. Додека при анализата на Статистичкиот преглед за сектор: Земјоделство од 2011 година, за општините Берово, Пехчево, М. Каменица и Делчево (овие четири општини се со исти граници како претходните две за периодот 1976), вкупното земјоделско земјиште изнесува 75.019 ha. Овие податоци, навидум, покажуваат дека земјоделското земјиште е зголемено. Меѓутоа, во категоријата земјоделско земјиште влегуваат и високопланинските пасишта. Доколу се одземат пасиштата, тогаш вкупната обработлива површина за 1976 изнесува 36.006 ha, а за 2011 година обработливата површина е намалена на 32.950 ha или вкупната обработлива површина е намалена за 3.056 ha. Од друга страна, високопланинските пасишта бележат значително зголемување, и тоа во 1976 г. биле 32.212, а сега се зголемени за 9.856 ha на сметка на обработливото земјиште или изнесуваат 42.068 ha.

Табела 13 Разлика во површините на користење на земјиштето (1976-2011)

	Вкупно земјоделско земјиште (ha)	Обраб. Површина (ha)	Пасишта (ha)	Шуми (ha)
1976	68.218	36.006	32.212	49.613
2011	75.019	32.950	42.068	63.863
Разлика	6.801	-3.056	9.856	14.250

Извор: Статистичкиот преглед за сектор: Земјоделство од 2011 година²⁶; Просторен план на регионот Источна Македонија, 1981²⁷, ГИС подлоги од посебни планови за стопанисување на шумите

Исто така, се гледа и зголемување на шумите. Во 1976 вкупната површина под шуми била 49.613 ha, а до 2011 година бележат раст во површина од 14.250 ha или сегашната површина изнесува 63.863 ha.

Од податоците може да се заклучи дека разликата во површините укажува на враќање на природата на оние места кои порано биле потиснати поради разни активности на

²⁶ Статистичкиот преглед за сектор: Земјоделство, 2011, Полјоделство, сточарство и лозарство, Државен завод за статистика на РМ

²⁷ Просторен план на регионот Источна Македонија, 1981, Институт за просторно планирање - Охрид

човекот. Ова е резултат на миграција на луѓето од руралните во урбаните населби и нивното иселување од регионот.

4.4.3 Сточарство

Бројната состојба на овците и козите е важен индикатор за притисоците врз природата. Овците и козите, за разлика од говедата, пасат на отворени површини и можат да се најдат во целиот слив. Зголемен обем на испаша на овците доведува до влошување на структурата на почвата, се намалува нејзината порозност и инфилтрацијата на површинските води (Proffitt, APV et. all ²⁸). Одгледувањето на козите, во поголем обем, исто така е штетно, како за компакција на почвата, така и за шумската растителност.

Во делот на сточарството се забележуваат големи разлики во бројната состојба за двата земени периоди.

Кај говедата се забележува разлика од 7.436 единки. Таа директно не влијае на ерозијата, но индиректно е индикатор за намалување на руралните практики во сливот и го потврдува демографскиот тренд на имиграција село – град.

Табела 14 Разлика во бројната состојба на стоката (1976-2011)

	Говеда 2007	Говеда 1976	Разлика	Овци 2007	Овци 1976	Разлика	Кози 2007	Кози 1976
Берово	2.290	8.240	-4.111	26.226	47.601	-10.728	327	/
Пехчево	1.839			10.647			926	
Делчево	3.672	8.742	-3.325	8.558	62.836	-50.211	6.684	/
М. Каменица	1.745			4.067			3.208	
Вкупно	9.546	16.982	-7.436	49.498	110.437	-60.939	11.145	/

Извор: Статистичкиот преглед за сектор: Земјоделство од 2011 година²⁶; Просторен план на регионот Источна Македонија, 1981²⁷

Бројот на овците е видливо намален во периодот од 1976 до 2007. Во 1976 година имало 110.437 овци, а веќе во 2007 година нивниот број е намален на 49.498 единки

²⁸ APV Proffitt, RJ Jarvis and S Bendotti, 1995, The impact of sheep trampling and stocking rate on the physical properties of a red duplex soil with two initially different structures, *Australian Journal of Agricultural Research* 46(4) стр. 733 - 747

или тоа е намалување од 60.939 единици или повеќе од двојно. Ова намалување претставува големо намалување на притисокот врз природните предели.

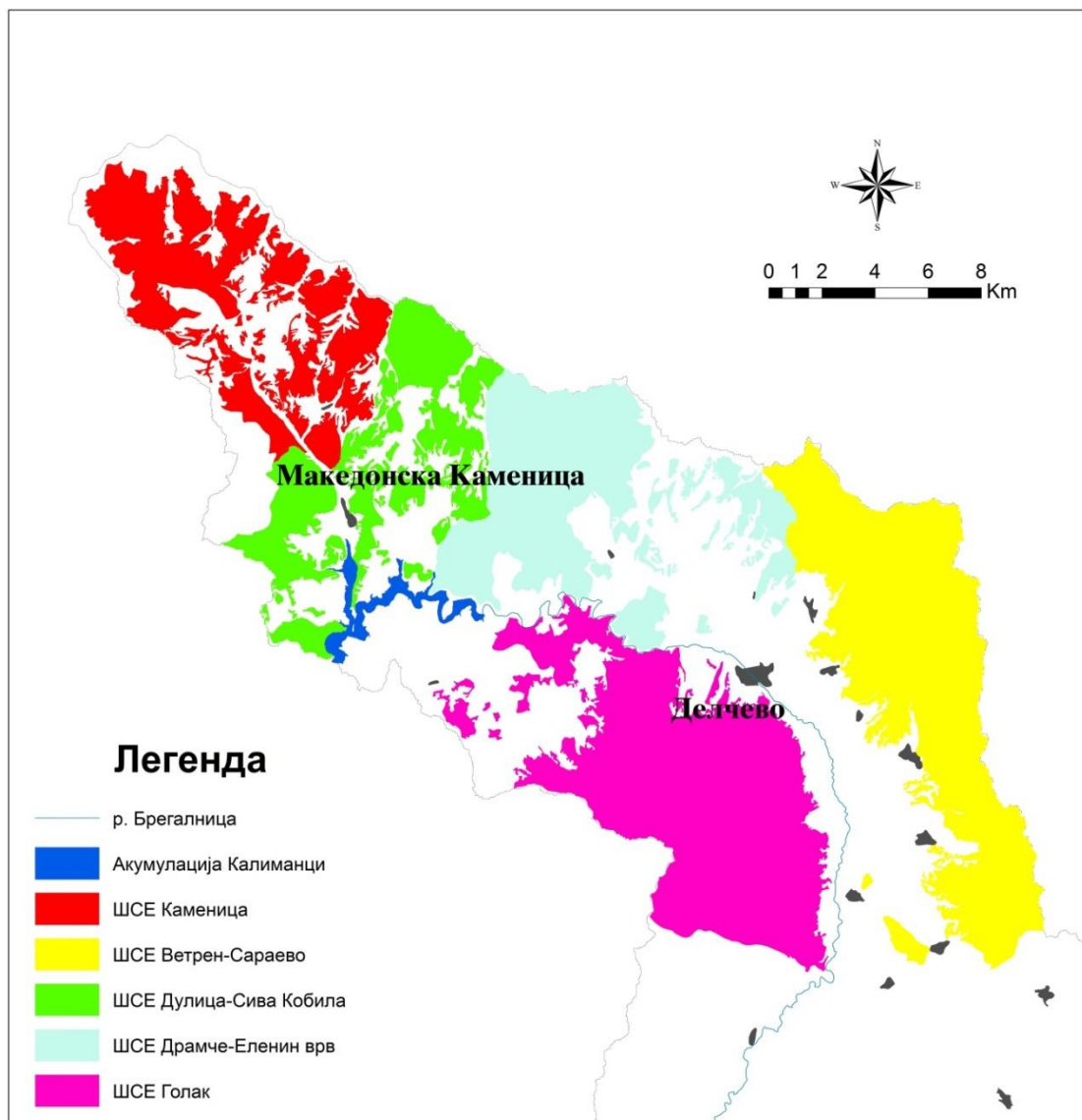
Козите, од друга страна, воопшто не се одгледувале во минатиот период, заради нивното истребување согласно Законот од 1957 година. Сепак од почетокот на 1990-те, а и подоцна, одгледувањето на кози се зголемува, така што во 2007 година во регионот има 11.145 кози, што е значителна бројка. Познавајќи ги практиките за одгледување на овие животни кај нас, треба да се внимава и да се инсистира на шталско одгледување на овие животни, за да не ја уништуваат шумата.

Покрај намалувањето на присуството на човекот во руралните средини, редукцијата на бројките на овците на пасиштата е значаен фактор за подобрување на состојбата на шумската вегетација.

4.4.4 Шумски практики

Извршени се анализи на посебни планови на стопанисување со шумите за два стопански периода. Анализирани се планираните активности во плановите за еден минат и еден иден временскиот период во кумулативна временска рамка 2001-2014 и 2011-2023 г. (во зависност од плановите).

Од расположивите шумски планови, по првичната анализа беа селектирани 5 посебни плана за стопанисување со шуми за стопанска намена, за детална анализа. Причината за ова е што во останатите шумско-стопански единици е значително присуството на високостеблена шума, каде вообичаените шумски практики не влијаат на ерозивните процеси, како и далечината од акумулацијата. Овие пет плана, кои беа дел од анализата, го покриваат просторот околу акумулацијата „Калиманци“ и дел од Делчевското поле (Слика 8). Овој простор беше цел на анализата бидејќи повеќето критични сливови од аспект на ерозија се наоѓаат на овој простор.



Слика 8 Анализирани Шумско стопански единици во близина на акумулацијата „Калиманци“

Табела 15 Преглед на реализираните сечи во ШСЕ

	Вкупна површина (ha)	Површ. под шума (ha)	Сеча 2001 – 2014 (ha)	%	Сеча 2011 – 2023 (ha)	%
Каменица	4.774,2	4.274,2	348,6	8,2	222,7	5,2
Дулица - Сива Кобила	4.968	3.782,7	490,6	13,0	227,4	6,0
Драмче - Еленин Врв	5.568,6	4.151,3	421,1	10,1	265,5	6,4
Ветрен - Сараево	7.934,7	5.674,8	707,3	12,5	/	/
Голак	8.291,3	6.974,7	1.043,9	15,0	587,3	8,4

Извор: Посебни планови за стопанисување со шумите за соодветните временски периоди и шумско стопански единици; Површина во ha

Анализирани се два периода за четири просторни единки и дополнително еден период за Ветрен – Сараево 2004-2013, бидејќи новиот план беше во изработка и не беше достапен за анализа.

На табела 15 се прикажани анализираните планови и површината која е планирана за сеча за десетгодишен период. За периодот 2001-2014 г. планирана е сеча на површина од 8,2 до 15 % од вкупната површина или просечно годишно сечата би била од 0,8 до 1,5 % од вкупната површина. За периодот 2011-2023 процентот на сеча е намален и се движи од 5,2 до 8,4% или годишно 0,5 до 0,8 % од вкупната површина.

На табела 16 се прикажани планираните типови на сеча на ниво на шумско-стопанска единица за двата стопански периода и вкупно.

За планот за стопанисување со шумите „Каменица“, на најголем дел од површината е извршена групимично изборна сеча, 43,3 и 60,7 % (за периодите 2003/12 и 2013/23 соодветно). Процентот на чиста сеча за истите периоди изнесува 19,2 односно 31,6 % од вкупната површина соодветно. Проредите се извршени на површина од 167 ха или 47,9 % за првиот период, а во вториот период процентот е видно намален (7,7 %).

Посебните планови за стопанисување на шумите за ШСЕ „Дулица – Сива Кобила“ предвидуваат два типа на сечи за двата временски периода: прореди и чиста сеча. Односот на сечите оди повеќе во корист на проредите 54 % или 54,8 %, додека останатиот дел од површината отпаѓа на чиста сеча. 46 % или 45,2 %.

За ШСЕ „Драмче – Еленин Врв“ за периодот 2003-2012 г. се предвидени само прореди, додека во наредниот стопански период, проредите опфаќаат 6,2% од вкупната површина, а другата површина е стопанисувана со чиста сеча од која 77% отпаѓа на санитарна сеча и другите 23% се ресуреക്ഷиона сеча.

Табела 16 Анализа на планирани типови на сечи

	Изврш. сеча	Груп. изб.с.		Чиста с.		Прореди		Оплодна с.	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Каменица 2003-2012	348,57	150,8	43,3	66,8	19,2	167,0	47,9	/	/
Каменица 2013-2023	222,68	135,2	60,7	70,4	31,6	17,1	7,7	/	/
Дулица - Сива Кобила 2001-2010	490,58	/	/	225,7	46	264,9	54	/	/
Дулица - Сива Кобила 2011-2021	227,44	/	/	102,8	45,2	124,6	54,8	/	/
Драмче - Еленин Врв 2003-2012	421,11	/	/	/	/	421,1	100	/	/
Драмче - Еленин Врв 2013-2023	265,45	/	/	248,9	93,8	16,6	6,2	/	/
Ветрен - Сараево 2004-2013	707,27	/	/	439,7	62,2	267,5	37,8	/	/
Голак 2004-2013	1.043,9	/	/	763,5	73,1	280,4	26,9	/	/
Голак 2014-2023	587,3	/	/	381,5	64,9	106,2	18,1	99,6	16,9
Период 2001 - 2014	2.304,2	150,8	6,5	1.056	45,8	1.133,4	49,2	/	/
Период 2011 - 2023	1.302,9	135,2	10,4	803,6	61,7	264,5	20,3	99,6	7,6

За шумско стопанската единка „Ветрен – Сараево“ беа земени податоци само од еден стопански период 2004-2013 г. За овој стопански период била предвидена чиста сеча на 62% од територијата на ШСЕ или 439,7 ha, додека другите 38% отпаѓаат на прореди.

Шумско стопанската единица „Голак“ за првиот стопански период (2004-2013) биле предвидени два типа на сечи: чиста сеча со 73,1 % и прореди со 26,9 %. Наредниот стопански период освен претходните два типа на сечи има и оплодна сеча. Најголема површина отпаѓа на чистата сеча со 64,9 %, потоа проредите се застапени со 18,1 % и оплодните сечи со 16,9 %.

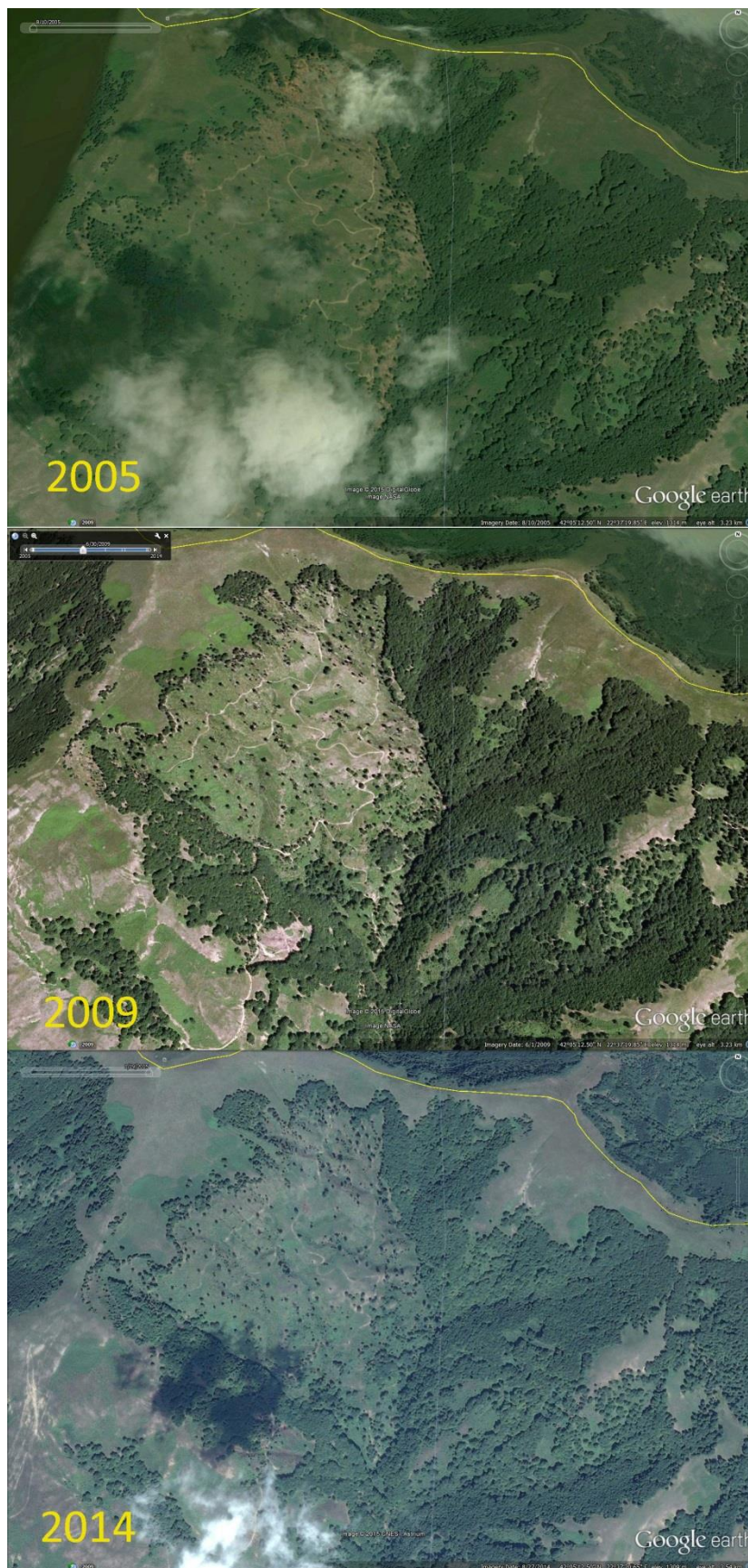
Кумулативно по стопански периоди, за првиот стопански период најголем е обемот на проредите 49,2% (1.133,4 ha), потоа доаѓаат чистите сечи со 45,8 % (1.056 ha) и со најмала површина се опфатени групно изборните сечи со 6,5 % (150,8 ha). Вториот стопански период значително се разликува од првиот. Тука предничат чистите сечи со 61,7 % (803,6 ha), потоа се проредите со 20,3 % (264,5 ha), па групно изборните сечи со 10,4 % и на крајот се оплодните сечи со 7,6 %.

Кога ќе се погледнат двата стопански периоди се забележуваат видни разлики при изборот на сеча, меѓутоа, обемот на сеча е значително намален, скоро за половина.

Тоа значи дека во вториот период сечите се концентрираат, но се видно намалени. Иако чистите сечи се застапени со 62 %, површината која се сече е за повеќе од 200 ha намалена во однос на минатиот стопански период.

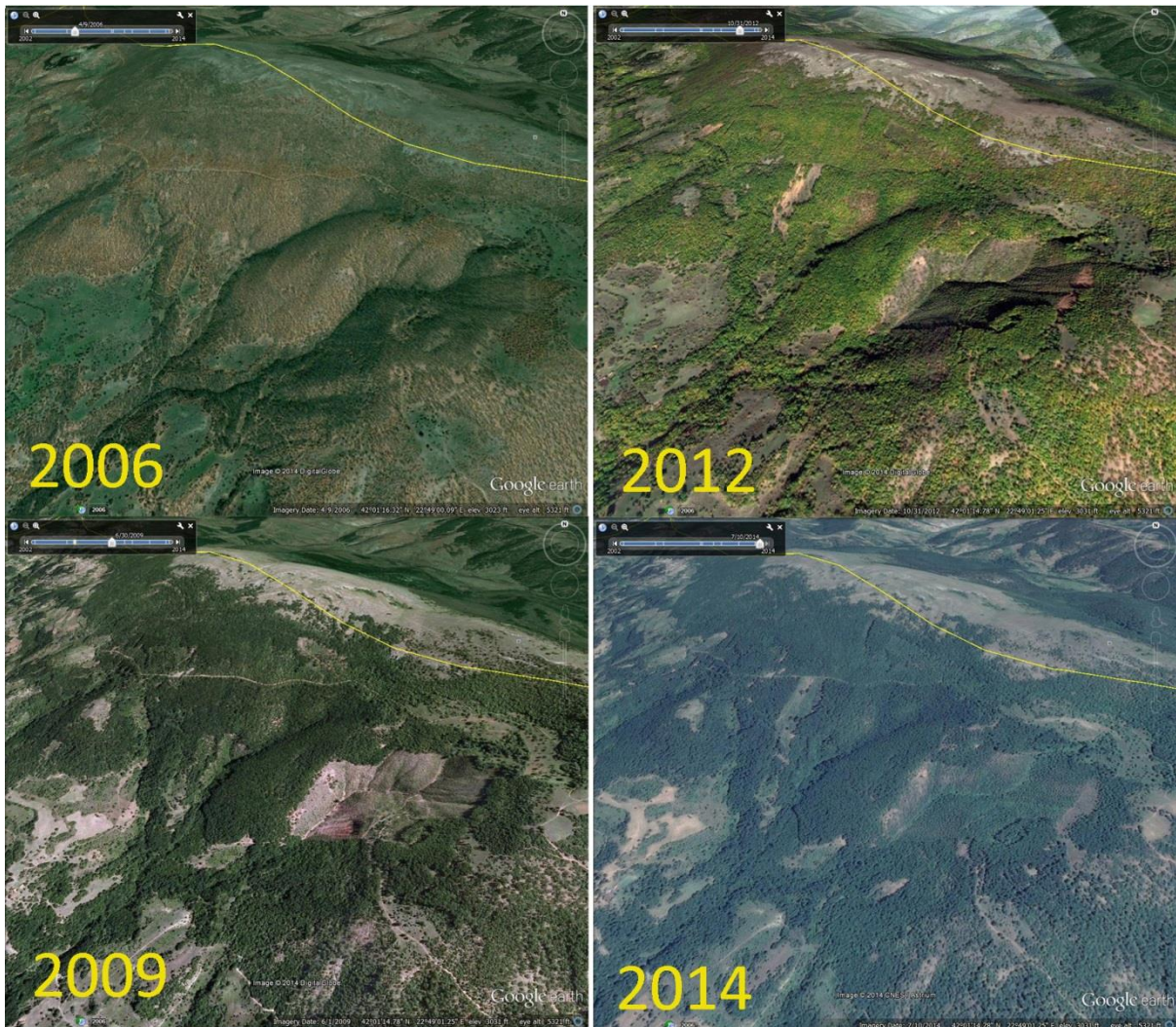
Сепак и покрај намалувањето треба да се напомене дека учеството на примената на чистата сеча во двата анализирани периоди е значително. Податоците говорат дека во првиот анализиран период тие зафаќаат 45,8 % од примената на сите типови сечи, а во вториот период дури 61,7 %, што укажува на голема примена на овој тип на сеча во овие шумско-стопански единици кои директно гравитираат во сливот на акумулацијата „Калиманци“. Ако се има предвид дека теренот околу акумулацијата е претежно ридско-планински, со поголеми наклони, може да се каже дека овој тип на сеча има значително влијание и на зголемувањето на количествата на наносот во акумулацијата. Главниот проблем при примената на чистата сеча се јавува непосредно по нејзиното изведување и во првите години сè додека да се појави бројна вегетативна обнова од изданоци и избојци. Во тој период горниот почвен слој, кој воедно е и најнестабилен (ровкав) и лесен за однесување од ударната сила на поројните врнежи големи количества од оваа почвена покривка лесно се измиваат и транспортираат во водотеците и акумулацијата. Со тоа се случуваат најмалку две многу негативни работи и тоа: полнење на акумулацијата со нанос и измивање и осиромашување на шумските почви. Особено големи негативни последици има кога се применува чиста сеча на големи површини, како и на места со поголеми наклони од 30 %.

Земени се два примера за изведени чисти сечи во сливот на акумулацијата „Калиманци“ во ШСЕ „Дулица-Сива Кобила“ и ШСЕ „Ветрен – Сараево“. На слика 9 прикажана е извршена чиста сеча во периодот 2002-2003 година на површина од 72 ha. Сателитските снимки се преземени од архивата на Google earth. Сечата е предвидена во стопанскиот период 2001-2010 во ШСЕ „Дулица-Сива Кобила“, во пододделите б6а и б7а. На сликата прикажани се 3 сателитски снимки од различни временски периоди (2005, 2009 и 2014 г.).



Слика 9 Чиста сеча изведена во периодот 2002-2003 (ШСЕ Дулица-Сива Кобила одд. 66 и 67 а)

Пододделите 66 и 67 се со среден наклон од 47% и 44%, на кафеава шумска почва и на шкрилеста геолошка подлога, на надморска височина од 1150 до 1500m. Од самите снимки се гледа дека овие оддели се наоѓаат на горната граница на шумата. За периодот од 12 години скоро и да не се забележува природна обнова на шумата.



Слика 10 Чиста сеча изведена по 2007 (ШСЕ Ветрен – Сараево одд. 17 а и в)

Кај вториот земен пример (Слика 10) се гледа различна ситуација. На сликата прикажани се 4 сателитски снимки од различни временски периода (2006 – пред сеча, 2009, 2012 и 2014 г.). Сечата е извршена во дел од пододделите 17а и 17в, ШСЕ „Ветрен – Сараево“, во периодот по 2007 и пред 2009 година. Во овој случај исечената површина е многу помала, 8 ha. Средниот наклон е 50%, на надморска височина од 860-1000 m, на почвен супстрат рендзина, ранкер+регосол и геолошка подлога од

конгломерат, песоци и глини. За период од околу 7 години (2007-2014) се гледа дека има успешна природна обнова на исечената површина.

Поради претходно наведеното, како и поради специфичните природни услови и важноста од зачувување на потенцијалот и одржливоста на акумулациите, примената на чистата сеча во сливот на акумулациите треба да биде сведена на минимум, а на нејзино место да се применуваат други шумско-одгледувачки и шумско-обновителни практики, кои ќе овозможуваат успешно природно обновување на шумата од една страна и зачувување на плодниот почвен слој на шумската простирка од друга. Притоа, особено внимание треба да се посвети и на одржување на шумскиот ред.

Покрај чистата сеча во анализираните периоди применувани се и прореди. Тие во првиот период биле застапени со 49,2% од сите типови на применувани сечи, а во вториот со 20,3%. Овој тип, за разлика од чистата сеча овозможува постојана покровност и заштита на површинскиот слој од земјиштето, како и подобрување на состојбата и структурата на шумскиот фонд. Имајќи предвид дека проредите се одгледувачка мерка со голем број позитивни особини, потребно е во иднина повеќе да се применуваат, на сметка на поинтензивните шумски практики.

Примената на групно изборната сеча во првиот период зафаќала 6,5%, а во вториот 10,4% од примената на сите типови сечи. Овој тип овозможува задоволителна и постојана покровност на земјиштето, а отварање само на помали површини во групи кои брзо обраснуваат со шумска обнова (или каде веќе има појава на обнова) е погоден за обновување на шумите во речни и акумулациони сливови и затоа потребно е негово поголемо практикување во иднина.

Оплодната сеча во првиот анализиран период не е применувана, а во вториот зафаќа 7,6% од примената на сите типови сечи. Овој тип има поголем број варијанти кои се движат од поинтензивни и краткорочни обновителни периоди до послабно интензивни и подолгорочни обновителни периоди, како и изведување на сечата во повеќе наврати. За подрачјето на сливот на проучуваните акумулации поприфатливи се подолгорочните оплодни сечи со повеќе зафати бидејќи шумскиот фонд во минатото во овој слив во поголема мера е деградиран, со послаба квалитетна

структура и со послаби обновителни потенцијали. Ако на ова се додадат и многу присутните деградациони процеси на земјиштето во минатото, логично е дека поголеми зафати не се поволни и дека во прв ред треба да се внимава на постојаната покривност на шумата и заштитата на земјиштето.

И покрај тоа што на подрачјето досега главно се применувани класични шумски практики, засновани на принципот на трајност во стопанисувањето преку примена на помал број типови на сечи, во иднина треба да се применуваат и други попривредосообразни практики. Добри резултати може да се постигнуваат со примена на комбинирани методи на природно обновување, како и на системи за обновивање засновани на принципот на трајна шума. Ваквите методи и практики заедно со проредите и едниничните и групимичните обновителни сечи можат во голема мерка да ја подобрат состојбата со шумскиот фонд од една, а од друга страна да обезбедат постојана заштита на земјиштето и намалување на полнењето на акумулациите со ерозивен нанос.



Слика 11 Практики на лисничарење во сливот на акумулацијата „Калиманци“ (слив на р. Сушица)

Во сливот можат да се забележат практики на лисничарење, што локалното население ги користи како начин на прихранување на стоката во зимскиот период. Оваа практика била присутна во сливот и е чинител на деградација на шумите и почвата, бидејќи со сечење на дел од гранките почвата останува незаштитена и со текот на времето и почвата околу дрвјата се измива.

4.5 Заклучоци

Од ова поглавје можат да се изведат неколку заклучоци.

Во периодот по Втората светска војна се развиваат големи процеси на миграција, кога населението заради „индустриската револуција“ и применетата аграрна реформа од руралните средини мигрира во поголемите индустриски центри, така претходните практики на управување со земјиштето се запоставуваат и површините кои биле интензивно користени во минатото се запустуваат и се враќаат на природата.

Со намалувањето на влијанието на човекот и сите негови активности се намалуваат: користењето на земјиштето се движи повеќе кон природата, сточарството се намалува, а со тоа и притисокот на пасиштата и шумата. Имено, во периодот од 1976 до 2011 г. има значително намалување на обработуваните земјоделски површини, зголемување на површините под пасишта и шуми. Овој тренд се забележува и кај сточарството, каде има намалување на сточниот фонд.

При анализата на плановите за стопанисување со шумите треба да се напомене дека учеството на примената на чистата сеча во двата анализирани периоди е значително. Податоците говорат дека во првиот анализиран период тие зафаќаат 45,8 % од примената на сите типови сечи, а во вториот период дури 61,7 %, што укажува на голема примена на овој тип на сеча во овие шумскостопански единици кои директно гравитираат во сливот на акумулацијата „Калиманци“. Ако се има предвид дека теренот околу акумулацијата е претежно ридско-планински со поголеми наклони може да се каже дека овој тип на сеча има значително влијание и на зголемувањето на количествата на нанос во акумулацијата.

Имајќи предвид дека шумскиот фонд во сливот на акумулацијата во голема мерка е деградиран поради преискористување во минатото и поради силни зооантропогени влијанија, потребно е во иднина да се преземаат повеќе одгледувачки мерки со цел подобрување на квалитетот и структурата на шумскиот фонд, исто така треба да се применуваат посовремени обновителни мерки кои ќе овозможат квалитетно природно обновување на шумата, без штетни влијанија врз шумската простирка и врз шумскиот екосистем.

5. УТВРДУВАЊЕ НА КОЛИЧЕСТВА НА ИСТАЛОЖЕН НАНОС ВО АКУМУЛАЦИИТЕ

5.1 ВОВЕД

Акумулациите се проектираат и изведуваат за да се користат одредено време, но нивниот век на траење се намалува со пополнување со нанос. Под проектиран век на траење на една акумулација се подразбира периодот за кој акумулацијата може да служи за потребите за која била проектирана. Достигнувањето на проектираниот век на траење или неможноста акумулацијата да служи за потребите за кои била проектирана, обично се достигнува пред половина од акумулациониот простор да се наполни со наносен материјал (Morris et al., 2007²⁹; Dendy et al., 1973³⁰; Murthy, 1997³¹). Акумулациониот капацитет се искажува како функција на достапен акумулационен волумен во конзервациониот басен (Nikitina, 2011³²).

Акумулациите претставуваат уникатна категорија на објекти бидејќи векот на траење многу малку зависи од техничките карактеристики на градежните елементи на браната, туку од процесите на ерозија и режимот на наносите што постојат во сливот. Кога режимот на наноси ќе биде контролиран, акумулациите можат драстично да го надживеат векот за кој се проектирани. Шнитер (Schnitter, 1994³³) набројува 12 стари акумулации кои оперативно функционираше повеќе од 2.000 години. Четири од овие брани/акумулации се уште се во функција (Morris et al., 2007²⁹).

Заполнувањето на акумулациите со нанос е последица на ерозијата која понатаму има големи последици врз животната средина и врз економијата. Од друга страна, пополнувањето на акумулациите со нанос е доказ за проблемите со ерозијата и

²⁹ Morris G.L., Annandale G., Hotchkiss R. *Reservoir Sedimentation (Chapter 12)*, 2007, Sedimentation engineering : processes, management, modeling, and practice / edited by Marcelo H. Garcia ; prepared by the ASCE Task Committee for the Preparation of the Manual on Sedimentation of the Sedimentation Committee of the Hydraulics Division, Published by American Society of Civil Engineers, ISBN-13: 978-0-7844-0814-8 (стр. 579-612)

³⁰ Dendy, F. E., Champion, W. A., and Wilson, R. B., 1973, "Reservoir sedimentation surveys in the United States." *Man-made lakes: Their problems and environmental effects*, W. C. Ackerman, G. F. White, and E. B. Worthington, eds., Geophysical Monograph No. 17, American Geophysical Union, Washington, D.C.

³¹ Murthy, B. N., 1977, *Life of reservoir*, Central Board of Irrigation and Power, New Delhi.

³² Nikitina S, Reinhold L, Angulo, Jenckins, Lebedev, Mcnef : *Assessing the Lifespans of Reservoirs in Region 2 of Puerto Rico May 5, 2011*, http://www.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050411-154137/unrestricted/Assessing_the_Lifespans_of_Reservoirs_in_Region_2_of_Puerto_Rico_WPI_11.pdf отворен на 25.09.2014

³³ Schnitter, N. J., 1994, *A history of dams, the useful pyramids*, A. A. Balkema, Rotterdam

транспортот на наносот во сливното подрачје на акумулацијата. Таа може да се смета како експериментално подрачје „во големо“, како подрачје за акумулација на огромна пробна површина за ерозија (Vente et al, 2000³⁴).

Табела 17 Акумулационен простор, моќност и пополнување на акумулациите во светски рамка

Регион	Бр. на големи брани	Акумулационен простор (km ³)	Моќност (GW)	Годишна загуба како резултат на пополнување со нанос (% од вкупниот волум.)
На светско ниво	45.571	6.325	675	0,5-1
Европа	5.497	1.083	170	0,17-0,2
Северна Америка	7.205	1.845	140	0,2
Јужна и Центр. Америка	1.498	1.039	120	0,1
Северна Африка	280	188	4,5	0,08-1,5
Суб-Сахарска Африка	966	575	16	0,23
Среден Исток	895	224	14,5	1,5
Азија (без Кина)	7.230	861	145	0,3-1,0
Кина	22.000	510	65	2,3

Адаптирано од (White, 2001⁷)

Главната задача при ехо-сондерското снимање на акумулациите е да се определи количеството и тежината на наносот помеѓу две последователни мерења или од почетокот на функционирањето на акумулацијата до моментот на снимање (Hall, 2010³⁵). Од овие мерења можат исто така да се пресметаат и други параметри, како годишниот принос на нанос и векот на траење на акумулацијата (ibid). Пополнувањето на акумулациите со нанос, како и други фактори, придонесуваат за појава на проблеми со квалитетот и квантитетот на водата кои ги засегаат и другите полезности од акумулациите како што се: обезбедување на вода за пиење, наводнување, ретенција на поплавни бранови, рибарство, производство на електрична енергија, рекреација, спорт, екосистемски користи, здравје и др. Како придонес кон решавањето на овие

³⁴Joris de Vente, Jean Poesen & Gert Verstraeten, Evaluation of reservoir sedimentation as a methodology for sediment yield assessment in the Mediterranean: challenges and limitations SCAPE ; http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/scape/uploads/107/Vente_et_al.pdf отворен на 25.09.2014

³⁵ Hall Mark E., 2010, Conducting simple sediment surveys using modern GPS, Sonar and GIS technology; 2nd Joint Federal Interagency Conference, Las Vegas, NV, June 27 - July 1, 2010, http://acwi.gov/sos/pubs/2ndJFIC/Contents/P09_Hall_12_18_09_abstract-for-papers.pdf отворен на 25.09.2014

проблеми е константниот мониторинг на состојбата на акумулациите, воведување на редовни батиметриски снимања, за да може да се предвидат активности за ублажување и санација на ерозијата и продолжување на векот на акумулацијата и рентабилноста и економичноста на хидросистемот.

Се проценува дека годишно 0,5 до 1 процент од вкупната зафатнина на водните акумулации во светот се губи како резултат на пополнување на акумулациите со нанос (White, 2001⁷).

За споредба со состојбата во Р. Македонија може да се земе акумулацијата „Тиквеш“. Таа е проектирана во 1968 г. на вкупен акумулационен простор од 475 мил. m³. Последното мерење на состојбата со наносот во 1991 покажува акумулирање на вкупното количество на наносен материјал од 29,3 мил. m³ или просечно годишно се таложеле 1,27 мил. m³. Годишната загуба како процент од вкупниот акумулационен простор изнесува 0,26%, што е малку над европскиот просек (Трендафилов А. 1995³⁶).

Количеството на исталожен материјал и колкава ќе биде неговата зафатнина во акумулацијата зависи од волумната тежина на ерозивниот материјал. Различни типови на ерозивен материјал, различно се таложат во текот на времето. Така, ерозивен материјал кој главно е составен од песокливи алувијални фракции, откако ќе се исталожи со текот на времето многу малку ја менува волумната тежина бидејќи не подлежи на долготрајна компакција, т.е. се консолидира за многу краток период. Од друга страна, ерозивниот материјал со голем удел на глинести фракции, се таложи во растресита форма и со текот на времето, под дејство на тежината на водата од акумулацијата е подложен на компакција, т.е. времето на консолидација на ваков материјал може да трае и до 50 години (Morris et al., 2007²⁹).

Според Van Rijn³⁷, мерените профили на акумулацијата „Киндарума“ – Кенија, за временски период од 6 години, на сметка на консолидацијата, мерениот слој кој бил исталожен се намалил од 37 % до 82 % од неговата првичната дебелина. Првичната

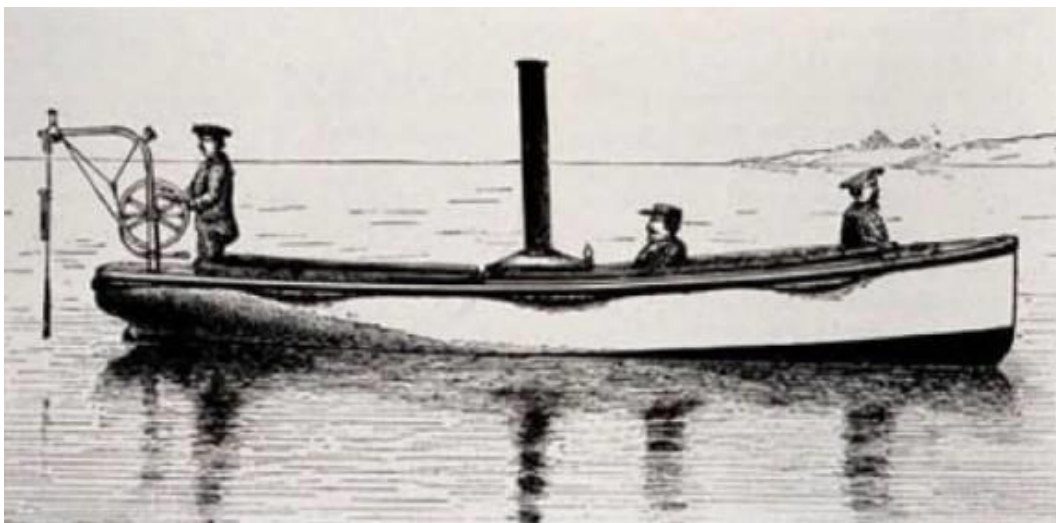
³⁶ Трендафилов А., 1995, Ерозија во сливот на Црна Река и засипување на акумулацијата „Тиквеш“ со ерозивен нанос, докторска дисертација, Шумарски факултет – Скопје, УКИМ

³⁷ Van Rijn, Sedimentation of sand and mud in reservoirs in rivers, <http://www.leovanrijn-sediment.com/papers/Reservoirsiltation2013.pdf>, отворен на 22.12.2014

волумна тежина на поединечните профили биле од 0,28 до 2,49 t/m³, а по консолидацијата по 6 години од таложењето, волумната тежина се зголемила од 0,82 до 8,73 t/m³. Од овие податоци може да се види дека консолидацијата има голем удел во утврдувањето на режимот на пополнување на акумулациите со ерозивен нанос.

5.2 ТЕОРЕТСКИ ОСВРТ

До првата половина на XX век, длабочините на водните басени се мереле рачно. Од пловниот објект, до дното на акумулацијата се спуштало јаже или сајла, кое на крајот завршувало со метална плоча или друг предмет (сплескан тег, камена плоча и сл.), а за поплатки води се користел „стап“ или „прачка“. Користењето на овој метод за мали површини давал добри резултати, а за поголеми површини губи на квалитет, бидејќи хоризонталната точност е многу намалена. Точноста на овој метод може да се зголеми со вметнување на познати линии на движење помеѓу две или повеќе просторно определени точки (Jakubauskas M., deNoyelles F., 2008³⁸). Со вметнување на овие познати точки (фиксираны геодетски точки) мерењата можат да се повторат.



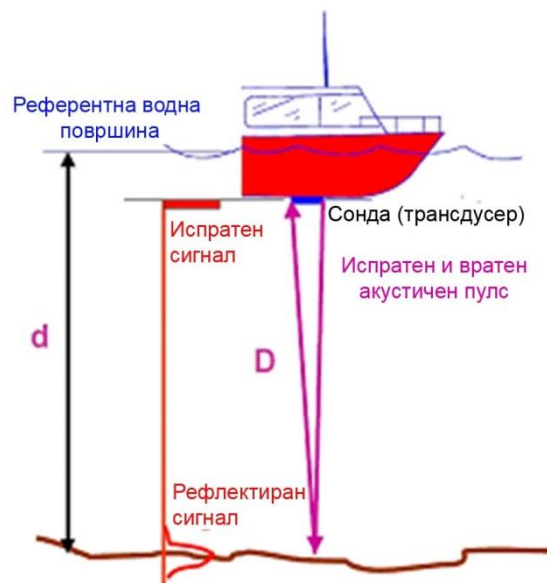
Слика 12 Пловен објект за мерење на длабочини од XIX век (NOAA централна библиотека, Jakubauskas M., deNoyelles F., 2008³⁸)

Сите досегашни мерења реализирани од Заводот на водостопанство во РМ изведени се со ехосондер без просторна поддршка (Глобален систем за навигација), со претходно поставена полигонска мрежа на порано дефинираните/утврдени профили

³⁸ Jakubauskas M., deNoyelles F., 2008, Methods for assessing sedimentation in reservoirs, стр. 25, Книга: Sedimentation in our reservoirs: Causes and Solutions

за снимање. Овој начин на снимање вклучувал, најпрво, поставување на полигонска мрежа на претходно определените профили на снимање. Понатаму, ехосондерска опрема била фиксирана на пловниот објект и тој се движел по определени профили за снимање, перманентно следен со геодетски инструмент (дистомат), заради обезбедување на стриктно движење на пловниот објект по линијата на профилот и перманентна контрола на растојанијата од брегот до местото на пловниот објект/ехосондерот. Овој начин на снимање бил доста макотрпен и одземал повеќе време за снимање, а ангажирал и повеќе човечки ресурси.

До XX-от век, развојот на науката за акустика овозможила развој на сонарските системи, кои најпрво се користени за воени цели и потоа биле адаптирани за цивилни цели за батиметриски снимања. Акустичното ехосондирање се потпира на точно мерење на времето и волтажата. Звучен пулс со позната фреквенција и траење се испраќа во водата и се мери времето од испраќањето до враќањето до изворот на пулсот (Jakubauskas M., deNoyelles F., 2008³⁸).



Слика 13 Теорија на ехосондерско снимање

Растојанието меѓу сондата и дното може да се пресмета до следната равенка:

$$D = (S \times T) \dots \dots \dots [1]$$

Каде се:

D - растојание помеѓу сензорот и дното,

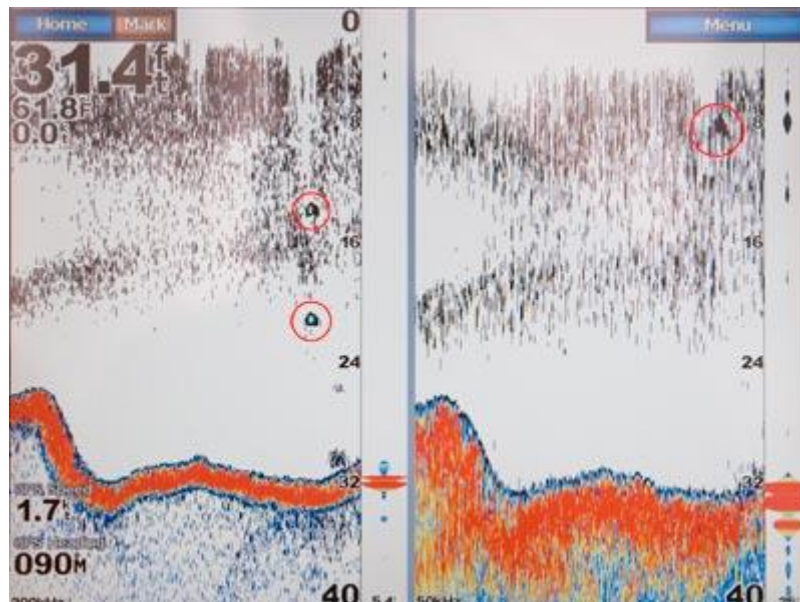
S = брзина на звукот во вода, и

T = време што му треба на зракот да патува од сензор до дното и назад.

Ехосондерот се состои од четири главни дела: **сонда** (eng. Transducer), која ги испраќа и прима акустичните сигнали; компјутер што го создава сигналот; **Систем за глобална навигација**, кој на информацијата за длабочина и ја додава компонентата за просторна поставеност (координати); и **Компјутер за логирање на информациите и контрола**.

Типични фреквенции при користење на овој инструмент се:

- 420 kHz – планктон, подводна вегетација
- 200 kHz – батиметрија, класификација на дното, подводна вегетација, риби
- 120 kHz – риби, батиметрија, класификација на дното
- 70 kHz – риби
- 38 kHz – риби (морски), пенетрација на наносот (консолидираност)



Слика 14 Снимање на дното со различни фреквенции (лево 200 kHz, десно 50 kHz)

Со развојот на ласерската технологија, во последните години, се јавува во комерцијална употреба снимање на теренот со помош на ласерски зраци (LIDAR-Light detection and Ranging). Овој систем на снимање спаѓа во доменот на далечинска детекција, како и ехо-сондерот/сонарот и е широко употребуван како средство за

детално снимање на теренот со голема точност. Бидејќи при снимањето се користи светлината, која во водена средина е подложна на апсорбција од страна на водата, може да се користи за снимање на подводни објекти и дното до длабочина од 50 m (Hobson 2007³⁹). Носачот на ласерскиот сензор обично е авион или хеликоптер. Предноста на овој систем е тоа што може да сними големи подрачја за кратко време и со голема точност. Лошата страна е дека овој систем е многу скап и бара вложување на многу средства, а од друга страна може да снима само до длабочина од 50 m. Последниот недостаток за снимањето на акумулациите во Р. Македонија е ограничувачкиот фактор, бидејќи поголемите акумулации имаат места со длабочина над 50 m.

Во поново време, глобалните системи за навигација се вградуваат во ехосондерски системи. Оваа нова технологија овозможува побрзо, поефикасно, поекономично и што е уште позначајно, добивање на резултати со поголема точност/прецизност.

5.3 Досегашни истражувања на акумулациите „Калиманци“ и „Градче“

Првите чекори во следењето на засипувањето на акумулациите со ерозивен наносен материјал во Републиката се направени на акумулацијата „Матка“ во периодот 1951-1955 година, од страна на Институтот „Ј. Черни“. Потоа во јуни 1969 година со геодетското снимање на топографско-морфолошката состојба на акумулациониот простор на акумулацијата „Калиманци“, (нулто снимање или снимање пред затворање на браната), започнува поорганизираното следење на засипувањето во Република Македонија.

По должината на акумулацијата е развиена полигонска мрежа поврзана во постојната тригономтриска мрежа. За следење на засипувањето на акумулацијата со нанос, во прво време избрани се, обезбедени и фиксирани 30, а подоцна во 1972 година уште 11 дополнителни напречни профили. Така, мрежата за следење режимот на исталожениот нанос во акумулацијата се состои од 41 напречни профили, од кои 27 се во коритото на р. Брегалница, 7 во коритото на р. Каменица и 7 во коритото на

³⁹ Hobson Peter, 2007, LidarSurveys in challenging, shallow water, environments, Admiralty Coastal Surveys AV, отворено на 29.12.2014, http://www.ths.org.uk/documents/ths.org.uk/downloads/lidar_surveys_in_challenging_shallow_water.pdf

непосредните притоки на акумулацијата: р. Рибница, р. Сушица, и Луковичка Река. Во почетокот мерењата на наносот се реализирани во рамките на научно истражувачкиот проект: *“Мерење на наносот во акумулацијата „Калиманци“ и изнаогање на зависноста меѓу засипувањето и ерозијата во сливот”*⁴⁰, финансиран од РСИЗ за научни дејности и РСИЗ за водостопанство, а носител на проектот бил Заводот за водостопанство на РМ-Скопје.

Подоцна, мерењата се вршени во согласност со законската обврска и Правилникот за следење на наносот во акумулациите, при што, сите активности во наведениот период се реализирани од страна на Заводот за водостопанство на РМ-Скопје (Трендафилов А., 1995³⁶).

Од затворањето на браната Калимаци во 1969, па се до 1997 година, извршени се тринаесет батиметриски мерења (Табела 18). Сите поголеми акумулации во Р. Македонија, до 1990-тите години, биле под постојан мониторинг на состојбата на исталожениот нанос. По овој период настанал застој во следењето на акумулациите, со мали исклучоци. Во моментот се прават напори за обновување на мониторингот на акумулациите.

Мерењата на акумулацијата „Калиманци“ се извршени на претходно востановени профили. Тие биле поставени нормално на течењето на водотекот и на левиот и десниот брег или на почетокот и крајот на мерниот профил биле фиксирани тригонометриски точки со познати координати. Овие точки биле врзани во тригонометриска мрежа и биле приклучени на постоечката тригонометриска мрежа поставена од Агенцијата за Катастар на РМ. Профилите биле рамномерно поставени по главниот водотек и по сите споредни водотеци (притоки) на растојание од 300 до 500 метри.

⁴⁰ Мерење на наносот во акумулацијата „Калиманци“ и изнаогање на зависноста меѓу засипувањето и ерозијата во сливот, 1976, Завод за водостопанство на СРМ - Скопје

Табела 18 Количества на исталожен нанос во акумулацијата „Калиманци“ од нејзиното формирање до 1997

Ред. Бр.	месец	година	меѓу две мерења	кумулативно	годишно
			m ³	m ³	m ³ /год
0	февруари	1969	/	/	/
1	октомври	1971	1.661.225	1.661.225	830.612,5
2	септември	1972	258.075	1.919.300	258.075,0
3	/	1973	147.625	2.066.925	147.625,0
4	септември	1975	2.210.590	4.129.890	736.863,3
5	септември	1977	1.046.775	5.176.565	523.387,5
6	септември	1978	323.225	5.499.790	323.225,0
7	септември	1980	1.233.190	6.732.908	616.595,0
8	септември	1984	749.900	7.482.880	187.475,0
9	септември	1985	406.010	7.888.890	406.010,0
10	/	1988	/	/	/
11	јуни	1991	1.514.690	9.403.580	252.448,3
12	/	1997	2.305.308	11.708.888	384.218,0

Од табела 18 се гледа дека со мерењата на Заводот за водостопанство до 1997 година биле измерени вкупно количества на нанос од 11.708.888 m³ или просечно годишно се таложеле 418.174 m³/год (Мерењата во 1988 се извршени од В. Р. О. „Брегалница“ Кочани – и податоците од овие мерења не беа достапни за анализа).

Од мерењата се гледа дека стапката на годишен принос на нанос во акумулацијата е различен. Мерењата изведени од 1971 до 1977 г. прикажуваат голем влез на наносен материјал во акумулацијата, кој грубо се движи од 500 до 800 илјади m³/годишно. Во натамошниот период влезот на наносот во системот значително се намалува, но исто така варира. Првиот период значително се разликува, бидејќи противерозивните мерки во сливот не биле уште востановени, а со текот на времето тие даваат поголем ефект.

За акумулацијата „Градче“ немаше достапни информации за мерењата по профили и затоа беа земени само вкупните количества на исталожен наносен материјал.

Првото мерење на нанос е изведено во јули 1984 година од страна на Градежен факултет – Скопје. Измереното количество нанос изнесувало 380,000 m³ или просечното годишно пополнување за период 1959 до 1984 година на акумулацијата

било 15.200 m³/год. Наредното мерење е извршено од Заводот за водостопанство во јуни 1991 година. За периодот 1984 до 1991 во акумулацијата се има исталожено уште 40.165 m³ наносен материјал или 5.783 m³/год или специфично 65,58 m³/km²/год. Значи во 1991 година вкупното количество на исталожен нанос во акумулацијата е 420.165 m³ или за периодот 1959-1991 просечно годишно се исталожувале 13.254 m³/год или 151 m³/km²/год.

5.4 ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Предмет на ова под-поглавје е утврдување на количества на исталожен нанос во акумулациите со помош на ехо-сондерско снимање.

Цели:

1. Да се утврдат количества на исталожен нанос во акумулацијата „Калиманци“ со помош на ехо-сондерско снимање.
2. Да се утврдат количества на исталожен нанос во акумулацијата „Градче“ со помош на ехо-сондерско снимање.
3. Резултатите од последното снимање на исталожениот нанос во акумулациите да се вклопи во серијата од претходните мерења и да се одреди динамиката на пополнување на акумулациите.

5.5 МЕТОД НА РАБОТА

За обезбедување на континуитет на мерењата и споредливост на податоците беше употребена истата методологија од претходните снимања, со мали модификации во однос на инструментите што беа користени.

5.5.1 Батиметриско снимање

За снимањето беше користен двофреквентен ГПС ехо-сондер GPSMAP 521s (сл. 15). Овој уред не е специјално наменет за ехо-сондерско снимање, меѓутоа беше проверен за точност и беше заклучено дека од професионалните ехосондери се разликува само по можноста за излез на податоците. При самото мерење инструментот ја забележува патеката на движење со забележување на длабочините на водното тело.

Исто така, беше користен ГПС уред Garmin Dakota 20. Самиот ГПС уред има можност да ја снима патеката на движењето и да снима координати на точкасти објекти и да врши

навигација за пронаоѓање на веќе внесени координати во ГПС уредот. Тој се користеше за навигација на пловниот објект, за пронаоѓање на профилите на терен и на крајот за валидација на патеката на движење на ехо-сондерот.



Слика 15 ГПС ехо-сондер GPSMAP 521s

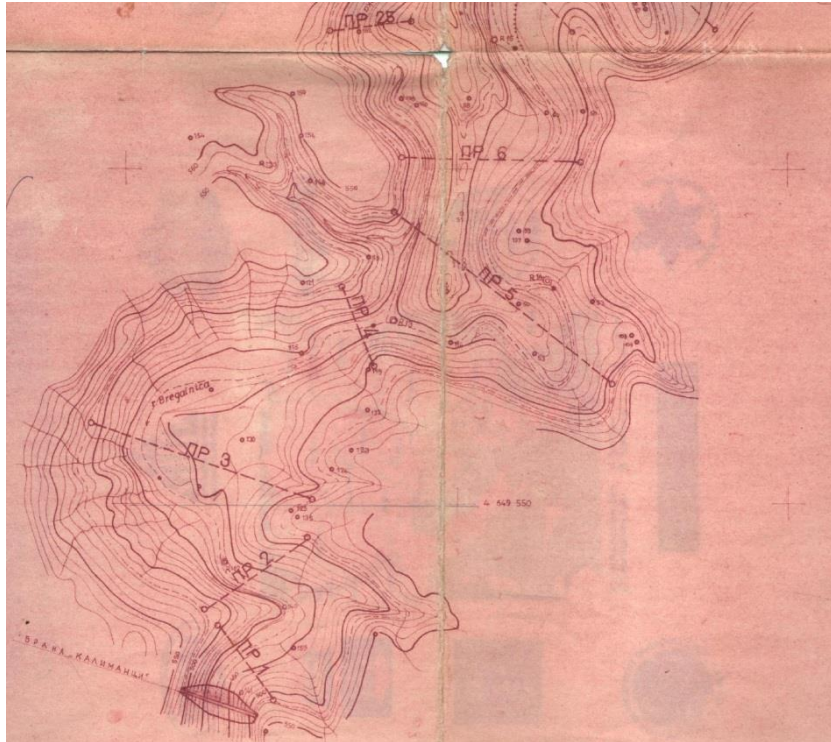
Постапките при снимањето на акумулациите се разликуваа поради тоа што за акумулацијата „Калиманци“ имаше достапни податоци за профилите, додека за акумулацијата „Градче“ тие податоци не беа достапни.

За дообјаснување на резултатите се користеше и анализа на врнежите, како и анализа на миграциските процеси и промените на користење на земјиште.

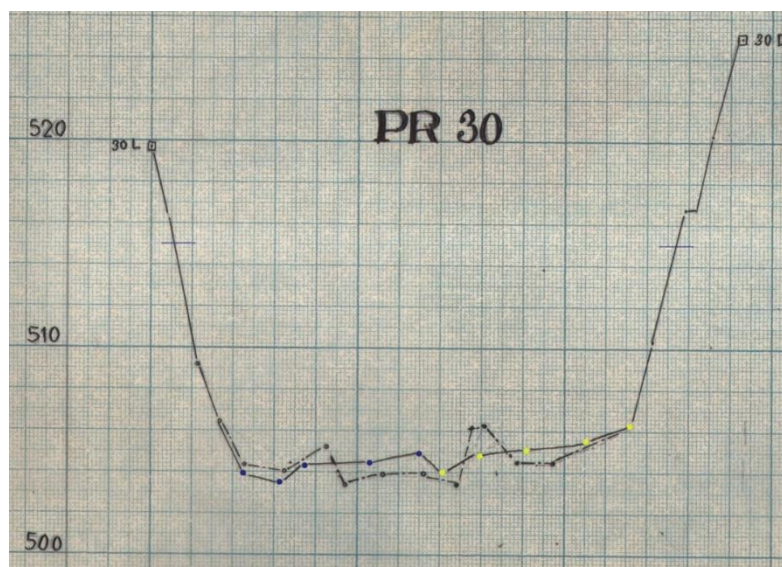
5.5.2 Постапка при батиметриско снимање на акумулацијата „Калиманци“

Најпрво беа обезбедени податоците од претходните мерења на акумулациите и „нултата состојба“ или состојба на акумулацијата пред полнење со вода. Овие податоци се обезбедени од Заводот за водостопанство на РМ и тоа, нултата состојба беше во графички формат, исцртана на паус-милиметарска хартија и последователните мерења собрани во елаборат во текстуален-табеларен формат. Како што е опишано погоре, претходните мерења биле извршени според методот на континуирано следење-мерење на утврдените напречни профили, со однапред определени геодетски координати и коти (реализиран детален нивелман) востановени и

фиксираны тригонометриски и полигонски точки на теренот, т.е на бреговите од акумулацијата. Профилите биле поставени нормално на течењето на водотекот, односно осовината на акумулацијата.



Слика 16 Извадок од ситуација со напречни профили на акумулација Калиманци – Р 1:10.000

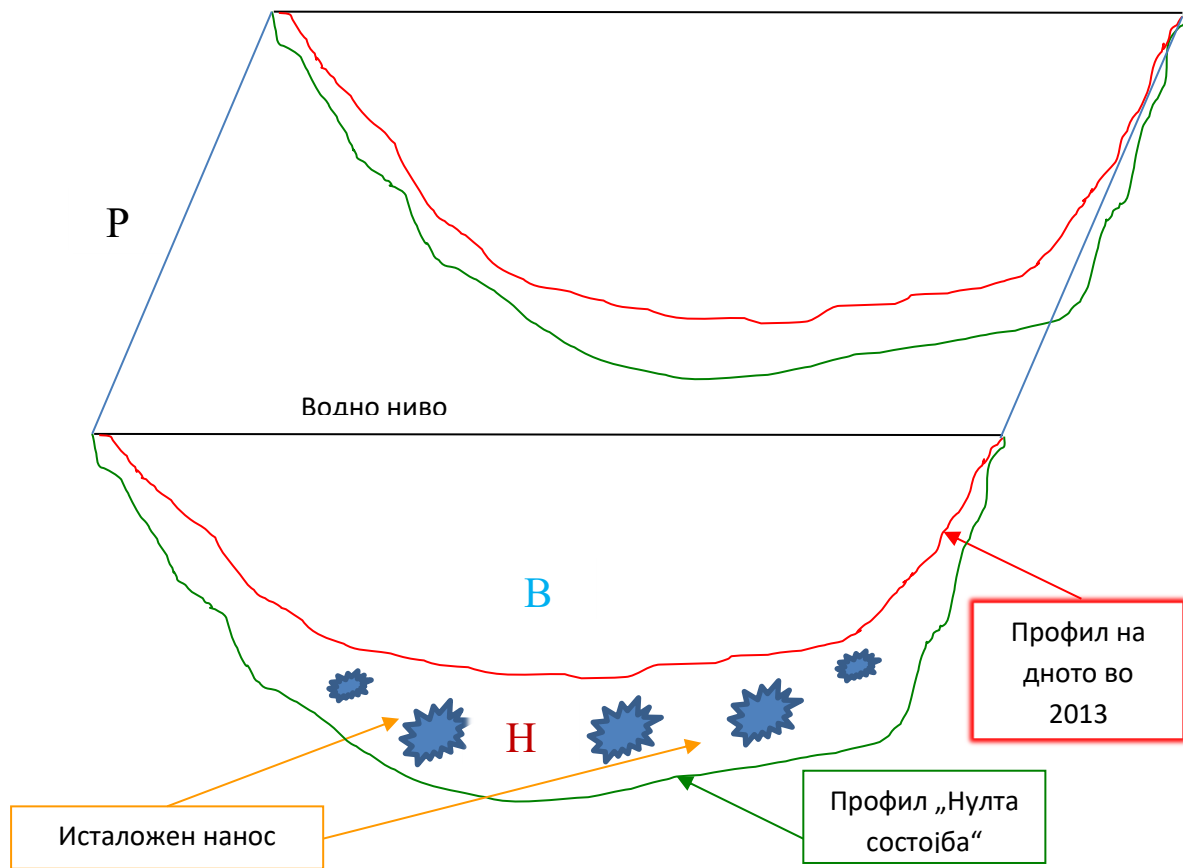


Слика 17 Профил бр.30, акумулација Калиманци, „нулта состојба“ и последователното снимање за исталожен наносен материјал

Најпрво, картите и профилите беа скенирани и уразмерени или геореференцирани (Сл. 17 и Сл. 18). Профилите, натаму, во соодветен ГИС софтвер беа дигитализирани и беше определена површината на попречниот профил во „нулта состојба“. Од друга страна, од елаборатот за претходните мерења на наносот беа земени вкупните количества на исталожен нанос по временски периоди.

Снимањето на акумулацијата „Калиманци“ беше извршено во јуни 2013 г. на веќе воспоставените профили од Заводот за водостопанство на РМ за да се овозможи темпорален континуитет на снимањето и да има споредливост на податоците. Најпрво беа обезбедени координати од постоечките мерни профили на акумулацијата. Истите беа внесени во рачниот ГПС уред и со помош на ГПС навигација беа лоцирани на терен. Секој профил беше снимен посебно со ехосондерот и паралелно за контрола патеката на движење беше снимена со рачниот ГПС.

По снимањето, податоците беа превземени во дигитален ГИС формат. Тие беа преклопени со профилите од „нултото мерење“ и беше одземена разликата меѓу површините на профилите, добивајќи ја состојбата на наносот на секој профил (*Равенка 2*). Волуменот на вкупниот нанос е добиен како производ на растојанијата меѓу соседните попречни профили и аритметичката средина на површината на исталожениот нанос меѓу два соседни профила (*Равенка 3*). На крајот сите овие производи се сумирани и добиен е вкупниот волумен на исталожен нанос во еден крак од акумулацијата. Истата постапка е повторена за сите притоки на акумулацијата и се сумирани на ниво на акумулација.



Слика 18 Шемтски приказ на напречни профили на акумулација

P – Растојание помеѓу профили; B – Водна површина (на проточен профил) 1969 година и 2013 година; H – Површина на наносен материјал (на проточен профил)

$$H = B_{1969} - B_{2013} \dots \dots \dots [2]$$

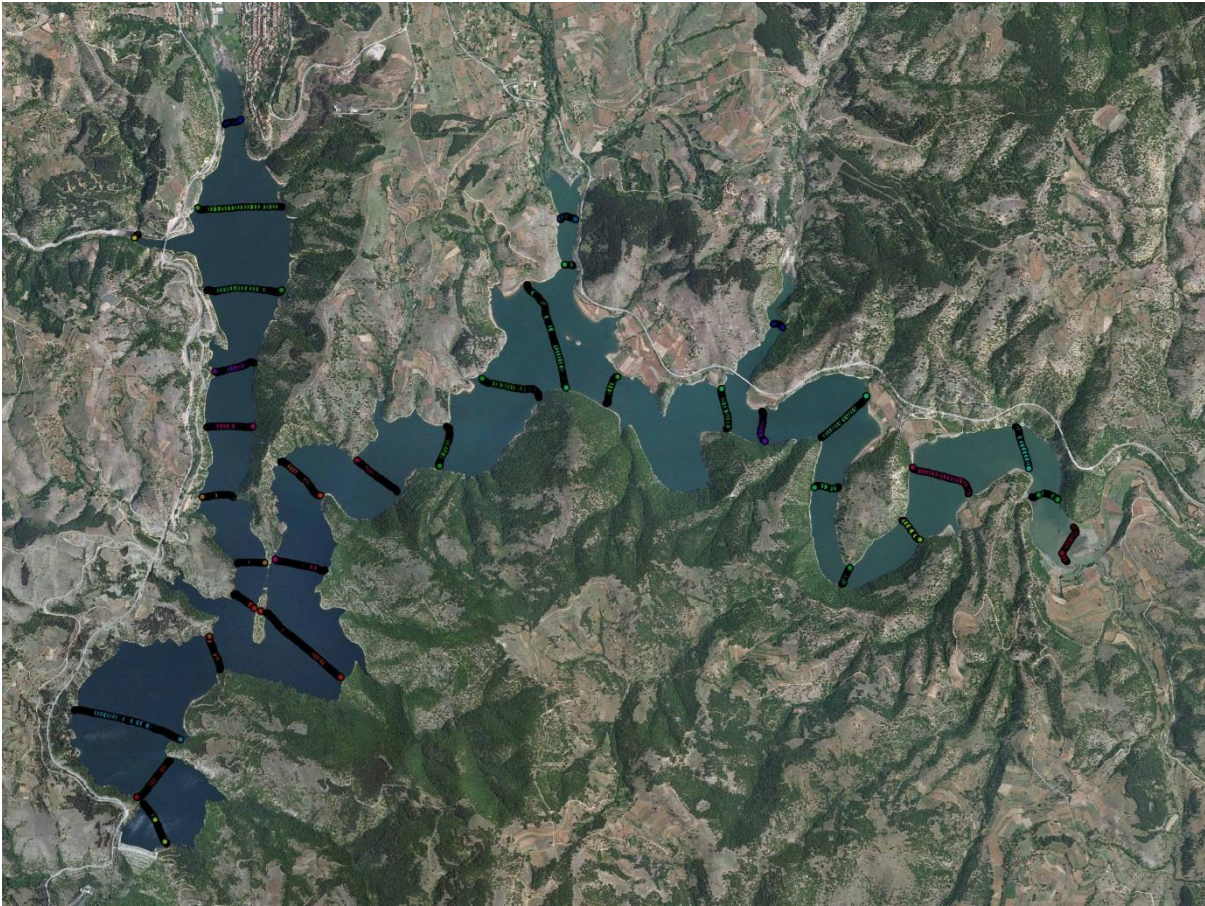
$$V_{\text{нанос}} = \frac{H_{\text{пр}} - H_{\text{сл}}}{2} \times P \dots \dots \dots [3]$$

$B_{1969/2013}$ – Водна површина на проточен профил (1969 – нулта профил, 2013 – сегашна состојба)

$H_{\text{пр}}$ - Површина на наносен материјал на претходен профил

$H_{\text{сл}}$ - Површина на наносен материјал на следниот профил

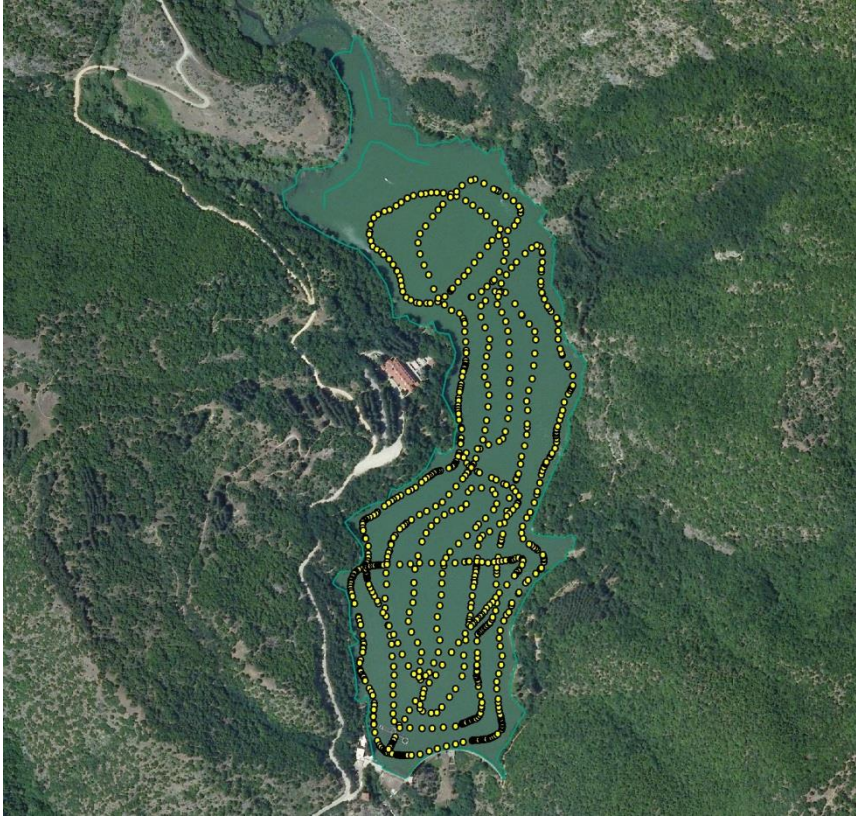
$V_{\text{нанос}}$ – Исталожен наносен материјал меѓу два профила



Слика 19 Профили на снимање на акумулацијата „Калиманци“ при ехосондерското снимање во 2013г.

5.5.3 Постапка при батиметриско снимање на акумулацијата „Градче“

Акумулацијата „Градче“ е снимена со комбинација на контурно и профилно снимање (Сл. 21). Овој начин е многу поточен од претходниот бидејќи освен што се опфаќаат напречните профили, се снимаат и надолжните профили на различна оддалеченост од брегот, со густина што одговара на карактеристиките и специфичностите на микрорелјефот на акумулацијата. Овој начин на снимање одзема многу повеќе време, но е поточен. Бидејќи се работи за помала акумулација, во конкретниот случај беше возможно да се изведе.



Слика 20 Патека на батиметриско снимање на акумулацијата „Градче“

Врз основа на ехо-сондерското снимање добиени се точки во ГИС формат. Тие се пренесени во ГИС средина, геореференцирани. Според аерофото снимка е одбележано максималното ниво на акумулацијата - 465 m нормално ниво и 467 m максимално ниво. Според нормалната надморска висина (465 m) е изработен TIN-от на акумулацијата „Градче“. Врз основа на TIN-от во ГИС софтвер, автоматски е пресметан волуменот на водата во акумулацијата. Понатаму разликата меѓу моментното количество вода во акумулацијата и нејзината проектирана зафатнина го претставува вкупното количество на исталожен нанос во акумулацијата.

5.6 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

5.6.1 Резултати од батиметриско снимање на акумулација „Калиманци“

Акумулацијата „Калиманци“ е проектирана на вкупен акумулационен волумен од 127 мил. m^3 (Таб. 2). Мерењето во 2013 година покажа дека во акумулацијата има исталожено 13,89 мил. m^3 нанос (Таб. 16) или просечно годишно $315.682 m^3/год$ или специфично $278,13 m^3/km^2/год$.

Доколку се проанализира Табела 18, може да се заклучи дека во последниот мерен период 1997-2013 приносот на нанос ($136,319 \text{ m}^3/\text{год}$) во акумулацијата значително се разликува од претходните периоди и дополнително се разликува од просечната вредност, и е помал од иститот за повеќе од половина.

Табела 19 Споредба на двете последни батиметриски мерења на акумулацијата „Калиманци“

Ред. Бр.	месец	година	меѓу две мерења	кумулативно	годишно
			m^3	m^3	$\text{m}^3/\text{год}$
12	/	1997	2.305.308	11.708.888	384.218,0
14	мај	2013	2.181.112	13.890.000	136.319,5

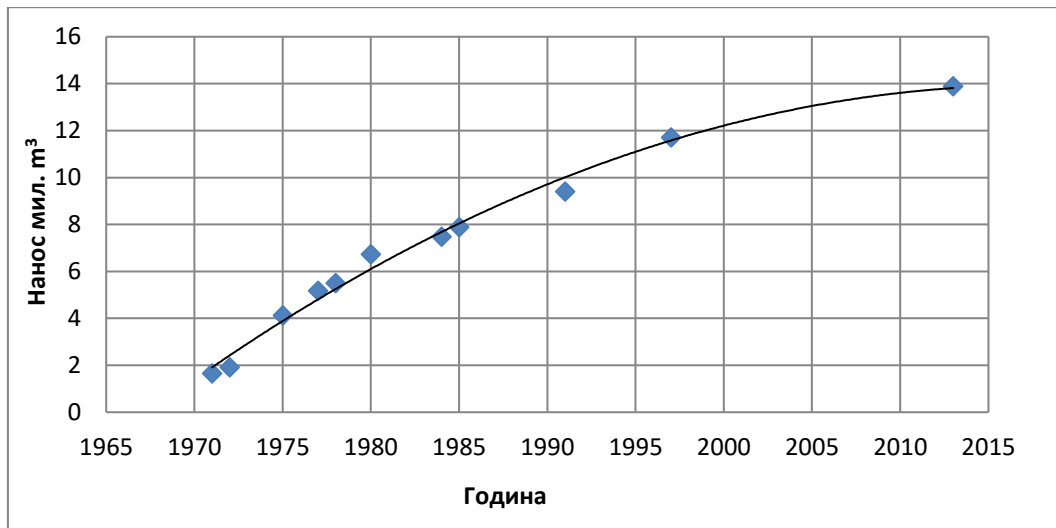


График 1 Динамика на таложење на нанос во акумулација „Калиманци“ (1969 – 2013)

Од График 1 се гледа јасен тренд на пополнување на акумулацијата. Од графикот можат да се издвојат два периода - 1969-1985 и 1985-2013. Во периодот 1969-1985 просечното годишно пополнување на акумулацијата е $467.686 \text{ m}^3/\text{год}$, а во периодот 1985-2013 просечното годишно пополнување на акумулацијата е $214.325 \text{ m}^3/\text{год}$. Во првиот период пополнувањето е повеќе од двојно од она во вториот период.

5.6.2 Резултати од батиметриско снимање на акумулација „Градче“

Акумулацијата „Градче“ е проектирана акумулирала 1,8 милиони m^3 вода. Со батиметриското мерење на исталожениот нанос во акумулацијата во 2013 година, утврдено е количество на исталожен наносен материјал од 554.908 m^3 или просечно годишно се акумулирал 10.267 m^3 наносен материјал. За периодот 1984-2013 исталожени се 134.743 m^3 или 6.125 $m^3/год$ или специфично 69,77 $m^3/km^2/год$.

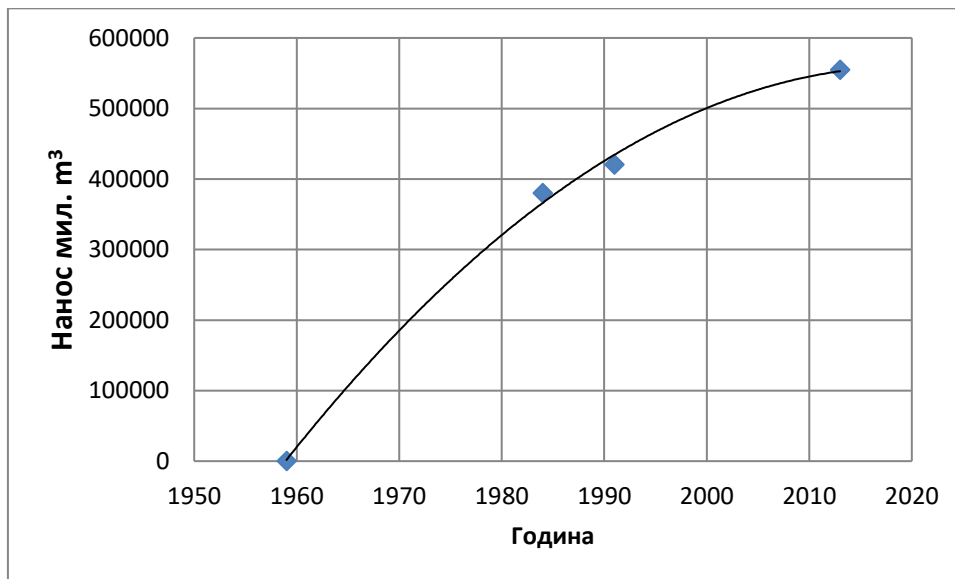


График 2 Динамика на таложење на нанос во акумулација „Градче“ (1959 – 2013)

Од овие податоци се гледа јасен тренд на намалување на пополнувањето на акумулацијата со нанос. Слично на акумулацијата „Калиманци“ и акумулацијата „Градче“ има сличен тренд на пополнување. Во периодот 1959-1984 година просечното годишно пополнување на акумулацијата е 15.200 $m^3/год.$, а за периодот 1984-2013 6.031 $m^3/год.$ или во првиот период се исталожувале за 2.5 пати повеќе нанос од вториот период.

5.6.3 Анализа на резултатите

Резултатите од снимањето на двете акумулации покажуваат сличен тренд т.е значителна разлика на интензитетот на пополнување помеѓу периодите 1969-1985 и 1985-2013 г. Причините за оваа појава може да се различни, па затоа се извршени и дополнителни анализи.

За потврда на издвоените периоди, направена е анализа на врнежите и температурите за двата периода. Земени се четири климатолошки станици, од кои две влегуваат во сливот на акумулацијата „Калиманци“ (Делчево и Берово), а климатолошката станица Кочани е во непосредна близина на акумулацијата „Градче“, додека Штип е подалеку од двата слива, но се вклопува во трендовите.

Фактори кои влијаат на оваа појава се:

- промена на климатските параметри
- миграциски процеси
- промена на користењето на земјиштето и сточарството
- ефекти од противерозивното уредување
- консолидација на наносот

- **промена на климатските параметри**

Табела 20 Разлика во климатски елементи за периодите 1971-1985 и 1986-2010

	Штип	Берово	Делчево	Кочани
Просечна годишна сума на врнежи				
1971-1985	500.2	638.1	580.7733	546.3
1986-2010	450.4	603.3	563.772	478.5
намалување %	9,96	5,45	2,93	12,41
Просечна средногодишна температура				
1971-1985	12.4	8.4	10.1	13.0
1986-2010	13.1	9.0	10.0	14.0

Од табелата се гледа намалување на годишната сума на врнежи додека средногодишните температури се зголемени. Намачувањето на врнежите се движи од 2,93% (Делчево) до 12,41% (Кочани).

Намалувањето на просечната годишна сума на врнежи влијае врз намалувањето на интензитетот на ерозијата, но поважна е фреквенцијата на интензивните врнежи кои се и главните предизвикувачи на ерозивните процеси. Постојат податоци за интензивните врнежи до 1988 година, каде вториот период е застапен само со четири

години (1985-1988). Статистички овие податоци се малубројни за да се изведе релевантен статистички тренд.

- **миграциски процеси**

Миграциските процеси веќе беа опишани во под-поглавје 4.4.1 На Табела 11 од истото поглавје може да се забележи миграцискиот тренд на населението за периодот од 1971 до 2013 година. Кај регионот Малеш, за овој период, нема голема миграција село-град, додека во соседниот Пијанечки регион се забележуваат поголеми миграциски процеси, посебно во овој период. Во 1971 година односот на населението град : село бил 23,8 : 76,2, додека веќе во 2013 ситуацијата е спротивна со однос град : село е 65,5 : 34,5.

Истиот тренд може да се забележи на Табела 12, каде во периодот од 1961 до 2013 година селата се намалуваат. Имено, најмалите села до 300 жители се зголемиле од 8 на 20 и од друга страна, селата со над 1.000 жители од 7 се намалиле на само едно село.

- **промена на користењето на земјиштето и сточарството**

Промената на користењето на земјиштето е покриено во под-поглавје 4.4.2. и промената во сточарските практики во поглавје 4.4.3. На Табела 13 и Табела 14 недвосмислено се гледа ефектот од миграциските процеси. Обработливите површини се намалени за 3.056 ha, а површините под пасишта и шуми се зголемени за 9.856 и 14.250 ha соодветно. Од друга страна, бројот на говедата и овците е зголемен, за 7.436 и 60.939 единици, соодветно.

Од овие бројки може да се заклучи дека притисокот кон природата е намален, со тоа е отворен фронтот за проширување на сметка на површините што не се користат.

- **ефекти од противерозивното уредување**

Во периодот по изградбата на акумулацијата „Калиманци“ според Блинков¹³ во сливот на акумулацијата се извршени голем број био-мелиоративни противерозивни мерки и работи. Изградени се вкупно 1.544 попречни објекти, или 100 прегради, 64 прага, 1.308 рустикалии и други работи. Извршени се и против-ерозивни пошумувања на 5.710 ha.

Сите овие извршени работи имале голем придонес кон задржување на ерозивниот наносен материјал во сливовите. Со текот на времето и со намалените притисоци нивниот придонес се зголемувал, бидејќи по пошумувањето треба одреден период шумата да се склопи како уште повеќе би придонесувала кон заштитата на земјишната покривка.

- консолидација на наносот

Како што беше изложено во воведниот дел на ова поглавје, консолидацијата на наносот има голема улога во намалување на волуменот на исталожениот наносен материјал и со тоа количеството на влезен и вкупен наносен материјал во акумулацијата привидно е намален на сметка на консолидацијата.

5.7 ЗАКЛУЧОЦИ

Од претходните резултати можат да се дадат некои генерални заклучоци. Трендовите на пополнување на двете акумулации се многу слични. Тоа се должи пред се на близината на сливовите и сличното користење на земјиштето. Издвоени се два периода и како гранична година е земена 1985 година. Овие два периода се издвоени заради големите разлики на влез на наносен материјал во акумулациите. Разликите се должат бидејќи во двата периода владеат различни услови.

Во периодот 1969-1985 просечното годишно пополнување на акумулацијата „Калиманци“ е $467.686 \text{ m}^3/\text{год}$, а во периодот 1985-2013 просечното годишно пополнување на акумулацијата е $214.325 \text{ m}^3/\text{год}$. Во првиот период пополнувањето на акумулацијата е повеќе од двојно од вториот период.

Во периодот 1959-1984 година просечното годишно пополнување на акумулацијата „Градче“ е $15.200 \text{ m}^3/\text{год}$., а за периодот 1984-2013 $6.031 \text{ m}^3/\text{год}$. или во првиот период се исталожувале за 2.5 пати повеќе нанос од вториот период.

Најпрво, влијанието на човекот во првиот период е многу поизразено. Сточниот и земјоделскиот фонд е многу повеќе развиен, и со тоа и генерирањето на наносен материјал многу поизразено. Натаму климатските карактеристики се разликуваат. Во првиот период се забележуваат повеќе врнежи кои коинцидираат со намалени температури во споредба со вториот период, каде врнежите се намалуваат и

температурите се зголемуваат. Вториот период се одликува со значително подобрување на природните вредности во сливовите. Човекот се сели во градовите и дел од земјоделските површини се претвораат во пасишта или шуми. Исто така сточниот фонд се намалува, а со тоа и состојбата на шумата и пасиштата се подобрува (Поглавје 4). Исто така, вкупните количества врнежи се намалени и главниот транспортер на наносниот материјал, водата, го нема истиот транспортен потенцијал како во првиот период.

Овие фактори ја подобриле состојбата во сливовите, но не можат да ја објаснат целосно состојбата со нанос на акумулациите. За целосно објаснување на состојбата на наносот треба да се воведат и негова консолидација. Според наведените истражувања, консолидацијата на наносот во акумулациите, може многу да влијае на крајната пресметка на наносот, бидејќи консолидацијата може да потрае и до 50 години.

6. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ПРОИЗВЕДЕН ЕРОЗИВЕН МАТЕРИЈАЛ И ТРАНСПОТИРАН НАНОС ВО СЛИВНИТЕ ПОДРАЧЈА НА АКУМУЛАЦИТЕ

6.1 ВОВЕД

Мерењето на наносот на природните водотеци е непосредно поврзано со проучувањето на интензитетот на ерозијата во нивните сливни подрачја. Интензитет на ерозијата може да се определи преку непосредно мерење на исталожениот нанос во акумулациите, мерење на протекот на наносот низ еден или повеќе хидрометриски профили на водотекот или преку одредување количество на произведен ерозивен материјал и транспортиран нанос по методологијата на Гавриловиќ (Гавриловиќ С., 1972⁴¹).

Кога станува зборува за транспортот на нанос кај водотеците, постои голема разлика меѓу големите алувијални реки и поројните водотеци. Големите алувијални реки имаат огромни сливни подрачја, течаат низ пространи рамници и полиња, низ пространи и широки корита, каде често меандрират, имаат многу мали наклони на коритата и се движат/течат со мали брзини. Тие во најголема мера пренесуваат суспендиран нанос. Учеството на влечниот нанос во вкупниот пренос/транспорт на нанос е многу мало. Спротивни на нив, поројните водотеци се одликуваат со променлив режим на оттекување, голем пад на коритото и зголемен однос на суспендираниот со влечниот нанос (1,18 : 1 до 6,8 : 1 според Костадинов С., Блинков И., 1998⁴²). Трендафилов во својата докторска теза во 1995³⁶ наведува повеќе мерења што се извршени во Р. Македонија, за односот меѓу суспендираниот и влечниот нанос.

⁴¹ Гавриловиќ С., 1972, Инженеринг о бујичним токовима и ерозији, Часопис „Изградња“ – Специјално издање, стр. 105

⁴² Блинков И., 1998, Влијание на врнежите врз интензитетот на ерозијата во сливот на р.Брегалница до профил брана „Калиманци“, докторска дисертација, Шумарски факултет – Скопје, УКИМ

Табела 21 Пресметани и одредени соодноси на суспендиран и влечен нанос

Ред бр.	Водотек	Профил	Период на мерење на суспендираниот нанос	Однос помеѓу суспендиран и влечен нанос	Институција која ги вршела мерењата
1	Вардар	Влае	1962-1964	17,18 : 1	Завод за водостопанство
	Вардар	Дем.Капија	1955-1956	6,69 : 1	Институт Ј. Черни
	Вардар	Гевгелија	1962-1967	6,69 : 1	Завод за водостопанство
2	Црна Река	Скочивир	1962-1964	9 : 1	Завод за водостопанство
	Црна Река	Возарци	1960-1966	7,33 : 1	РХМЗ-Скопје
	Црна Река	Брана "Тиквеш"	1972-1993	0,76 : 1	РХМЗ-Скопје
3	Брегалница	Брана "Калиманци"	1972-1978	0,35 : 1	Завод за водостопанство

(Адаптирано од Трендафилов А., 1995³⁶)

Еден од првите истражувачи кој се занимавал со проучувањето на протекот на наносот во поројните корита е рускиот научник Б. В. Полјаков, кој во 1932 г. го предложил методот за пресметка на средногодишниот пренос на нанос. Исто така треба да се спомене името на швајцарскиот геолог Штини (Stini), кој ја дефинирал врската помеѓу густината на поројната маса и падот на дното на коритото на водотекот. Во 1949 година, Херхеулидзе предложил метод за пресметка на преносот на нанос за единица време, врз која може да се пресмета средногодишниот пренос на нанос (Гавриловиќ С., 1972⁴¹; Костадинов С., 1996⁴³). Голем придонес кон оваа наука даваат научниците од поранешниот СССР, поточно од Грузија, каде во втората половина од XX век се реди една плејада од научници како: Синјавски, Сулаквелидзе, Беручашвили, Хмаладзе и други.

Квантификацијата на наносот се одредува на повеќе начини:

- Директни мерења на терен на суспендираниот и влечниот нанос (земање проби од водата, метод на батометри, мерење на промена на обликот на коритото и др.)
- Хидраулички формули за пресметка на преносот на влечниот нанос

⁴³ Костадинов С., 1996, Бујични токови и ерозија, учебник, Универзитет у Београду, Шумарски факултет

Главните параметри што се земаат предвид се однесуваат на карактеристиките на наносот и коритото (обликот и ширината на коритото, карактеристиките на наносот, брзината и количеството на протокот на вода во коритото и др.)

- Формули за пресметка на преносот на наносот врз основа на ерозивноста на сливот

Тука спаѓаат формули според кои се одредува максималниот пренос на вкупниот нанос во единица време (секунда), за времетраење на поплавен бран (формула на Херхеулидзе и формула на Гавриловиќ С.) (ibid)

- Ерозионистички формули за пресметка на вкупен годишен пренос на нанос

Тука се методите на Б.В. Полјаков, Полјаков – Костадинов, Херхеулидзе, Гавриловиќ С., и други. Тие, за разлика од хидрауличките методи, повеќе се фокусираат на целиот слив и какви услови владеат таму: климатски параметри, рељефни карактеристики (наклон на терен, надморска височина, густина на хидрографска мрежа), користење на земјиштето, геолошко-педолошка подлога, видлива деградација на теренот, проток на вода, гранулометриски состав на наносот и др.

Во моментот, на ниво на Европа и пошироко во светот, се користат повеќе методи за квантифицирање на потенцијалот на ерозијата како што се: USLE, PESERA, KINEROS, EUROSEM, WEPP, EPM (Erosion potential method – Гавриловиќ) и други. Според Блинков и Костадинов (2010)⁴⁴ моделите EPM, EUROSEM и WEPP се покажале како најсеопфатни.

Методот на Гавриловиќ имал големо влијание на поранешните југословенски простори, а исто така, има голема примена и во границите на Р. Македонија. Тој, се покажал како доста точен, а исто така бил валидиран со мерни податоци од таложењето на наносот во акумулациите. Од друга страна, овој метод беше доста поволен за користење бидејќи со него е задржан континуитетот со поранешните мерења и е споредлив, со оние направени во поново време.

⁴⁴ Blinkov I. and Kostadinov S., 2010, Applicability of Various Erosion Risk Assessment Methods for Engineering Purposes, BALWOIS conference , Ohrid 25-29.05.2010

Со појавата на дигиталните технологии, географските информациони системи (ГИС) и далечинската детекција, повеќе истражувачи се обидуваат да ја преточат методологијата на Гавриловиќ во ГИС формат. Меѓутоа, треба да се истакне дека првичната форма на методологијата е замислена, за одредени влезни параметри, да може да биде работена во детален размер. На пазарот веќе постојат повеќе глобални просторни бази на податоци (Corine LC/LU – Карта на користење на земјиштето, педолошки, геолошки карти, ДЕМ и др.) кои можат многу лесно да се вклопат во методологијата на Гавриловиќ. Овие подлоги се со добар квалитет меѓутоа треба да се обрне внимание на размерот во кој се изработени и соодветно на тоа да се рекласифицираат според дадените класи во методологијата.

Најспецифичен параметар во методологијата на Гавриловиќ е коефициентот на уреденоста на сливот „Ха“. При негова детерминација се користи карта на користење на земјиштето за одредување на делот „X“. Повеќето истражувачи ја користат картата на земјишен покров/користење на земјиштето Corine (Kalinderis et al, 2010⁴⁵, Kojchevska, 2014⁴⁶) за детерминација на овој коефициент. Меѓутоа треба да се напомене дека оваа просторна база на податоци е изработена во размер 1:100.000 со минимална картографската единка од 25 ha и полигоните се во поголема мерка генерализирани, па класите не можат едноставно да се преведат бидејќи на ниво на класа има голема варијабилност на коефициентот „Ха“. Поради тоа препорачливо е да се рекласифицираат со помош на подетална снимка (орто-фото или сателитска снимка).

Со појавата на мултиспектрални сателитски снимки, класификацијата на земјишниот покров е доста олеснета и се појавува можноста за прилагодување кон потребите на рекласификација на коефициентот „Ха“. Милевски⁴⁷, Минчев и Трендафилов¹⁹, за

⁴⁵Ioannis A. Kalinderis, Marios Spountzis, Dimitrios Stathis, Fani Tziaftani, Peristera Kourakli and Panagiotis Stefanidis, 2010, The risk of sedimentation of artificial lakes, following the soil loss and degradation process in the wider drainage basin. Artificial lake of Smokovo case study (Central Greece), CATENA VERLAG, Miodrag Zlatić (Editor) Global Change – Challenges for Soil Management – Advances in GeoEcology 41, ISBN 978-3-923381-57-9

⁴⁶ Kojchevska Tatjana, 2014, EPM for Soil Loss Estimation in Different Geomorphologic Conditions and Data Conversion by Using GIS, магистерска теза, Mediterranean Agronomic Institute of Chania

⁴⁷ Milevski Ivica, 2008, Estimation of soil erosion risk in the upper part of Bregalnica watershed – R. Macedonia, Based on digital elevation model and satellite imagery, 5th International conference on Geographic information system (IGIS-2008), 2-5 July, 2008, Fatih University, Istanbul, Turkey

определување на коефициентот „ Xa “ користат сателитски снимки Landsat, со 7 спектрални канали и просторна резолуција од 30m што одговара на размер од 1:50.000 или 1:100.000. Иако размерот не е толку детален, класификацијата може одговори на задачата за картирање на коефициентот „ X “.

Другиот дел од коефициентот, „ a “ – преземени противерозивни мерки во сливот, во најголем број на случаите е занемарен. За определување на овој дел од коефициентот, освен користење на детални снимки (<1m просторна резолуција) и векторски податоци од хидрографската мрежа за издвојување на бафери околу водотеците, исто така треба да се побараат историски податоци во комбинација со теренска перспекција. Целта е да се определат преземените противерозивни мерки во минатото кои имаат големо влијание врз натамошните пресметки на ерозијата.

6.2 ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Предмет на ова поглавје е пресметување на количествата продуциран ерозивен материјал и пронесен нанос од сливовите

Цели:

1. Одредување на годишни количества на продуциран ерозивен материјал и пронесен нанос на ниво на цел слив, профил брана на акумулација;
2. Валидација на моделираните вредности за пронесен нанос со мерените батиметриски податоци на акумулациите и
3. Одредување на критични сливови од аспект на ерозија

6.3 Метод на работа

За одредување на количествата на произведен ерозивен материјал во сливот и пренесен и исталожен нанос во акумулацијата е користен методот на Гавриловиќ С.

$$W_{god} = T * H_{god} * \pi * \sqrt{Z^3} * F \dots\dots\dots [4]$$

$$G_{god} = T * H_{god} * \pi * \sqrt{Z^3} * F * R_u \dots\dots\dots [5]$$

$$R_u = \frac{\sqrt{O \cdot D}}{0.25(L+10)} \dots \dots \dots [6]$$

W_{god} – Вкупно произведен (продуциран) ерозивен материјал во сливот
 G_{god} – Средногодишно количество на пренесен (транспортиран) нанос
 R_u – Коефициент на ретенција
 π – Лудолфов број

T – Температурен коефициент на сливното подрачје $T = \sqrt{\frac{t^{\circ}C}{10}} + 0.1 \dots \dots \dots [7]$

H_{god} – Средногодишна сума на врнежи, во mm
 Z – Коефициент на ерозија
 F – Површина на сливот, во km²
 O – Должина на вододелница, во km
 D – Средна висинска разлика на сливот, во km
 L – Должина на сливот, во km

Коефициентот на ерозија (Z) е пресметан според следната формула:

$$Z = \gamma * Xa * (\varphi + \sqrt{I_{sr}}) \dots \dots \dots [8]$$

γ – реципрочна вредност на коефициентот на отпорот на земјиштето
 φ – коефициент на видливи и јасно изразени процеси на ерозија
 Xa – коефициент на уреденост на сливот
 I_{sr} – среден пад на сливот

Овој метод е одбран од повеќе причини. Најпрво, методот на Гавриловиќ се користел во Р. Македонија подолг временски период и постојните карти на ерозија се изработени според наведената методологија. На овој начин податоците кои се добиени од најновите истражувања се споредливи со претходните истражувања. Понатаму, методот е валидиран во минатото со мерни податоци од исталожен нанос во акумулациите во РМ и се покажал како многу точен. На крајот, можат да се користат влезни бази на податоци кои имаат поширок опфат (изработени на регионално и светско ниво) и имаат методологија на изработка која може да се репродуцира.

Целокупното моделирање е изработено во ГИС опкружување при што одделни параметри се дефинирани на специфичен начин, кој е објаснет подолу.

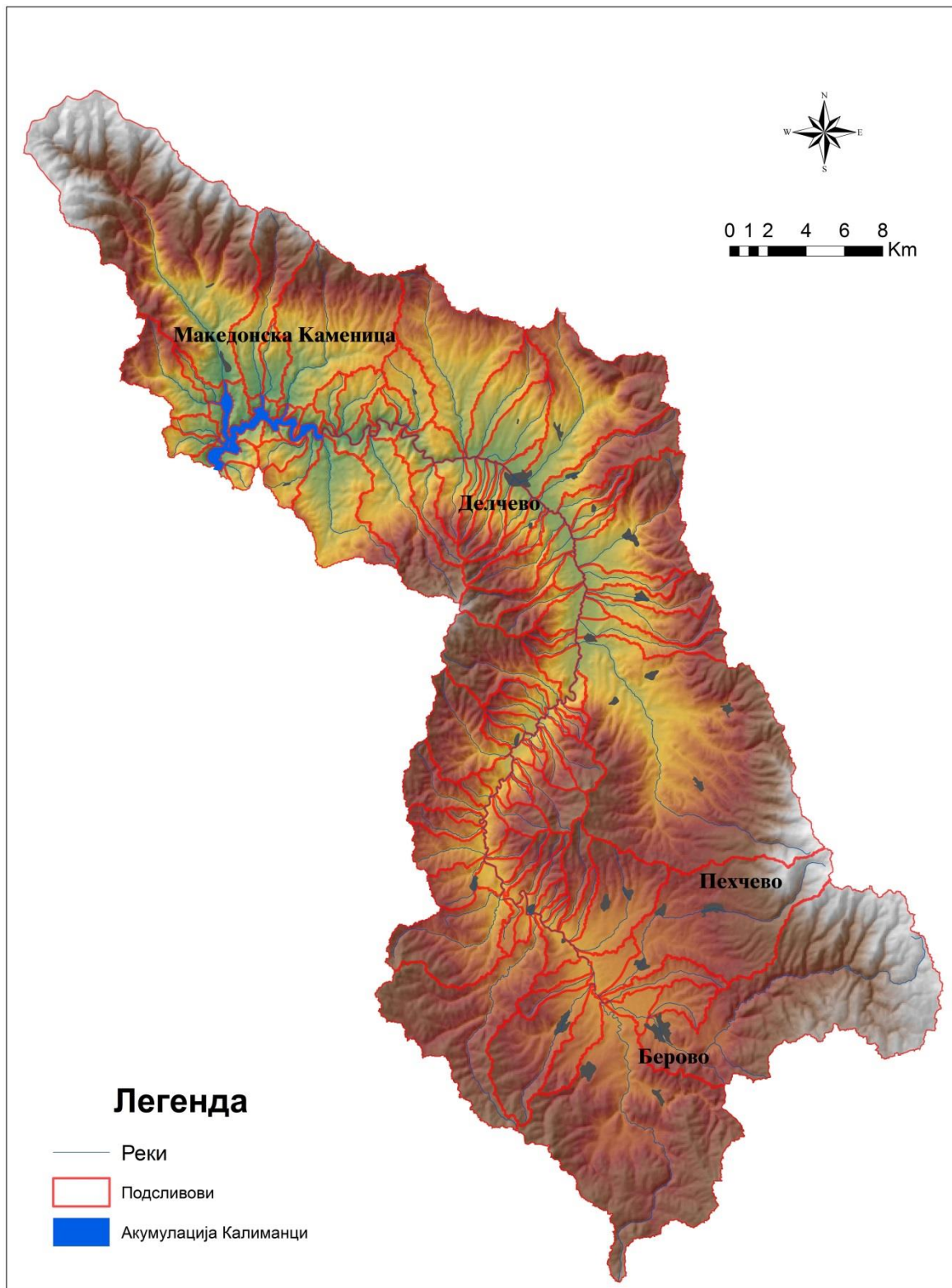
6.4 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

6.4.1 Основна геопросторна датабаза

Сите влезни параметри се изработени во ГИС софтвер, како и сите пресметки и модели. Овој труд опфаќа моделирање на наносот на две студии на случај: акумулација „Калиманци“ – претставник на голема акумулација и акумулација „Градче“ - претставник на мала акумулација. Сливот на акумулацијата „Калиманци“ беше поделен на повеќе подсливови, бидејќи пресметката на наносот на поголеми сливови бара парцијална пресметка на наносот на подсливови (Трендафилов А., 1995³⁶).

Делинеација (раздвојување) на подсливови и утврдување топографски параметри

Најпрво сливот на Калиманци беше поделен на подсливови и тоа сите директни притоки на акумулацијата „Калиманци“, без р. Брегалница, по принципот една река – еден слив и сите притоки на р. Брегалница, по истиот принцип. Вкупно беа издвоени 130 сливови, вклучувајќи ги и непосредните, помеѓу две соседни притоки. За издвоените сливови беа издвоени главните водотеци (векторски податоци од ТК 1:25,000) и автоматски беше пресметана нивната должина, а во случајот на непосредните сливови за параметарот должина на водотек, беше земена најкратката дистанца од највисоката точка на сливот со вливот во реципиентот.



Слика 21 Делинеација на подсливови во сливот на акумулацијата „Калиманци“

Автоматското раздвојување на сливовите беше изведено во софтверот SWAT (ArcSWAT) врз база на дигитален елевационен модел - ДЕМ (Aster). Автоматските

раздвоени сливови беа проверени и рачно корегирани, бидејќи автоматскиот генериран ДЕМ имаше грешки и со тоа мал дел од сливовите беа погрешно раздвоени. Потоа беа пресметани површините и должините на вододелниците. За пресметување на средниот наклон на теренот (I_{sr}) беше искористен подетален ДЕМ со просторна резолуција од 5m.

Параметрите за акумулацијата Градче беа пресметани на ниво на еден слив, бидејќи се работи за мал слив.

Температури и врнежи

Климатските податоци се пресметуваат за подолг временски период, па пожелно е временската серија да е подолга од 30 години. Температурниот коефициент е дефиниран од средногодишната температура на сливовите. Овој коефициент беше издвоен од изработена изотермна карта (Сл. 4) изработена од Заводот за водостопанство со податоци од Управата за хидрометеоролошки работи на РМ, од временска серија 1960-2000. Податоците беа добиени во векторски формат и понатаму претворени во растер, по што со алатката зонална статистика беа издвоени температурни коефициенти на ниво на подслив.

Средногодишната сума на врнежи беше изработена за потребите на Втората комуникација за климатски промени (2006), сектор: земјоделство. Истите беа изработени врз основа на дождомерни станици, рамномерно распоредени низ Републиката. Понатаму беше пронајдена зависност (квадратна) помеѓу врнежите, надморската височина и климатското подрачје во кое се наоѓаат. На крајот соодветната квадратна равенка за зависноста беше вметната во моделот со ДЕМ-от и беше изработена карта на суми на врнежи за целата држава. Користената временска серија беше 1971-2000 (Сл. 4).

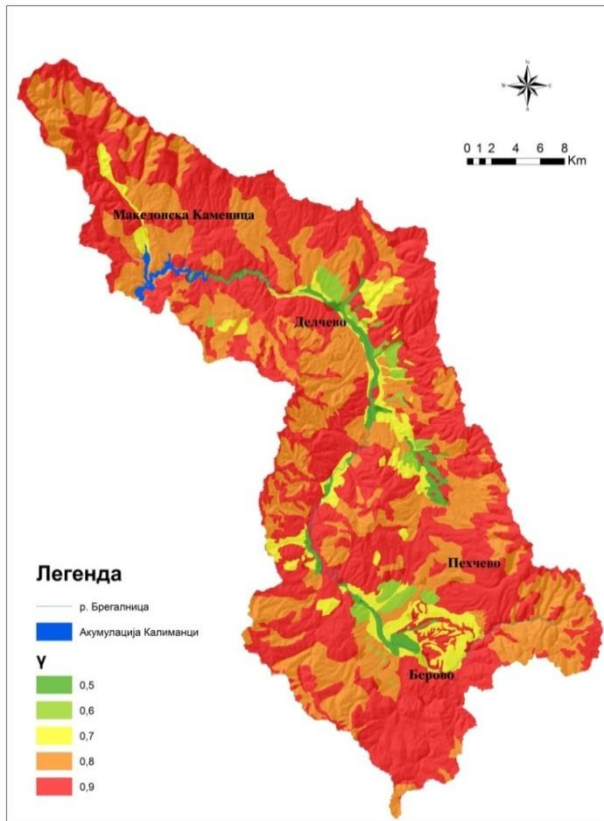
Овие климатски елементи исклучително влијаат врз режимот на ерозијата и режимот на транспорт на наносот, како и врз режимот/динамиката на пополнување на акумулациите со наносен материјал. Блинков (1998³⁴) исто така заклучува дека посебно врнежите и пополнувањето на акумулациите со наносен материјал имаат голема меѓузависност.

γ – реципрочна вредност на коефициентот на отпорот на земјиштето

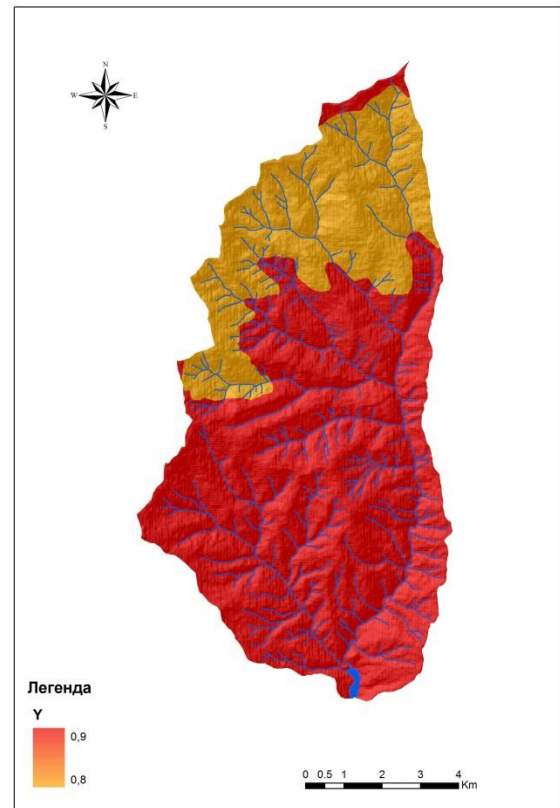
Вредноста γ (гама) се определува врз основа на подлогата што се еродира. Ова пред сè се однесува на почвената подлога, а во случај кога таа е испрана и еродирана, тогаш во предвид се зема геолошката подлога. Параметарот „ γ “ има вредности од 0,25 до 2,0. Вредностите на „ γ “ над 1,0 се однесуваат за подлоги без почва (карпи).

Табела 22 Рекласификација на параметарот „ γ “

<i>Почвен тип</i>	<i>Површина</i>	<i>%</i>	<i>γ</i>
Циметна шумска почва	6972,62	6,19	0,8
Циметна шумска почва + Лесивирани + Регосол	725,20	0,64	0,8
Циметна шумска почва + Регосол	2606,97	2,31	0,8
Циметна шумска почва +лесивирани почви	5,28	0,00	0,8
Флувијатилна почва	2557,27	2,27	0,5
Кафеава шумска почва	22944,27	20,43	0,8
Кафеава шумска почва + Регосол	9605,24	8,53	0,9
Колувијална почва	2453,84	2,18	0,7
Лептосол	1040,58	0,92	0,9
Лесивирана почва	4202,49	3,73	0,7
Лесивирана почва + Регосол	5631,53	5,00	0,8
Мочурливо - глејна почва	5,67	0,01	0,6
Ранкер	20274,30	18,00	0,9
Ранкер + Регосол	8035,70	7,14	0,9
Ранкер + Регосол + Лептосол	14560,95	12,93	0,9
Регосол	5843,80	5,19	0,9
Регосол + Рендзина	1503,07	1,33	0,9
Рендзина	1412,90	1,25	0,8
Смолница	2219,93	1,97	0,6
Умбричен ранкер	10,08	0,01	0,9



Слика 22 γ – реципрочна вредност на коефициентот на отпорот на земјиштето за сливот на акумулацијата „Калиманци“



Слика 23 γ – реципрочна вредност на коефициентот на отпорот на земјиштето за сливот на акумулацијата „Градче“

Овој параметар беше изработен врз основа на Педолошка карта во размер 1:50.000, изработена од Земјоделскиот институт и Факултетот за земјоделски науки и храна, при УКИМ – Скопје. Почвените класи беа рекласифицирани по параметарот „ γ “. Бидејќи сите пресметки се работеа на ниво на подслив, и овој параметар беше пресметан како средна вредност на ниво на слив. Параметарот „ γ “ во границите на сливот на акумулацијата „Калиманци“ се движи во границите од 0,61 до 0,90, со средна вредност 0,84. Оттука може да се види дека овој параметар е доста висок и од аспект на ерозија, подлогата е мошне нестабилна и подложна на појави и процеси на ерозија.

Параметарот „ γ “ за сливот на акумулацијата „Градче“ изнесува 0,87, што укажува на сличните педолошки-геолошки карактеристики на истражуваните сливни подрачја („Калиманци“ и „Градче“)

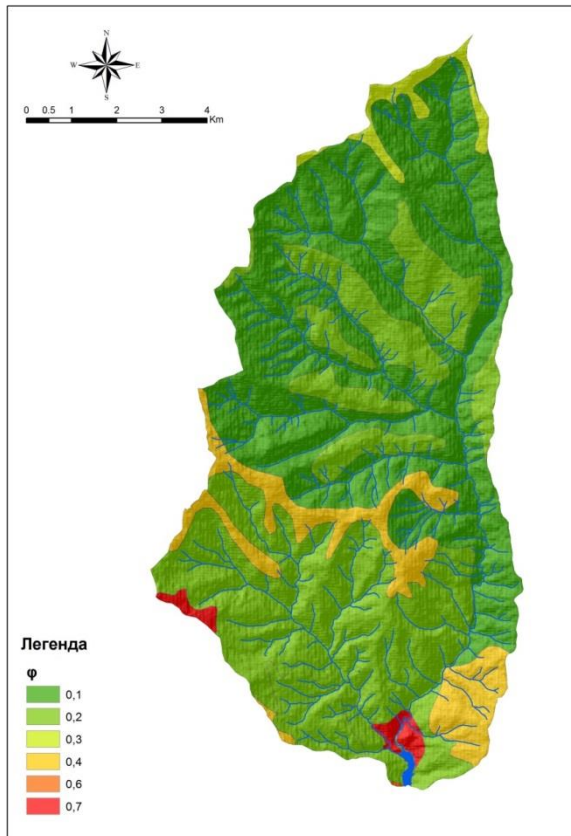
φ – коефициент на видливи и јасно изразени процеси на ерозија

Овој коефициент се изработува исклучиво со теренска перспекција и непосредно теренско картирање. Табела 23 ги прикажува условите на терен претставени со соодветни вредности на коефициентот.

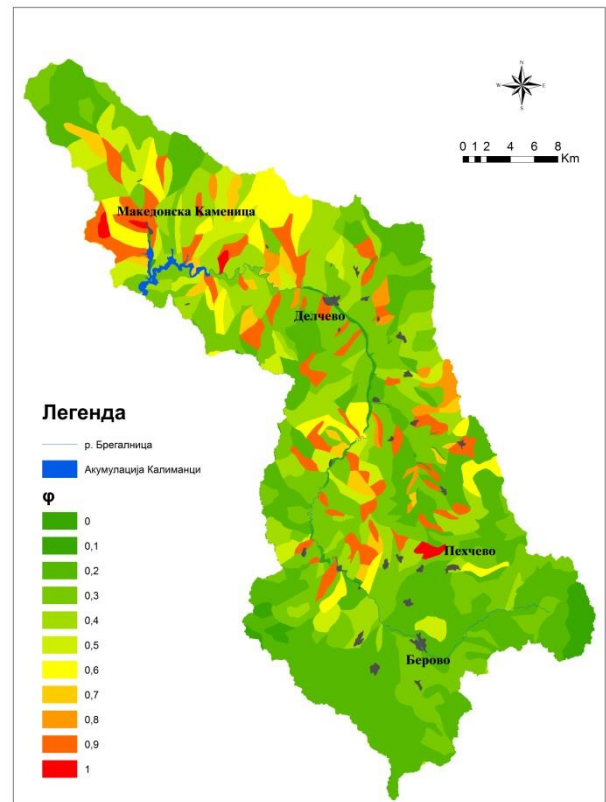
Табела 23 Услови кои влијаат на коефициентот „ φ “

р.б.	Опис	φ
1	слив или подрачје потполно опфатено со јаружеста ерозија и урвински процеси	1,0
2	околу 80% од сливот или подрачјето под браздеста и јаружеста ерозија	0,9
3	околу 50% од сливот под браздеста и јаружеста ерозија	0,8
4	цел слив под површинска ерозија: распадини, со малку бразди и јаруги и силна карсна ерозија	0,7
5	цел слив под површинска ерозија, но без видливи процеси на линиска ерозија	0,6
6	околу 50% од подрачјето опфатено со површинска ерозија , а останатиот дел зачуван	0,5
7	околу 20% од подрачјето опфатено со површинска ерозија , а останатиот дел зачуван	0,3
8	сливот без траги од ерозија, но во коритата на водотеците има мали одрони и лизгања	0,2
9	слив под ораници но без видливи траги од ерозија	0,15
10	слив претежно под шуми, ливади , пасишта и без траги од ерозија	0,1

Овој коефициент е преземен од картата на ерозија на РМ, изработена од Заводот за водостопанство на РМ, како готов податок. За цел слив средната вредност на коефициентот „ φ “ изнесува 0,38, а на ниво на подсливови вредностите се движат од 0,20 до 0,85.



Слика 24 ϕ – коефициент на видливи и јасно изразени процеси на ерозија за сливот на акумулацијата „Градче“



Слика 25 ϕ – коефициент на видливи и јасно изразени процеси на ерозија за сливот на акумулацијата „Калиманци“

За сливното подрачје на акумулацијата „Градче“, коефициентот „ ϕ “ изнесува 0,18, што укажува на зачуваноста на сливот и мал обем на видливи процеси на ерозија.

X_a – коефициент на уреденост на сливот

(**X_a**)- Претставува коефициент на уреденост на сливното подрачје од аспект на заштитеност на земјиштето од негативното влијание на атмосферски и други чинители на ерозијата. Тоа се всушност два коефициенти чиј производ се движи од 0,01 за целосно заштитено земјиште од ерозија, до 1,0 за потполно голо, незаштитено и неуредено земјиште.

„ **X** “ - Коефициент кој ја одредува природната заштита на сливот (вегетација и сл.), пред примената на антиерозивни мерки и зафати.

„а” - Коефициент на состојбата во сливот по примената на разни антиерозивни и други мерки и зафати.

Вредностите на коефициентот („X.a”), за сливните подрачја се утврдуваат врз основа на структурата на површините од аспект на нивната стопанска намена, начинот и интензитетот на користење и пред сè нивната заштитна функција. Тие се прикажани во (Табела 21).

Табела 24 Услови за одредување на параметарот Xa

		„X”	„a”	„Xa”
I - ПОДРАЧЈЕ ПРЕД АНТИЕРОЗИВНИ АКТИВНОСТИ				
1	потполно голо, необработливо земјиште	1,0	1,0	1,0
2	ораници со орање низбрдо	0,9	1,0	0,9
3	овоштарници и лозја без приземна вегетација	0,7	1,0	0,7
4	планински пасишта и сувати	0,6	1,0	0,6
5	деградирани шуми и шикари со еродирана почва	0,6	1,0	0,6
6	ливади, детелишта и слични повеќегодишни земјоделски култури	0,4	1,0	0,4
7	шуми и шикари со добар склоп и обраст	0,05	1,0	0,05
II - ПОДРАЧЈЕ ПОСЛЕ АНТИЕРОЗИВНИ АКТИВНОСТИ				
1	ораници со контурно орање (по изохипса)	0,9	0,7	0,63
2	ораници заштитени со мулч	0,9	0,6	0,51
3	контурно-појасна обработка со плодоред	0,9	0,5	0,45
4	контурни лозја и овоштарници	0,7	0,45	0,315
5	терасирање ораници, шум. тераси, кордони	0,9	0,4	0,36
6	затревување на голини и мелиорации на пасишта и сувати	0,6	0,5	0,30
7	контурни ровови	0,6	0,4	0,24
8	ретардациони патишта, микроаккумуляции	0,9	0,3	0,27
9	пошумување во дупки или пруги	1,0	0,2	0,20
10	пошумување во кордони	1,0	0,1	0,1
11	уредување на коритото на поројот со градежни објекти; канал, преграда, праг.	1,0	0,7	0,7

Коефициентот на уреденоста на сливот првенствено го претставува начинот на користење на земјиштето во сливот, заедно со сите практики кои се користат при обработка на земјиштето, шумски, земјоделски и др. Во споредба со другите коефициенти кои се квантифицираат во оваа методологија, овој коефициент е најпроменлив. Наклонот на теренот е практично непроменлив, а промените кај почвата се одвиваат за време на долг временски период. Промените кај видливите

појави и процеси на ерозија се исто така временски условени. Промената на сите овие коефициенти примарно и доминантно е условена од промената на земјишниот покров, односно начинот и интензитетот на неговото користење и одржливост. За квантификација на уреденоста на сливот користени се повеќе подлоги. Најпрво е користена тематската подлога на користење на земјиштето од топографските карти 1:25.000, изработени според орто-фото снимки од 2004 година. Подлогата беше преземена во векторски формат.

**Табела 25 Рекласификација на параметарот „*Xa*“
на користење на земјиште од топографска карта**

Тип	Површина (ha)	%	<i>Xa</i>
Езеро	528,99	0,47	0
Фабрика	4,53	<0,1	1,0
Грмушки	14323,70	12,7	0,6
Иглолисни шуми	7209,15	6,4	0,1
Индустриски објект	91,89	<0,1	1,0
Камењари	168,99	0,15	1,0
Листопадни шуми	29668,50	26,3	0,1
Ливади	20547,40	18,2	0,6
Лозови насади	74,23	<0,1	0,5
Мешани шуми	9843,42	8,7	0,1
Ниско изградено земјиште	975,94	0,9	1,0
Обработливо земјиште	21464,50	19,1	0,75
Оризови полиња	7,52	<0,1	0,75
Отворен коп	17,41	<0,1	1,0
Овощарници	1889,70	1,7	0,5
Песочници	285,77	0,2	1,0
Речна површина	92,92	0,1	0,7
Рудник	16,41	<0,1	1,0
Шумски насади	5302,50	4,7	0,1
Високо изградено земјиште	1,10	<0,1	1,0

Податоците од топографските карти беа комбинирани со податоци од СИЗП. Тие се изработени во размер од 1:5.000 и во голема мерка ги дообјаснуваат прашањата поврзани со користењето на земјоделското земјиште.

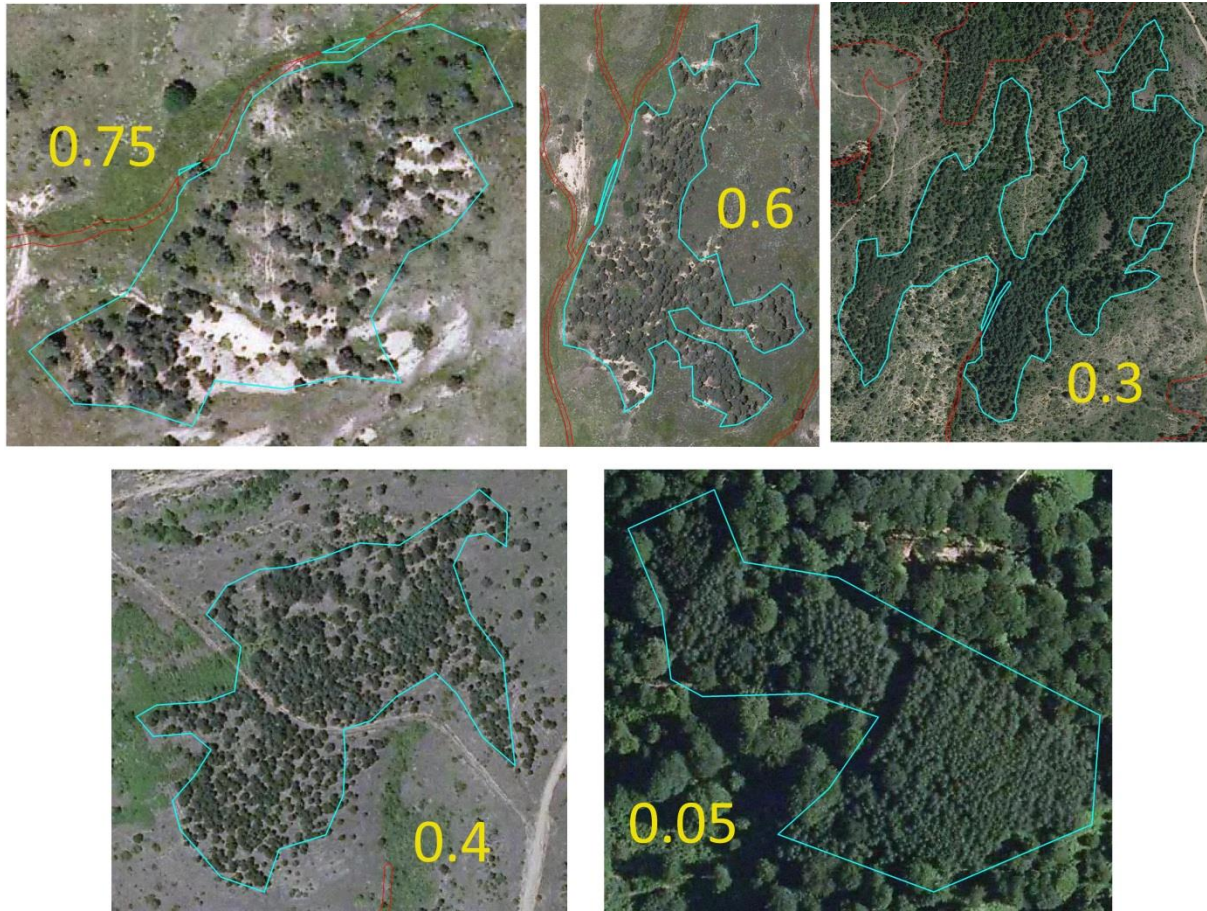
Табела 26 Рекласификација на параметарот „ Xa “ на користење на земјиште од СИЗП

Код	Тип	Xa
300	Траен тревник	0,4
310	Ливада	0,6
420	Овоштарници	0,5
200	Нива	0,75
210	Стакленик/ Пластеник	1,0
320	Пасиште	0,6
400	Траен насад	0,5
410	Лозје	0,5
500	Мешовито користење на земјиште	0,5

Освен овие полигонски податоци исто така беа користени некои линиски податоци за дообјаснување на коефициентот „ Xa “.

При изградбата на браната „Калиманци“ исто така се изградени голем број објекти по течението на поројните водотеци (прагови, прегради, консолидациони појаси и др.). Истите беа лоцирани во просторот. Понатаму за сите постојани водотеци беше изработен бафер, во однос на тоа за колкави водотеци се работи, од 5 до 20 m. Оние водотеци кои се уредувани добија вредност 0,7, а сите останати неуредени добија вредност 1,0.

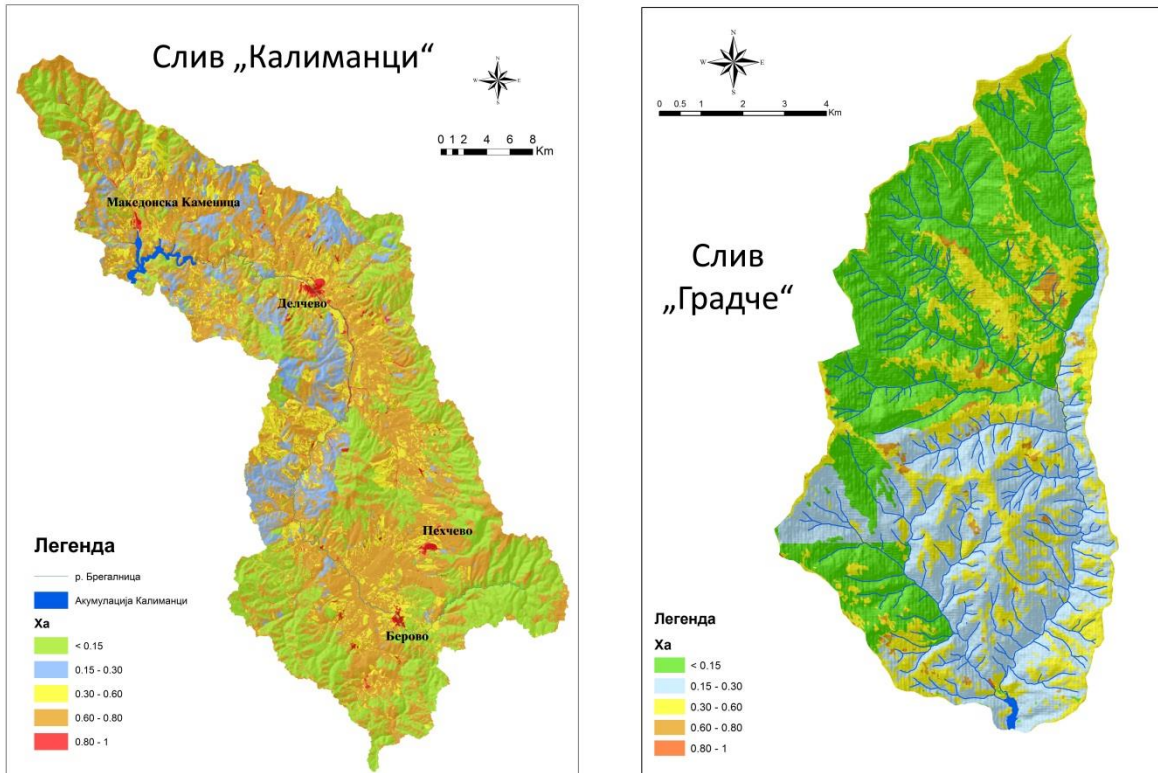
По детална проспекција на поединечните класи на земјишен покров, како најпроблематична беше издвоена категоријата - шума. Оваа класа беше проблематична бидејќи при издвојувањето на полигоните, не се водело сметка за каква шума се работи. Така, во оваа класа влегува шума со покровност од 100%, но исто така и шума со разбиен склоп, со застапеност на поединечни дрва (1-5%) во рамките на полигонот. Затоа на сите овие полигони со помош на постапката на фотоинтерпретација им беше назначена вредност, во зависност од покровноста и покриеноста на почвата со приземна вегетација.



Слика 27 Фотоинтерпретација на параметарот „ X_a “ за тип земјишен покров - шума

Сите претходни тематски подлоги беа споени и добиена е една тематска подлога за коефициентот „ X_a “.

Во сливот на акумулацијата „Калиманци“ параметарот X_a изнесува 0,43, што укажува на средно зачуван слив. Скоро половина од сливот е под шума, меѓутоа, таа не е во добра состојба. Ова се однесува особено на понискиот дабов појас, каде се наоѓаат шумски комплекси со слаб склоп и почвата не е заштитена.



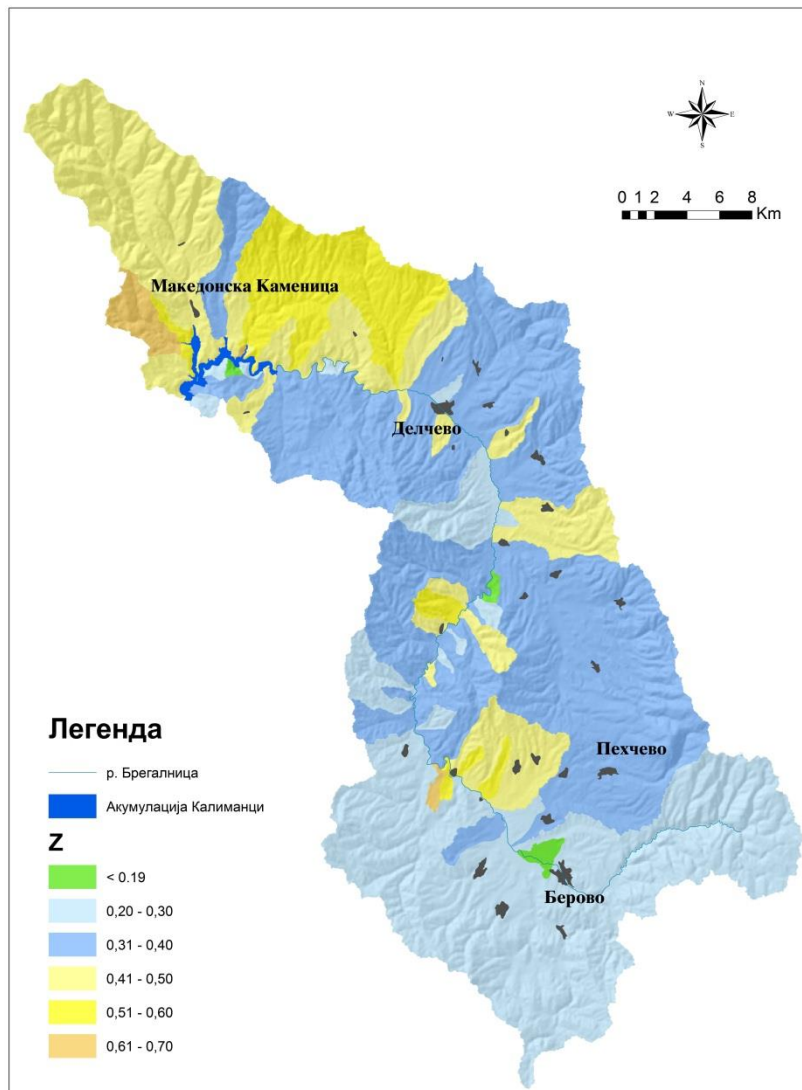
Слика 28 Коефициентот „ Xa “ за сливовите на акумулациите „Калиманци“ и „Градче“

Во сливот на акумулацијата Градче параметарот Xa изнесува 0,27, што укажува на доста зачуван слив, кој е во голем обем зашумен. Тоа значи дека има доста добра конзервација на почвата со постојната вегетациска покривка.

6.4.2 Коефициент на ерозија

Пресметките за коефициентот „ Z “ беа направени со аплицирање на претходно пресметаните влезни коефициенти на ниво на подслив. Вредностите на ниво на подсливови за акумулацијата „Калиманци“ се движат од 0,13 до 0,69 или средно 0,36. За сливот на р. Брегалница „ Z “ изнесува 0,33. Ова укажува дека сливот на р. Брегалница е помалку ерозивен од другите непосредни притоки на акумулацијата „Калиманци“ (средно „ Z “=0.44).

Коефициентот на ерозија „ Z “ за сливот на акумулацијата „Градче“ изнесува „ Z “ =0,2. Оваа вредност за коефициентот на ерозија е далеку помал од сливот на акумулацијата „Калиманци“.



Слика 29 Коефициент на ерозија „Z“ за сливот на акумулацијата „Калиманци“

6.4.3 Произведен ерозивен материјал и претранспортирани наноси

За да се детерминираат критичните сливови од аспект на ерозија и транспорт на нанос пресметките за параметрите W , G , W_{sp} и G_{sp} се правени на ниво на подсливови. Специфичната продукција на ниво на подсливови „ W_{sp} “ се движи во границите од 102 до $1064 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$ или средно $486 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$. Вкупно на ниво на слив „Калиманци“, продукцијата на ерозивен наносен материјал (W) изнесува $496.780 \text{ m}^3/\text{год}$.

Специфичното количество на претранспортиран (пренесен) нанос на ниво на подсливови „ G_{sp} “ се движи во границите од 8 до $642 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$ или средно $195 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$.

Средногодишното количество на транспортиран (пренесен) нанос или колку од продуцираниот нанос просечно годишно се таложи во акумулацијата „Калиманци“ е добиено како збир на средногодишните количества на транспортиран (пренесен) нанос на сите притоки и непосредниот слив на акумулацијата „Калиманци“. Тоа значи дека р.Брегалница е земена како еден слив. Специфичното количество на транспортиран нанос до профил брана „Калиманци“ изнесува $277.393 \text{ m}^3/\text{год}$. Сите директни притоки на акумулацијата транспортираат/исталожуваат $98.755 \text{ m}^3/\text{год}$ наносен материјал или 35% од вкупниот исталожен нанос во акумулацијата. Останатите 65% од наносот доаѓаат од р. Брегалница или $161.860 \text{ m}^3/\text{год}$. До мерниот профил Очипале е проценето дека пристигнува 53% од наносот или $146.404 \text{ m}^3/\text{год}$. Односно сливовите од профил Очипале до профил брана транспортираат и во акумулацијата внесуваат 47% од вкупниот нанос или $130.989 \text{ m}^3/\text{год}$.

Вкупно на ниво на слив „Градче“ продукцијата на ерозивен материјал (W) изнесува $17.149 \text{ m}^3/\text{год}$ или специфично „ W_{sp} “ $194 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$. Специфичното количество на транспортиран нанос на ниво на слив „Градче“ „ G_{sp} “ е $147 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$ или средногодишното количество на транспортиран (пренесен) нанос до профил брана „Градче“ изнесува $13.037 \text{ m}^3/\text{год}$.

6.4.4 Споредба на мерните податоци од батиметриските снимања на акумулациите со моделираните вредности по Гавриловиќ

Кога ќе се споредат резултатите за вкупно средногодишниот исталожен нанос во акумулациите добиени по методологијата на Гавриловиќ С. и мерените податоци добиени со ехо-сондерските снимања, се гледаат големи разлики. Од трендот на пополнување на двете акумулации, како што беше наведено во претходното поглавје, се забележуваат два периода. Првиот, е од изградбата на браните и формирањето на акумулациите, па до средината на 80-тите години на минатиот век и вториот период е од 1985 и трае до денес.

Според картата на ерозија на РМ, која е изработена во периодот 1980-1993 г. и го отсликува првиот период, коефициентот на ерозија за профилот брана „Калиманци“

изнесувал 0,51. Според тие податоци „G“ изнесувало 418.731 m³/год, што е повеќе од два пати поголем влез на наносен материјал во акумулацијата „Калиманци“ отколку во вториот период.

Истите заклучоци произлегуваат и од реализираните ехо-сондерски мерења на исталожениот нанос во акумулациите. Средногодишното количество на исталожен нанос во акумулацијата „Калиманци“ за периодот (1969-2013) изнесува 315.681 m³/год. За периодот 1969-1985, средногодишно во акумулацијата се таложеле 467.686 m³/год, а за вториот период 214.325 m³/год. Тоа е доста блиску до вредноста добиена со методологијата на Гавриловиќ С., 277.393 m³/год, со оглед на фактот што во вредноста добиена од ехо-сондерските снимања е вклучена и консолидацијата на наносот, а моделираната вредност го прикажува наносот во нормална состојба.

Слични се заклучоците и за акумулацијата „Градче“. Според картата на ерозија коефициентот „Z“ изнесувал 0,25, а неговата сегашна вредност изнесува 0,2. Според Картата на ерозија, согласно условите што владееле во минатиот период, просечното средногодишно пополнување изнесувало 21.609 m³/год, а за периодот до 1984 година со ехо-сондерското снимање е измерено дека просечното средногодишно пополнување е 15.200 m³/год. За вториот период просечното средногодишно пополнување, по методологијата на Гавриловиќ, изнесува 13.037 m³/год, а според ехо-сондерското снимање количеството на средногодишно исталожен нанос изнесува 6.125 m³/год. Податоците добиени со методологијата на Гавриловиќ и ехо-сондерското снимање покажуваат поголемо отстапување, но трендот како-таков е доста впечатлив.

Податоците добиени со ехо-сондерското снимање ја потврдуваат методологијата на Гавриловиќ за двете акумулации. Вредностите добиени за сите подсливови и вкупно за целиот слив можат да се земат како веродостојни за понатамошните техники за моделирање на процесите на ерозија и управување со наносите.

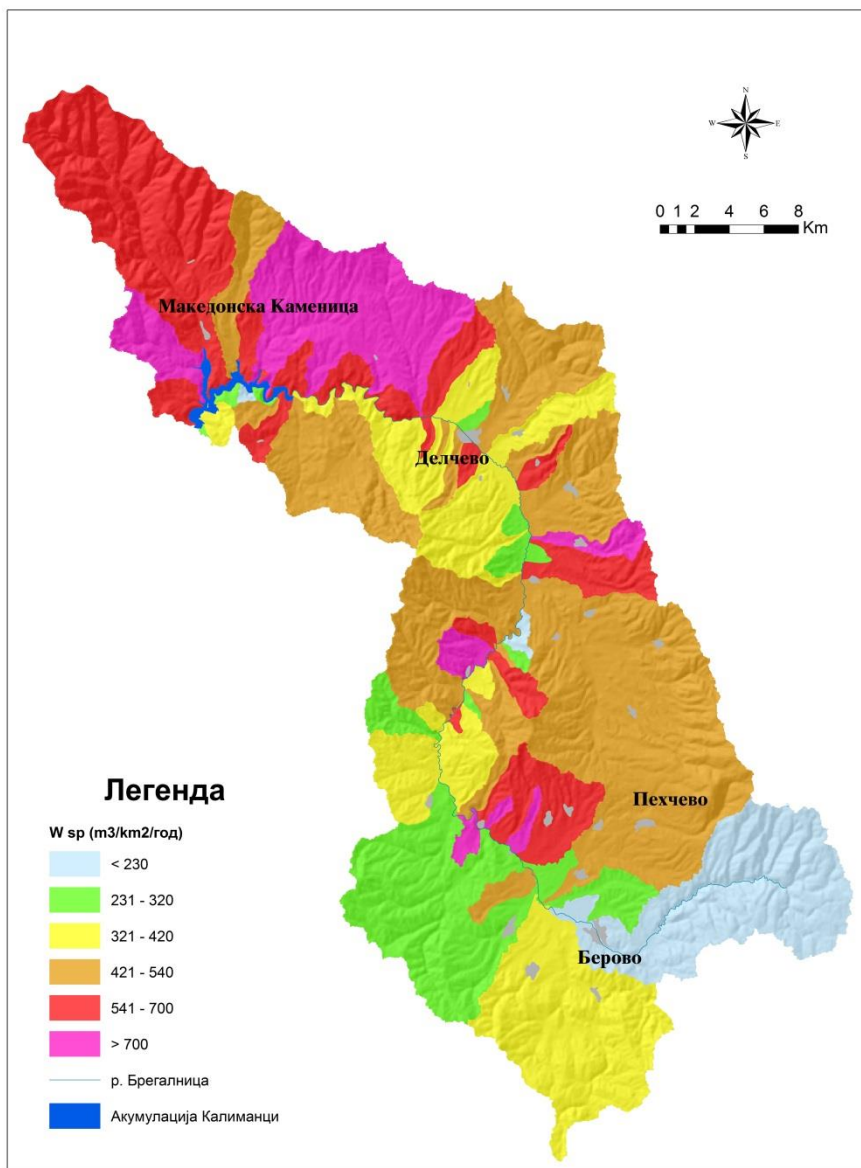
6.4.5 Одредување на критични сливови од аспект на ерозија

Специфичната продукција на ерозивен материјал „W_{sp}“ и специфичниот транспорт на нанос „G_{sp}“, многу добро ја отсликуваат состојбата во сливот од аспект на режимот на

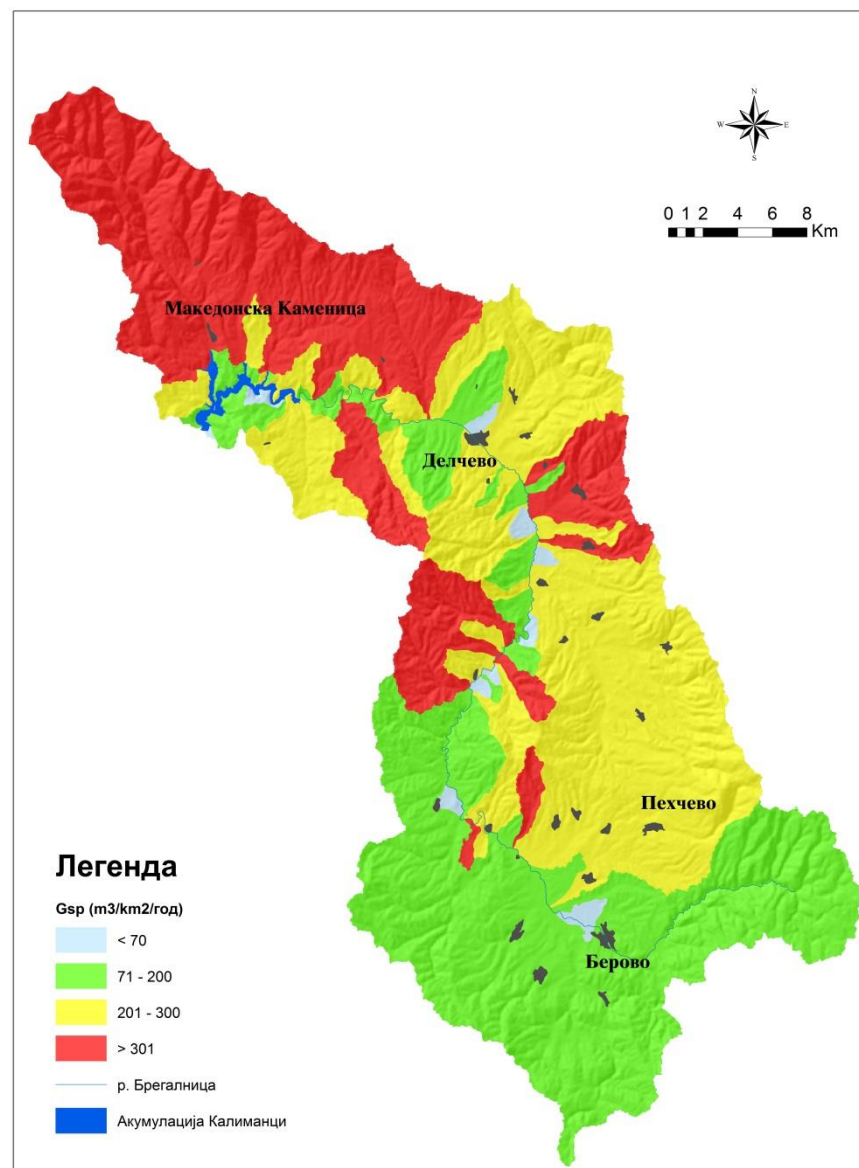
ерозијата и режимот на наноси. Картите со параметрите „ W_{sp} “ и „ G_{sp} “, прикажани на слика 30 и слика 31, го прикажуваат сливот на акумулацијата „Калиманци“.

Од графичкиот приказ може да се согледа разликата меѓу двата параметри. Тие се разликуваат само по коефициентот на ретенција (R_u) или способоста за транспорт на самите водотеци. Ако еден слив има екстремни вредности за продукцијата на ерозивен материјал, не значи дека целото количество нанос ќе биде и транспортирано. Коефициентот на ретенција („ R_u “) ја одразува можноста на сливното подрачје за задржување на дел од произведениот ерозивен материјал на местото на настанување или низводно во различни природни и вештачки депресији, природни и вештачки прегради и сл. Од слика 30 може да се види дека сливови со екстремни вредности за продукцијата има низ целиот слив. Најмногу се концентрирани околу акумулацијата „Калиманци“ и во средниот дел од сливот, а помалку во изворишниот дел на р. Брегалница и во најјужниот дел од сливот.

РАЗВОЈ НА МЕТОДОЛОГИЈА за УТВРДУВАЊЕ ЗАШИТНИ ЗОНИ ОКОЛУ ВОДНА АКУМУЛАЦИЈА
ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈАТА и ТРАНСПОРТОТ НА НАНОС



Слика 30 Специфична продукција на ерозивен наносен материјал на ниво на подсливови во сливот на акумулацијата Калиманци



Слика 31 Специфичен транспорт на наносен материјал на ниво на подсливови во сливот на акумулацијата Калиманци

Кога ќе се погледне Слика 31, состојбата од претходниот приказ се повторува, но се јавува поголема концентрација на сливовите на едно место. Така најекстремните вредности се јавуваат кај подсливовите околу акумулацијата „Калиманци“ и во централниот дел на сливот, вредности над $300 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$. Во пониската категорија се јавуваат сливови околу градот Делчево, како и во централно-источниот дел од сливот.

Вредностите за „ G_{sp} “ беа поделени во четири категории, според количеството на транспортиран наносен материјал. Во најекстремната категорија припаѓаат скоро 29% од целата површина на сливот. Во пониската категорија ($200\text{-}300 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$) се 34,6% од сливовите. Значи скоро $2/3$ од сливовите припаѓаат на најекстремните класи кои истовремено имаат и најголем придонес во билансот на наносот.

Табела 27 Распоред на површините по категории на транспорт на нанос

G_{sp}	Површина (km^2)	%
> 301	307,6	28,8
201 - 300	368,8	34,6
71 - 200	375,6	35,2
< 70	14,8	1,4

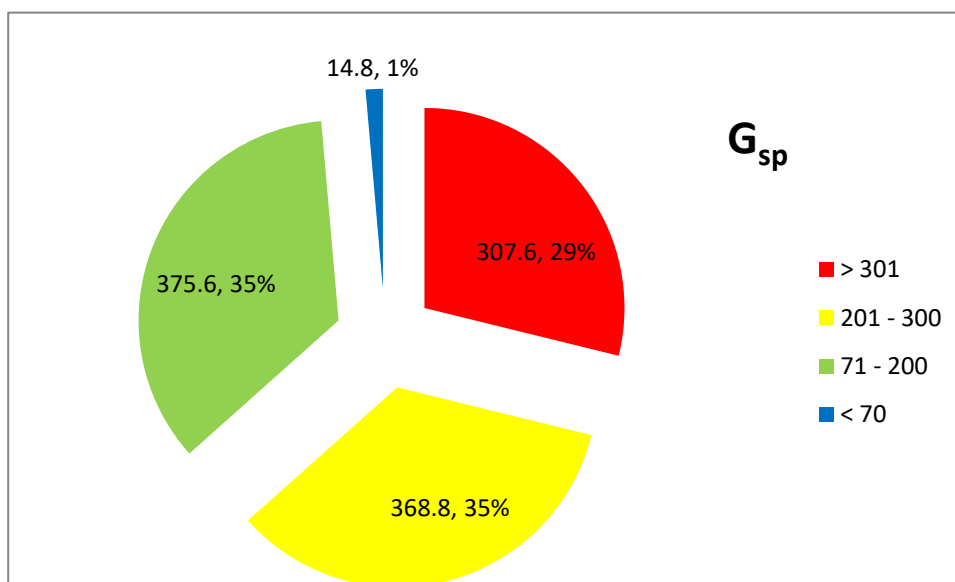


График 3 Распоред на површините по категории на транспорт на нанос

Во претходното поглавје се одредени критичните сливови од аспект на потенцијалот на ерозија и транспортот на нанос. Екстремните вредности за параметрите „ W_{sp} “ и „ G_{sp} “, не значат истовремено дека истите се критични за акумулацијата, т.е. наносот кој се генерира и транспортира на ниво на подсливови не мора да значи дека доспева во акумулацијата.

Специфичното количество на транспортиран нанос на ниво на слив „Градче“ „ G_{sp} “ изнесува $147 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$, значи целиот слив влегува во зелената зона на критичност на сливот од аспект на транспорт на нанос.

6.5. ЗАКЛУЧОЦИ

Модерниот ГИС пристап при примената на методологијата на Гавриловиќ доста се разликува од оригиналниот класичен начин кој вклучува рачно картирање и теренска проспекција. Затоа за примената на модерниот пристап методологијата беше модифицирана за да соодветствува со постоечките просторни бази на податоци.

Најпрво сливот на „Калиманци“ беше раздвоен на подсливови и сите понатамошни пресметки беа работени на ниво на тие подсливови, а од друга страна, за пресметка на вкупно претранспортираниот наносен материјал се работеше на ниво на сливовите на поголемите реки, кои се директни притоки на акумулацијата (Брегалница, Каменица, Дулица, Рибница итн.). За разлика од акумулацијата „Калиманци“, пресметките за акумулацијата „Градче“ беа изведени на ниво на еден, единствен слив.

За влезните параметри за методологијата на Гавриловиќ беа користени стандардни бази на податоци, заради овозможување на повторливост и споредливост, достапни за пошироката стручна јавност: педолошка карта на РМ, карта на ерозија на РМ, векторски бази на податоци од топографските карти на РМ 1:25.000 и СИЗП 1:5.000, ДЕМ 5m, изотермна и изохиетска карта на РМ и др. Просторните податоци беа директно рекласирани без интервенции, освен картата на користење на земјиштето.

Коефициентот на уреденост на сливот „Ха“ беше добиен со комбинирање на две просторни бази на податоци: топографска карта и СИЗП, кои беа соодветно рекласирани според препорачаните вредности по методологијата на Гавриловиќ. По

детална перспекција на поединечните класи на земјишен покров, како најпроблематична беше издвоена категоријата шума, бидејќи се работи за генерална класификација на земјишниот покров. Оваа класа беше проблематична бидејќи при издвојувањето на полигоните шума не се водело сметка за каква шума се работи. Така, во оваа класа влегува шума со покровност од 100%, а исто така и шума со разбиен склоп со застапеност на поединечни дрва (1-5%) во склоп на полигонот. Затоа на сите овие полигони со помош на постапката на фотоинтерпретација им беше назначена вредност, во зависност од покровноста и покриеноста на почвата со приземна вегетација.

Оваа постапка, исто така, би важела доколку се работи за други генерални просторни бази на земјишен покров/користење на земјиштето како Corine, со размер до 1:100.000. Освен мануелна фотоинтерпретација, поединечните полигони можат да се класираат со полу-автоматска надгледувана класификација на мултиспектрални сателитски снимки.

Понатаму, рекласираната карта на покровност беше споена со карта на изведени против-ерозивни мерки: прегради, прагови, уредени/неуредени водотеци, применети агро-мелиоративни мерки и др.

Пресметките за коефициентот „Z“ беа направени со аплицирање на претходно пресметаните влезни коефициенти на ниво на подслив. Вредностите на ниво на подсливови за акумулацијата „Калиманци“ се движат од 0,13 до 0,69 или средно 0,36. За сливот на р. Брегалница „Z“ изнесува 0,33. Ова укажува дека сливот на р. Брегалница е помалку ерозивен од другите непосредни притоки на акумулацијата „Калиманци“ (средно „Z“=0.44).

Коефициентот на ерозија „Z“ за сливот на акумулацијата „Градче“ изнесува „Z“ =0,2. Оваа вредност за коефициентот на ерозија е далеку помала од сливот на акумулацијата „Калиманци“.

За да се детерминираат критичните сливови од аспект на ерозија и транспорт на нанос пресметките за параметрите **W**, **G**, **W_{sp}** и **G_{sp}** се правени на ниво на подсливови. Специфичната продукција на ниво на подсливови „W_{sp}“ се движи во границите од 102

до $1064 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$ или средно $486 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$. Вкупно на ниво на слив „Калиманци“, продукцијата на ерозивен наносен материјал (W) изнесува $496.780 \text{ m}^3/\text{год}$.

Специфичното количество на транспортиран (пренесен) нанос на ниво на подсливови „ G_{sp} “ се движи во границите од 8 до $642 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$ или средно $195 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$.

Средногодишното количество на претранспортиран нанос или колку од продуцираниот нанос просечно годишно се таложи во акумулацијата „Калиманци“ е добиено како збир на средногодишните количества на транспортиран (пренесен) нанос на сите притоки и непосредниот слив на акумулацијата „Калиманци“. Тоа значи дека р. Брегалница е земена како еден слив. Специфичното количество на транспортиран нанос до профил брана „Калиманци“ изнесува $277.393 \text{ m}^3/\text{год}$. Сите директни притоки на акумулацијата „Калиманци“ транспортираат/исталожуваат $98.755 \text{ m}^3/\text{год}$ наносен материјал или 35% од вкупниот исталожен нанос во акумулацијата. Останатите 65% од наносот доаѓаат од р. Брегалница или $161.860 \text{ m}^3/\text{год}$. До мерниот профил Очипале е проценето дека пристигнува 53% од наносот или $146.404 \text{ m}^3/\text{год}$ или сливовите од профил Очипале до профил - брана транспортираат и во акумулацијата внесуваат 47% од вкупниот нанос или $130.989 \text{ m}^3/\text{год}$.

Вкупно на ниво на слив „Градче“ продукцијата на ерозивен наносен материјал (W) изнесува $17.149 \text{ m}^3/\text{год}$ или специфично „ W_{sp} “ $194 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$. Специфичното количество на транспортиран нанос на ниво на слив „Градче“ „ G_{sp} “ изнесува $147 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$ или средногодишното количество на транспортиран (пренесен) нанос до профил брана „Градче“ изнесува $13.037 \text{ m}^3/\text{год}$.

За периодот 1985-2013, средногодишно во акумулацијата „Калиманци“ се таложеле $214.325 \text{ m}^3/\text{год}$ што е доста блиску до вредноста добиена со методологијата на Гавриловиќ С., $277.393 \text{ m}^3/\text{год}$, со оглед на тоа што во вредноста добиена од ехо-сондерските снимања е вклучена и консолидацијата на наносот, а моделираната вредност го прикажува наносот во нормална состојба.

За периодот 1984-2013 просечното средно годишно пополнување по методологијата на Гавриловиќ изнесува $13.037 \text{ m}^3/\text{год}$, а според ехо-сондерското снимање количеството на средно годишно исталожен нанос изнесува $6,125 \text{ m}^3/\text{год}$. Податоците

добиени со методологијата на Гавриловиќ и ехо-сондерското снимање покажуваат поголемо отстапување, но трендот како таков е доста впечатлив.

Податоците добиени со ехо-сондерското снимање ја валидираат методологијата на Гавриловиќ за двете акумулации. Вредностите добиени за сите подсливови и вкупно за целиот слив можат да се земат како веродостојни за натамошните техники за моделирање на процесите на ерозија и управување со наносите.

Добиените вредности за специфичните количества на транспортиран нанос за одредените подсливови понатаму се поделени во четири категории на критичност. Така, најекстремните вредности се јавуваат кај подсливовите околу акумулацијата „Калиманци“ и во централниот дел на сливот, вредности над $300 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$. Во пониската категорија се јавуваат сливови околу градот Делчево, како и во централно-источниот дел од сливот. Овие категории понатаму во наредните поглавја ќе бидат искористени за зонирањето на сливот на акумулацијата „Калиманци,, од аспект на ерозија.

7. МОДЕЛИРАЊЕ НА ТРАНСПОРТОТ НА НАНОСОТ ПО ТЕЧЕНИЕТО НА РЕКАТА БРЕГАЛНИЦА ДО ВЛЕЗОТ ВО АКУМУЛАЦИЈА „КАЛИМАНЦИ“

7.1 ВОВЕД

Анализирајќи го сливот на акумулацијата „Калиманци“, може со сигурност да се каже, дека само непосредните сливови на ова вештачко езеро го транспортираат целиот наносен материјал во акумулацијата. Оваа констатација се однесува на сливовите до мерниот профил Очипале, бидејќи транспортната дистанца е кратка и сигурно е дека целиот нанос, што го транспортираат на ниво на подслив, доспева до акумулацијата.

Низводно од мерниот профил Очипале, се отвара Делчевско Поле, каде има морфолошко проширување и со сигурност може да се каже дека одреден дел од наносот се задржува и таложи на овој локалитет (Сл. 32).

Ова се само научно наведени претпоставки кои со моделот за транспорт на наносот по реката Брегалница треба да се докажат во ова поглавје.



Слика 32 Исталожен наносен материјал, р. Брегалница, с. Тработивиште

7.1.1 Концептуален модел

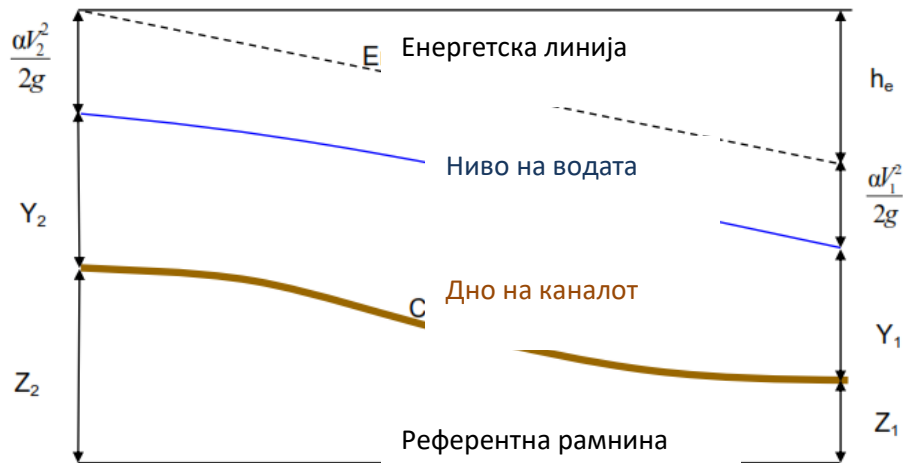
Течењето во природните речни корита речиси секогаш се третира како стационарно заради бавните промени на протечните количества во текот на времето, но тоа мора да се анализира како просторно променливо заради честите промени на геометриските карактеристики на текот, надолжниот пад, промените на отпорите на текот на речното корито и др. Хидродинамичките карактеристики на текот можат да се дефинираат и анализираат со примена на енергетската равенка за стационарно променливо течење, поедноставена за еднодимензионална апроксимација (Hummel et al, 2012⁴⁸).

Хидрауличката анализа на предметниот дел од речното корито на р. Брегалница со примена на софтверот **HEC-RAS, River Analysis Sistem, Steady Flow Water Surface Profiles**. Моделот е со еднодимензионален концепт, при што се користи основната енергетска равенка [9].

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_E \dots\dots\dots [9]$$

Каде y_1 и y_2 се длабочините во два последователни пресека, z_1 и z_2 се висински положби на дното во истите, α_1 и α_2 се коефициенти на кинетичката енергија заради нерамномерниот распоред на брзините, V_1 и V_2 , кои преставуваат средни брзини, $g=9,81 \text{ ms}^{-2}$ е земјиното забрзување и h_e е енергетски губиток.

⁴⁸ Hummel, Ryan, Jennifer G. Duan, and Shiyang Zhang, 2012. Comparison of Unsteady and Quasi-Unsteady Flow Models in Simulating Sediment Transport in an Ephemeral Arizona Stream. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 48(5): 987-998. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2012.00663.x



Слика 33 Скица за основната енергетска равенка

Вкупниот енергетскиот губиток се дефинира како збир на линиските и локалните губитоци:

$$h_E = \overline{S_f} L + K \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots \dots \dots [10]$$

Во која $\overline{S_f}$ е среден пад на линијата на енергија, L е растојание помеѓу последователни пресеци 1 - низводниот и 2 - спротиводниот, а K е коефициент на локални губитоци. За познат протек при $Q = \text{const}$, пресметките се спроведуваат спротиводно (indirect step method) почнувајќи од пресек 1 во кој се познати сите параметри (длабочината, брзината, хидрауличкиот градиент), а се пресметуваат истите параметри во пресекот 2.

За истражуваните делница почетен пресек е профилот кој се наоѓа најнизводно од делницата, каде граничниот услов е дефиниран со наклонот ($S_f = S_0$), односно нормалната длабочина на текот.

7.1.2 Теоретска рамка на софтверот за моделирање на транспорт на наносот HEC-RAS

7.1.2.1 Хидродинамика

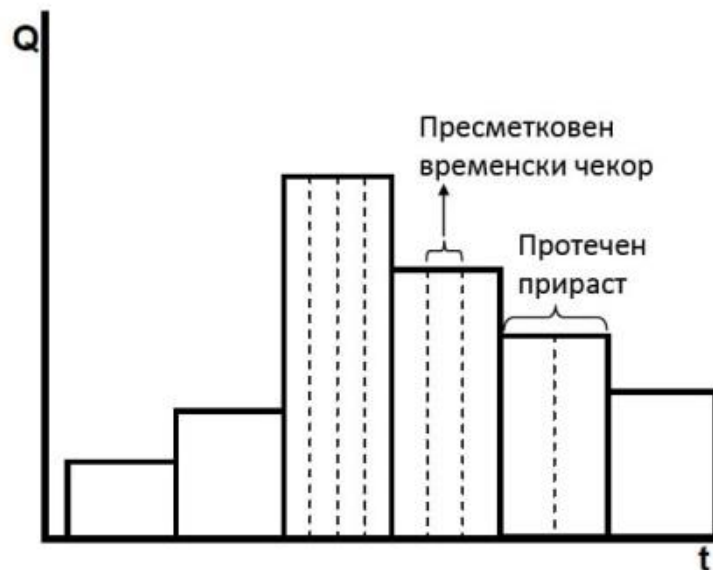
Моделирањето на транспортот на наносот е многу тешко. Податоците што се користат во процесот на моделирањето на промената на речното корито се фундаментално несигурни и теоријата што се користи е емпириска и е многу чувствителна на промени, бидејќи големиот дијапазон на физички променливи што влегуваат во моделот имаат големо влијание на крајниот резултат.

Протекот за пресметка на транспортот на наносот се води по природот на „квази-стационарен“ протек применет во HEC-6. Пресметките во рамките на еден временски период се спроведуваат со серија од стационарни проточни профили (Boyd and Gibson, 2014⁴⁹, Goodell, 2013⁵⁰). Секој од овие стационарни проточни профили се карактеризира со времетраење и транспортните параметри се генерираат на секој профил. Пресметковниот временски чекор вообичаено е многу помал од временскиот период на промена на протекот, па затоа е потребно е да дефинира соодветен пресметковен временски чекор. Хидродинамичките пресметки со ажурирани геометриски карактеристики се пресметуваат со нов стационарен протек на почеток од секој нареден пресметковен временски чекор (Gibson et al, 2006⁵¹).

⁴⁹ Paul M. Boyd and Stanford A. Gibson, 2014, Regional Sediment Management (RSM) Modeling Tools: Integration of Advanced Sediment Transport Tools into HEC-RAS, отворено на 12.02. 2015 www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA604359

⁵⁰ Chris Goodell, 2013, Quasi Two-Dimensional Modeling in HEC-RAS, WRE | WEST Consultants, <http://hecrasmodel.blogspot.com/2013/03/quasi-two-dimensional-modeling-in-hec.html> отворено на 12.02.2015

⁵¹ Stanford Gibson, Gary Brunner, Steve Piper, Mark Jensen, 2006, Sediment Transport Computations with HEC-RAS. Proceedings of the Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference (8thFISC), April 2-6, 2006, Reno, NV, USA



Слика 34 Шема на квази-стационарна поделба на протекот

7.1.2.2 Пресметка на транспортот на наносот

Транспортниот потенцијал на наносниот материјал е мерка која укажува колкаво количество на наносен материјал од одредена гранулометриска класа може да се транспортира. Транспортниот потенцијал е развиен на тој начин што се пресметува за секоја гранулометриска класа посебно. Во HEC-RAS има седум транспортни модели кои се достапни за моделирање: Acker и White (1973)⁵², England Hansen (1976), Laursen-Copeland (1968), Meyer-Peter Müller (1948), Toffaleti (1968), Yang (1973, 1984), Wilcock (2001, Wilcock и Crowe, 2003)⁵². Вкупниот транспортен капацитет се пресметува со поставување на хипотезата на сличност (Armanini, 1992⁵³ и Vanoni, 1975⁵⁴, според Ајнштајн (Einstein), 1950) со поделба на гранулометриската крива на дискретни класи на големина, независно пресметувајќи го транспортниот потенцијал на секоја класа и понатаму се сумираат со релативното количество во секој активен слој:

⁵² Ackers, P., and White, W.R. November, 1973, "Sediment Transport: New Approach and Analysis," Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 99, No. HY 11, pp. 2040-2060

⁵³ Armanini, A., 1992, "Variations of bed and sediment load mean diameters due to erosion and deposition processes," Dynamics of Gravel Bed Rivers, Edited by P. Billi, R. G. Hey, C. R. Thorne, and P. Tacconi, стр. 351-359.

⁵⁴ V. A. Vanoni, 1975, "Sedimentation engineering," ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 54, 745 p.

$$T_c = \sum_{j=1}^n \beta_j T_j \dots \dots \dots [11]$$

T_c - Вкупен транспортен капацитет

n - број на гранулометриски класи

β_j - % од активниот слој кој се состои од материјал од гранулометриска класа „j“

T_j – Транспортен потенцијал пресметан за 100% од материјалот од гранулометриска класа „j“

Равенката за континуитетот на наносот може да се реши на ниво на контролниот волумен кој го опишува секој профил, а пресметките се спроведуваат од низводно кон спротиводно. Равенка за континуитет на наносот во HEC-RAS е решен со равенката на Екснер (Exner):

$$(1 - \gamma_p) B \frac{\partial \eta}{\partial t} = - \frac{\partial Q_s}{\partial x} \dots \dots \dots [12]$$

каде:

B = широчина на коритото

η = височина на коритото

γ_p = порозност на активниот слој

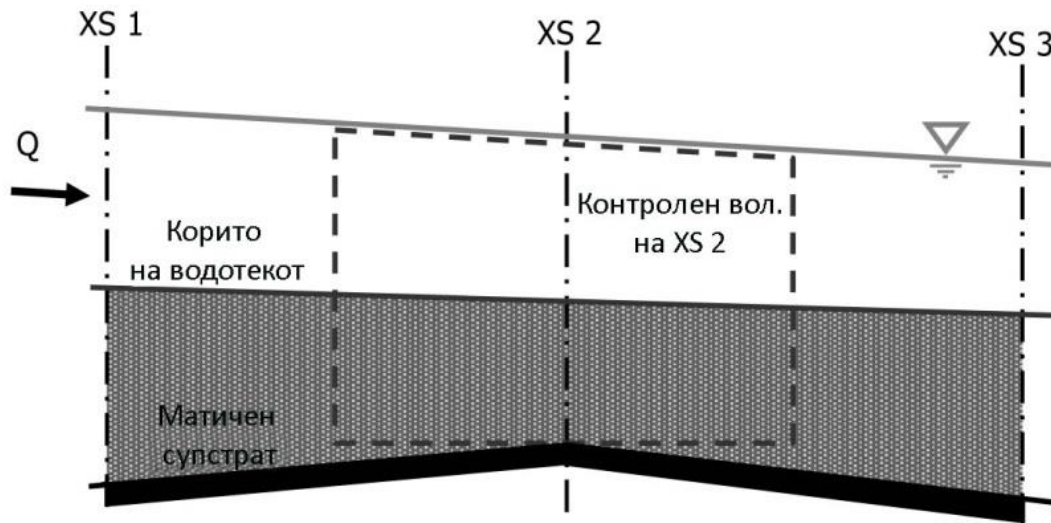
t = време

x = растојание

Q_s = транспортиран наносен материјал

Квалитативно, оваа равенка ја претставува промената на нивото на дното на коритото во поглед на дефицит (еродирање) или суфицит (исталожување) на наносен материјал во контролниот волумен. Равенката на Екснер се пресметува одделно за секоја гранулометриска класа и понатаму или се додава или се одзема од активниот слој. На крајот, од секој пресметковен временски чекор, еродирањето или депонирањето ги дефинираат генералните промени на дното на коритото по целата должина во рамките на натопениот обем на профилот. Со вака пресметани транспортни карактеристики, пресметките продолжуваат, со нареден пресметувачки чекор, со напречен пресек на соодветно растојание, каде пред да се пристапи кон определување на транспортниот капацитет, прво се дефинираат хидрауличките карактеристики. Постапката се повторува, се додека не се пресметаат

карактеристиките на попречните пресеци по целата должина на речното корито, кое е предмет на истражувањето.



Слика 35 Шема на контролниот волумен користен од HEC-RAS за пресметка на наносите (Извор: HEC-RAS River Analysis system: Hydraulic reference manual⁵⁵)

7.2 ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Предмет на ова поглавје е да се испита транспортот на наносот по течението на реката Брегалница до влезот во акумулацијата „Калиманци“.

Цели:

1. Одредување на вкупно количество на исталожен нанос до профил на влез во акумулација „Калиманци“
2. Одредување на зони на таложење по течението на реката Брегалница

7.3 МЕТОД НА РАБОТА

Моделирањето на наносот во софтверот HEC-RAS подразбира влез на податоци од различни извори. Самиот софтвер HEC-RAS е организиран шематски со мала визуелизација на податоците, но не подразбира просторно моделирање на

⁵⁵ Brunner Gary W., 2010, HEC-RAS River Analysis system: Hydraulic reference manual, version 4.1, U.S. Army Corps of Engineers, Institute For Water Resources, Hydrologic Engineering Center

податоците. Просторниот модел најпрво треба да се подготви во друг помошен софтвер HEC-GEO-RAS.

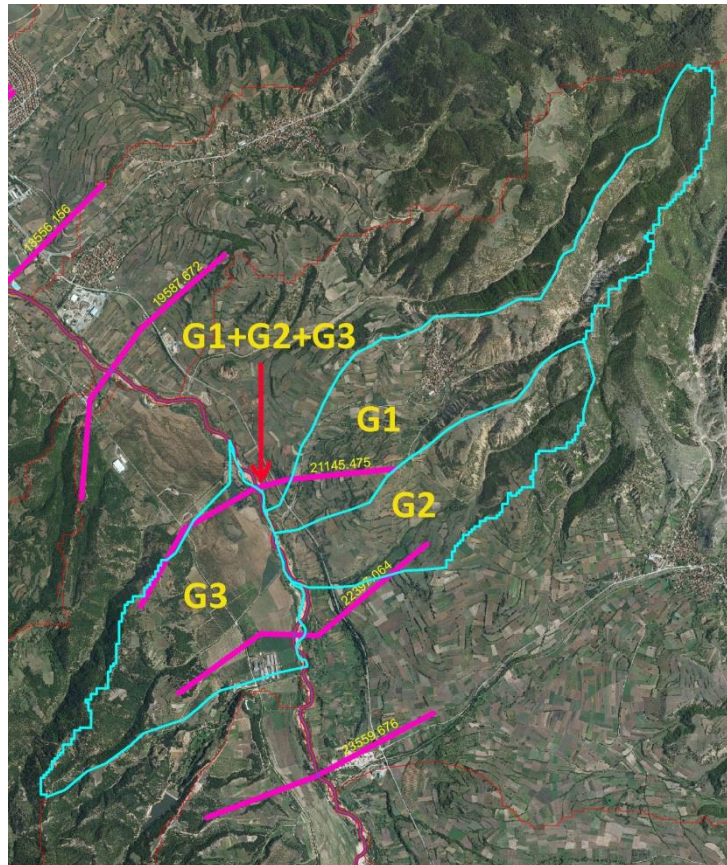
Просторниот модел служи за екстракција на геометриските карактеристики на моделот. За прецизен хидраулички модел, се користат висински податоци со добра резолуција. Најпрецизно висински податоци се добиваат со детално геодетско снимање. За моделот е користен ДТМ со резолуција од 5 m, кој се покажа како доста точен и прецизен.

За моделот се дефинирани напречни профили на меѓусебно растојание од 1 km или вкупно 74 профили, започнувајќи од вливот на р. Брегалница до изворот, каде последниот профил се наоѓа на 80,5 km. Софтверот автоматски ги пресметува стационажите на профилите, нивните надморски височини, оддалеченоста помеѓу профилите, ширината на коритото и други просторни параметри. Понатаму, тие се пренесуваат во табеларна форма во софтверот HEC-RAS.

Во HEC-RAS геометријата на профилите беше проверена и беа направени корекции.

За протекот на вода се земени мерени податоци за два хидрометриски мерни профила: Берово и Очипале. Временската серија е за период 1961-1996 година. Протоците биле мерени на дневна база и истите се осреднети на месечно ниво. Овие податоци се искористени за да се дефинираат повеќегодишните средномесечни вредности за протекот.

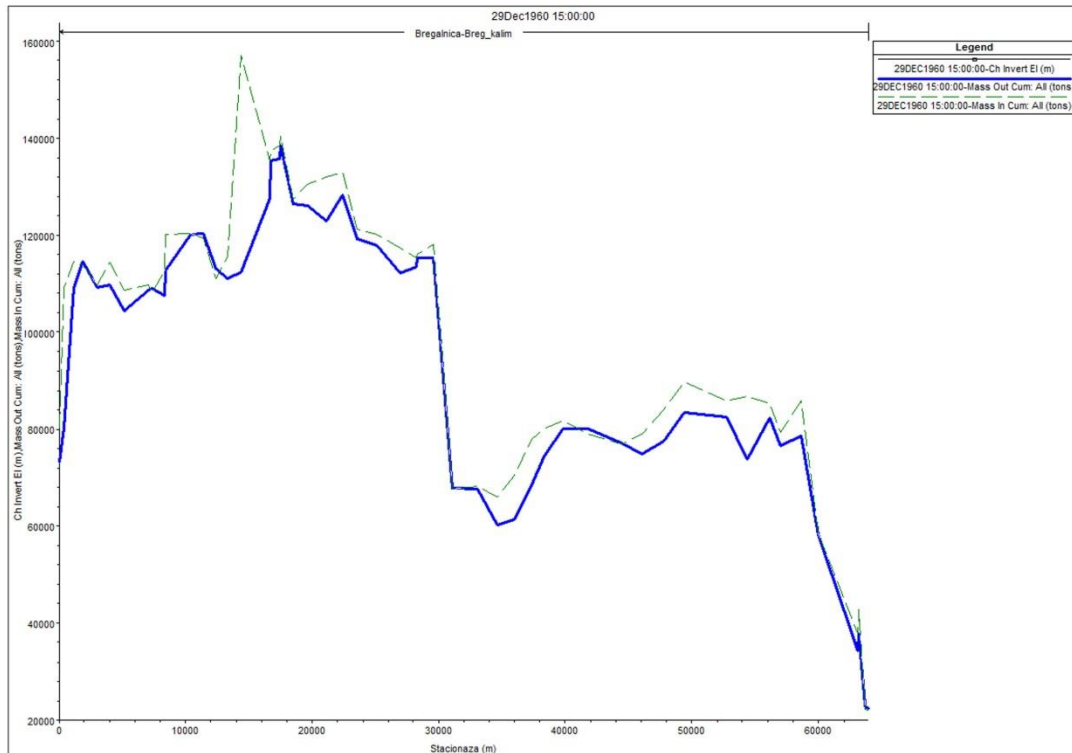
Како влез на нанос се користени пресметаните вредности за годишен транспортиран нанос по Гавриловиќ, пресметани на ниво на подслив. Овие податоци согласно распределбата на протекот во рамките на една година, се распределени на ниво на месец. Понатаму, овие количества на наносен материјал се земени како влезен параметар и вклучени се на профилите во моделот. Бидејќи не секој подслив соодветствува на поединечен профил, подсливовите се сумирани и приклучени на најблискиот спротивводен профил.



Слика 36 Сумирање на месечните количествата на нанос на поединечен профил

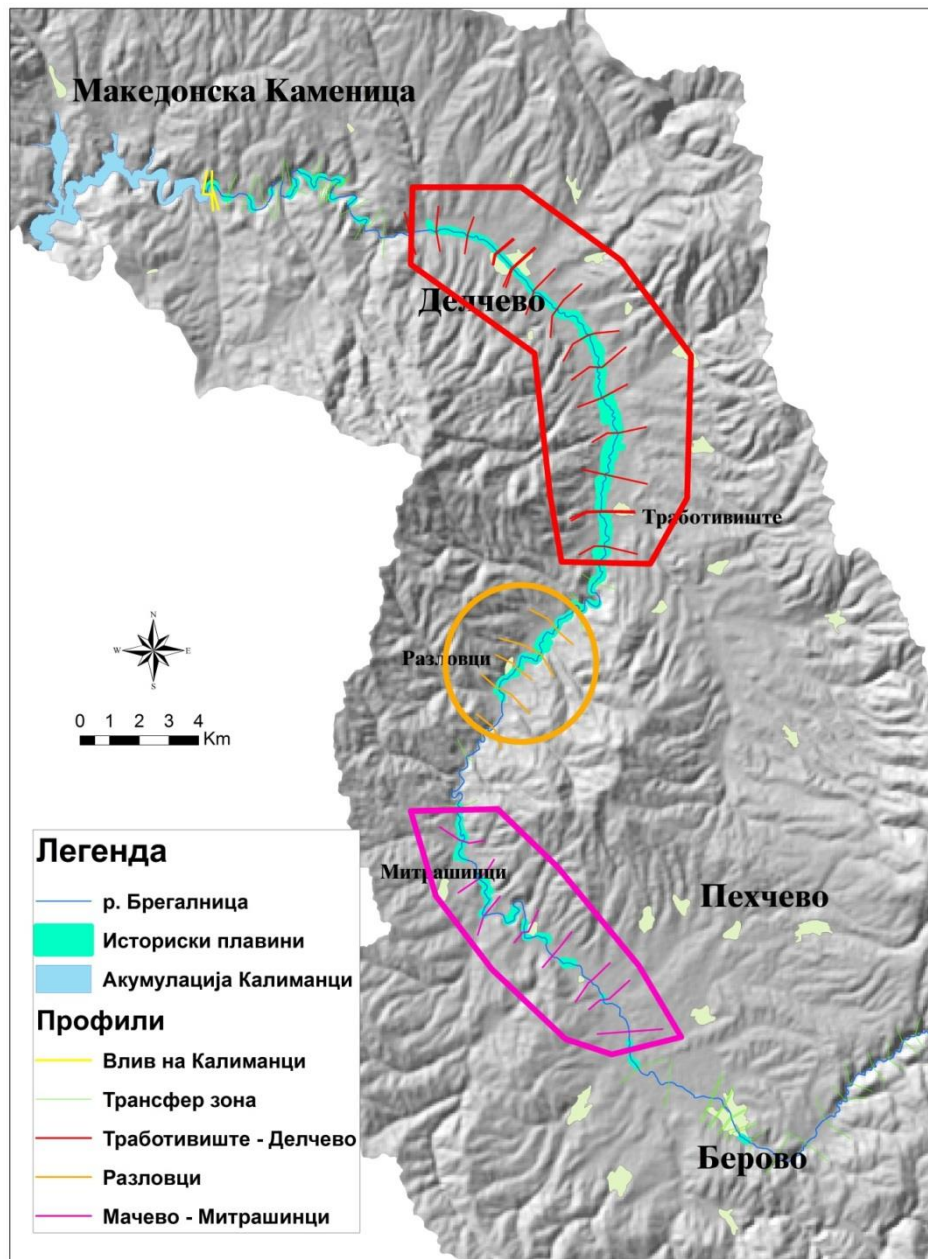
7.4 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

На слика 37 е прикажан кумулативно влез и излез на наносниот материјал. Разликата меѓу испрекинатата и полната линија го претставува таложењето. На хоризонталната оска е прикажана стационожата и според неа може да се забележи каде се таложи наносниот материјал.



Слика 37 Кумулативен влез и излез на наносен материјал по профили

На Слика 38 се издвоени зоните на таложее на наносот. Од сликата може да се заклучи дека поголемите зони на таложее на наносот се наоѓаат во поголемите геоморфолошки проширувања, т.е. поголемите полиња: Мачево – Митрашинци, Разловци и Тработивише – Делчево. Дури 75% од влезениот нанос во реката Брегалница се исталожува во геоморфолошките проширувања.



Слика 38 Зони на таложење по текот на р. Брегалница

Според пресметките во HEC-RAS годишно во акумулацијата „Калиманци“ влегуваат 152.231 m^3 нанос. Ова количество е многу блиско со количеството добиено по методологијата по Гавриловиќ (161.860 m^3).

7.5 ЗАКЛУЧОЦИ

Од изнесените резултати може да се заклучи дека големиот дел од наносот што доаѓа во реката Брегалница се исталожува во геоморфолошките проширувања. Вкупно 75% од наносот се исталожува во полињата, а како најважен и најголем акумулационен простор е Делчевското Поле каде 40% од наносот се задржува.

Од анализите направени со двата применети модели (моделот на Гавриловиќ и моделот на HEC-RAS) може да се заклучи дека пресметаните вредности на транспортните карактеристики на речното корито се многу блиски и затоа може да се констатира дека моделот на HEC-RAS е компатибилен со моделот на Гавриловиќ и податоците добиени од овој модел се веродостојни.

8. МОДЕЛИРАЊЕ НА ФАКТОРИТЕ/ЧИНТЕЛИТЕ НА ЕРОЗИЈА КОИ ВЛИЈААТ ВРЗ ПОГОЛЕМА ПРОДУКЦИЈА НА НАНОС И ТРАНСПОРТОТ

Целта на ова поглавје е да се постават повеќе хипотетички сценарија кои понатаму ќе помогнат во поставувањето рамки за зонирање на сливовите на акумулациите од аспект на ерозија.

При поставувањето на моделните рамки, земени се два пристапа на моделирање:

- Глобален пристап и
- Локален пристап.

Кај глобалниот пристап се зема за истражувано подрачје целиот слив и анализите се прават на ниво на подслив. Земени се истите подсливови како во случајот со одредувањето на сегашната состојба со ерозијата (Слика 21). Главната цел на овој пристап е да се види, како се менува на ниво на слив, потенцијалот на ерозијата и способноста на сливот да продуцира и транспортира ерозивен, наносен материјал, доколку се смени начинот на користење на земјиштето. Целта е да се прикаже, колку има влијание користењето на земјиштето врз ерозијата и наносот.

Локалниот пристап, од друга страна, е применет на конкретни сливови. Главната задача на овој пристап е да се прикаже колку поединечните радикални активности, во близина на акумулацијата, директно влијаат врз пополнувањето на акумулацијата со наносен материјал. Во овој случај главно станува збор за работи во шумарството, каде се сече иста површина на различна местоположба во сливот. Целта е да се прикаже колку оддалеченоста на овие активности од акумулацијата влијаат на нејзино пополнување со наносен материјал.

8.1 ГЛОБАЛЕН ПРИСТАП

8.1.1 Сценарио 1 (позитивно сценарио)

Сценариото 1 е реално сценарио за подобрување на состојбата со ерозијата. При изработката на ова сценарио хипотетички се преземени повеќе мерки за подобрување на состојбата со ерозијата во сливот. Во него се земени предвид само биомелиоративни мерки за подобрување на состојбата.

Табела 28 ги прикажува мерките што се предвидени во целиот слив. Колоната *Ха* нулта ја прикажува сегашната состојба на земјиштето без преземени мерки. Во колоната *Ха* позитивно сценарио има две предвидени варијанти – 50% и 100%. 100% означува колкав би бил коефициентот *Ха* доколку би се извеле целосно биомелиоративните мерки. Ова не е многу реално, затоа за ова сценарио е земена колоната 50%, што значи колку би бил коефициентот *Ха* доколку се изведат овие мерки на половина од површината.

Табела 28 Превземени мерки како промена на коефициентот *Ха*; Сценарио 1;

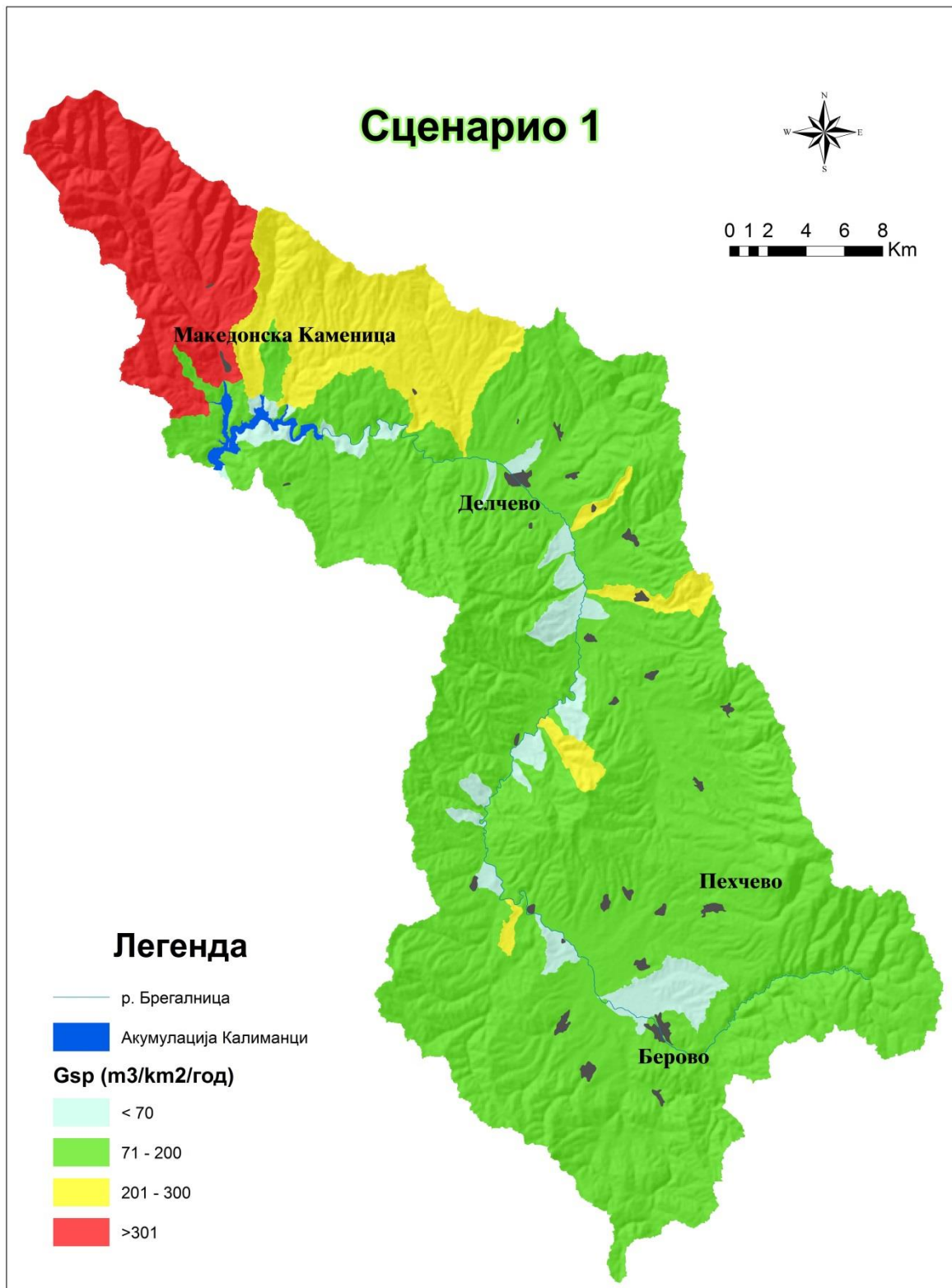
Код	Тип	<i>Ха</i> нулта	<i>Ха</i> позитивно сценарио		Опис на мерка
			50%	100%	
420	Овоштарници	0,5	0,4	0,315	Контурни овоштарници
200	Нива	0,75	0,63	0,51	Мулчирање, Контурно орање
320	Пасиште	0,6	0,45	0,3	мелиорации
400	Траен насад	0,5	0,4	0,315	Контурни
410	Лозје	0,5	0,4	0,315	Контурни лозја
500	Мешовито користење на земјиште	0,5	0,4	0,3	Контурно/мулч
2009	Грмушки	0,6	0,4	0,2	Пошумување, кордони, дупки, конверзија грмушки>шума покровност од 60-70%
2010	Ливади	0,6	0,5	0,4	Мелиорации
2002	Лозови насади	0,5	0,4	0,315	Контурни лозја
2001	Обработливо земјиште	0,75	0,63	0,51	Мулчирање, Контурно орање
2003	Овоштарници	0,5	0,4	0,315	Контурни овоштарници

Кодовите соодветствуваат на класификацијата на СИЗП (200-500) и ТК25 (2000-2050)

Предвидени се голем обем на мерки кои би се имплементирале во сливот. За земјоделско земјиште, пред сè, се претендира кон контурна обработка на земјиштето со употреба на мулчирање. За површините кои се под грмушки, се предвидува конверзија во шумски насад со пошумување, каде се претендира на добивање на

шума со покривност од 60-70%, бидејќи не би било реално да се очекува за краток рок оваа шума да се склопи и да вирее на претходно лоши месторастења.

При оформувањето на ова сценарио, сите влезни параметри од моделот за квантифицирање на потенцијалот на ерозијата се исти, а како единствен променлив параметар е земен коефициентот на уреденоста на сливот „**X.a**”.



Слика 39 Сценарио 1; Специфичен транспорт на наносен материјал на ниво на подсливови

На Слика 39 е прикажано Сценариото 1 со имплементирани мелиоративни мерки. Генералната слика на сливот е подобрена за една класа погоре. Класата на

специфичниот транспорт од 201-300 m³/km²/год која во сегашната состојба доминира во централниот дел од сливот, во ова сценарио преоѓа во пониската класа 71-200 m³/km²/год. Оваа класа во Сценарио 1 доминира низ целиот слив.

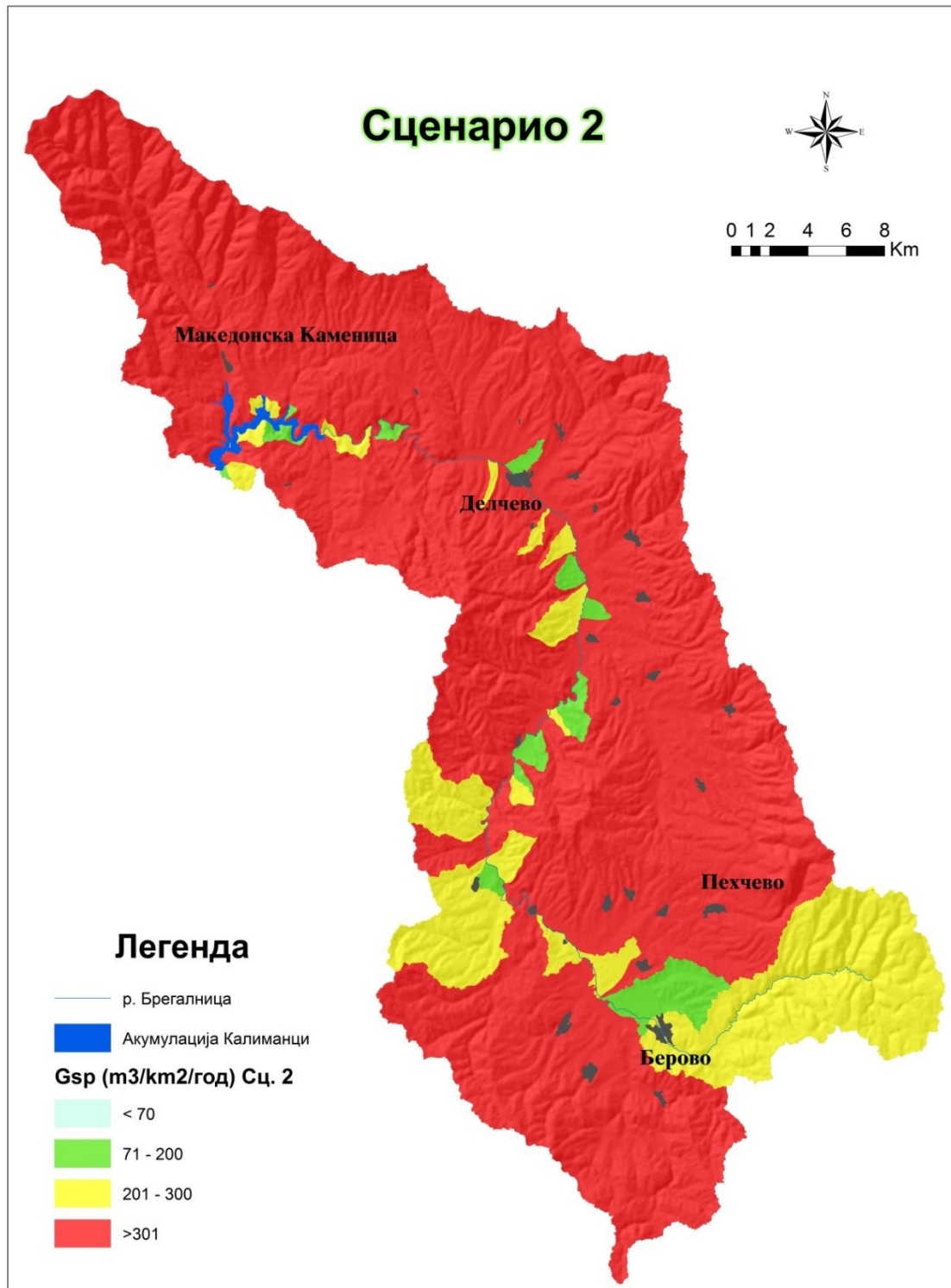
Дел од најкритичната класа над 301 m³/km²/год во сегашната состојба, која е најзастапена околу акумулацијата „Калиманци“ во ова сценарио при имплементација на мелиоративни мерки минува во пониската класа 201-300 m³/km²/год (Очипалска Река). Од друга страна сливовите на реките Каменица и Сушица и при имплементација на мерки за подобрување остануваат во највисоката категорија со специфичен транспорт над 301 m³/km²/год.

Од ова сценарио може да се заклучи дека сливовите на реките Каменица и Сушица се најкритични од аспект на ерозија, бидејќи и покрај предвидени мерки на подобрување категоријата на загрозеност не се менува. Тоа значи дека во иднина на овие два слива треба да се обрне посебно внимание и мерките за управување со сливот и земјиштето треба да бидат исклучиво насочени кон конзервација и заштита на земјиштето.

8.1.2 Сценарио 2 (негативно сценарио)

Сценариото 2 е реално сценарио на влошување на состојбата со ерозијата. При квантифицирањето на потенцијалот на ерозијата во сегашна состојба, коефициентот на ерозија „Z“ изнесува 0,31. Во периодот на изработката на Картата на ерозија на РМ, во 1980-те години, коефициентот на ерозија „Z“ изнесувал 0,54. Целта на ова сценарио не беше да се земат нереални хипотетички сценарија, туку да се земат примери кои ја отсликуваат реалната состојба и кои се реални и можни да се случат во иднината.

При оформувањето на ова сценарио, сите влезни параметри од моделот за квантифицирање на потенцијалот на ерозијата се исти, а како единствен променлив параметар е земен коефициентот на уреденоста на сливот „X_a“. Овој коефициент беше процентуално зголемен да соодветсува на разликата на коефициентот на ерозија „Z“ 0,31 > 0,54.



Слика 40 Сценарио 2; Специфичен транспорт на наносен материјал на ниво на подсливови

Карта за Сценарио 2 (Слика 40) многу се разликува со сегашната состојба (Слика 31). Доколку би се вратила состојбата, каква што била во 1980-те години, повеќе од 80% од сливовите би преминале во критичната класа на сливови над 301 m³/km²/год.

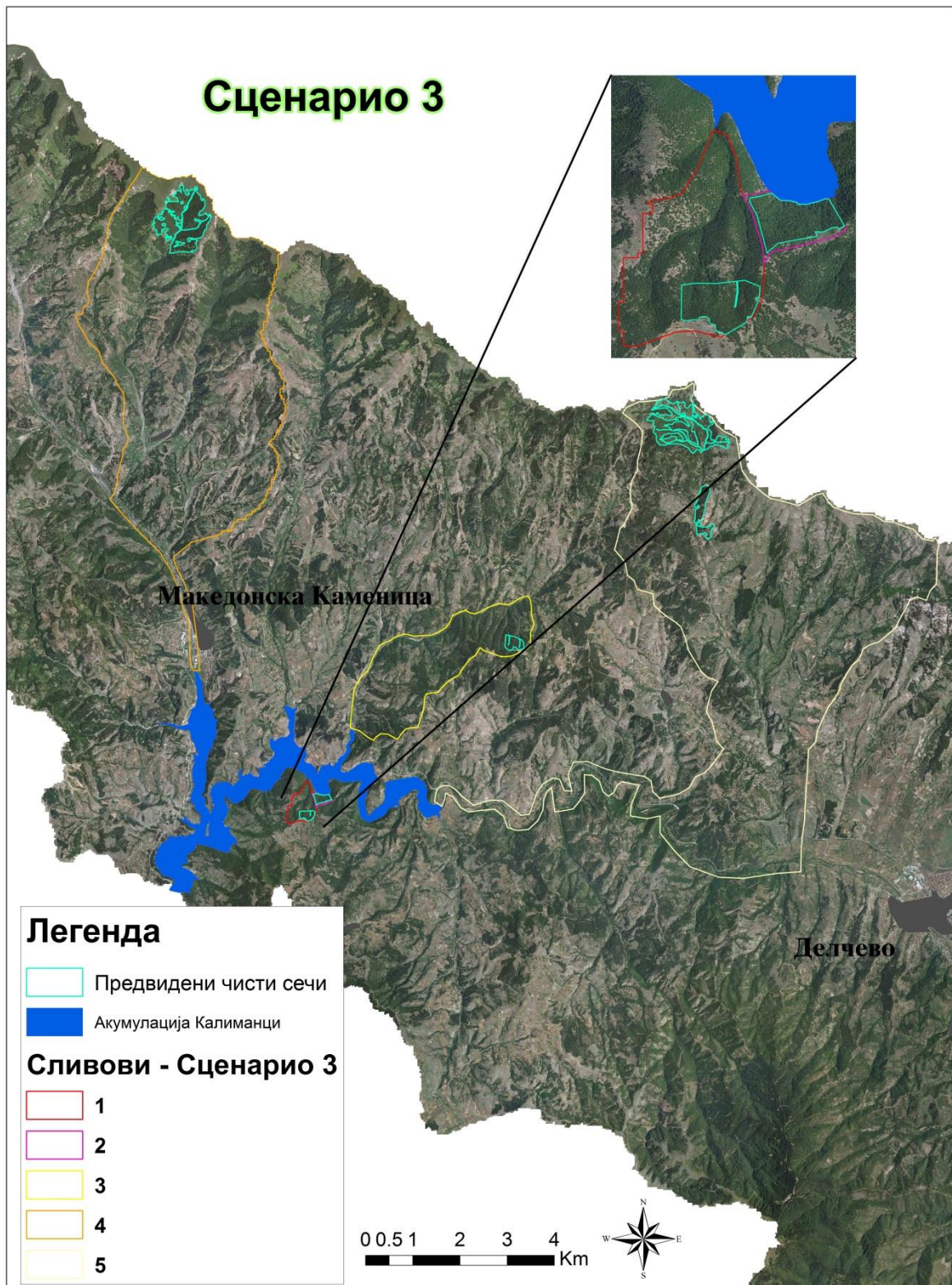
8.2 ЛОКАЛЕН ПРИСТАП (СЦЕНАРИО 3)

Локалниот пристап е применет на пет слива кои се наоѓаат во непосредна близина на акумулацијата „Калиманци“ и наносот кој тие го генерираат, директно го таложат во акумулацијата. Целта на ова сценарио е да се покаже влијанието на радикалната промена на земјишниот покров врз генерирањето на наносниот материјал и неговиот транспорт до акумулацијата. Како главен чинител за промената на земјишниот покров е земена шумско - одгледувачката мерка – чиста сеча, бидејќи другите типови на сечи немаат толкав инвазивен карактер (Маџан²¹, Табела 10) и не предизвикуваат големи ерозивни процеси.

Петте пробни површини се разликуваат по повеќе параметри.

Првите два слива се земени на непосредниот брег на акумулацијата. Првиот слив е со должина на главниот водотек од 1 km и површина од 0,4 km², а вториот слив е со уште помала површина од 0,1 km² и најдолго транспортно растојание од 200 m. На двата слива предвидена е иста површина за сеча 5,4-5,5 ha. И во двата случаи влијанието на чистата сеча е големо, бидејќи од една страна е пресечена голема површина, а од друга, сливовите се мали и на непосредниот брег од акумулацијата (Слика 41). Откако ќе се извршат сечите во наредните неколку години, сливовите ќе бидат изложени на поголем потенцијал на ерозија и наносот што ќе се таложи во самата акумулација ќе биде зголемен 2,2 пати и 12 пати за првиот и вториот слив, соодветно. Доколку земјиштето има добар потенцијал за регенерација, тогаш овие површини би се обновиле за 3-5 години, но доколку настапат поголеми природни непогоди и почвениот супстрат биде однесен, тогаш обновувањето на шумата би било многу тешко, дури и невозможно.

Сливната површина број 3 е со средни димензии и транспортно растојание. Овој слив е дел од сливот на Рибничка Река и е со површина од 5,2 km² и должина на главен водотек од 6 km. Сечата е планирана на 9,3 ha, што е двојно повеќе од претходните два слива. Овој слив не припаѓа на непосредниот слив на акумулацијата, туку навлегува во копното по течението на реката.



Слика 41 Поставеност на сливовите во Сценарио 3

Сливовите број 4 и број 5 се доста поголеми од претходните три (25 и 36,6 km², соодветно), а исто така должините на најдолгите водотеци изнесуваат 11,7 и 15,6 km. Во овие два слива предвидена е за сеча поголема површина, околу 100 ha.

Табела 29 Главни параметри за сливовите во Сценарио 3 – пред и по сеча

Број	Lkm	F	Ru	ха	ха_sc3	Z	z_sc3	Сеча (ha)
1	1,0	0,4	0,2	0,16	0,26	0,12	0,21	5,4
2	0,2	0,1	0,1	0,13	0,68	0,13	0,67	5,5
3	6,0	5,2	0,3	0,34	0,35	0,33	0,34	9,3
4	11,7	25,0	0,8	0,43	0,46	0,39	0,42	94
5	15,6	36,6	0,6	0,46	0,48	0,42	0,44	103
Број	G	G_sc3	разлика	G_sp	Gsp_sc3	разлика	G_sc3/G	
1	7,5	16,5	9,1	21,3	47,1	25,8	2,2	
2	0,8	9,8	9,0	11,7	140,5	128,7	12,0	
3	727,4	769,2	41,8	140,7	148,8	8,1	1,06	
4	10.378,6	11.362,8	984,2	415,9	455,3	39,4	1,09	
5	12.188,6	12.991,0	802,4	333,4	355,4	21,9	1,07	
Број	Wsp	Wsp_sc3	разлика	W	W_sc3	разлика		
1	91,8	203,2	111,4	32,2	71,3	39,1		
2	92,4	1.105,5	1.013,0	6,4	77,1	70,7		
3	408,1	431,5	23,4	2.110,1	2.231,3	121,2		
4	548,8	600,9	52,0	13.695,5	14.994,3	1.298,8		
5	586,1	624,7	38,6	21.425,5	22.835,9	1.410,4		

8.3 ЗАКЛУЧОЦИ

Од сценаријата од глобалниот пристап може да се заклучи дека со промена на коефициентот „ Xa “, т.е со промена на користењето на земјиштето и со употреба на био-мелиративни мерки во целиот слив, може да се подобри состојбата во сливот, а тоа би имало влијание на транспортот на наносот до акумулацијата. Од друга страна, доколку притисокот на природата се зголеми, тоа би имало негативно влијание и на наносот во акумулацијата.

Од локалниот пристап може да се заклучи дека сечата на непосредните брегови на акумулацијата има големо влијание на генерирање на ерозивен наносен материјал и на неговиот целосен транспорт во акумулацијата, заради многу кратката транспортна дистанца. Со зголемувањето на транспортната дистанца исто така се зголемува и разликата меѓу продуцираниот и транспортираниот наносен материјал, а со тоа еден дел од наносот останува во сливот и не стигнува до акумулацијата.

Од друга страна, при моделирањето се земени големи површини за чиста сеча, што е земено само како показан пример во моделот и треба да се избегнува.

9. ЗАШТИТНИ ЗОНИ ОКОЛУ АКУМУЛАЦИИТЕ ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈА

9.1 ГЛАВНИ ЧЕКОРИ ЗА ПРИ ФОРМИРАЊЕТО НА ЗОНИТЕ ОКОЛУ АКУМУЛАЦИИТЕ ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈА

Доколку се погледнат претходните поглавја за да се изведе зонирањето, методолошки процедурата за зонирање може да се групира во четири главни чекори:

1. Издвојување на критични сливови од аспект на ерозија по методологијата на Гавриловиќ
2. Одредување на зони на таложеење на големите притоки во акумулацијата
3. Издвојување на непосреден брег на акумулацијата
4. Издвојување на бафер зона околу акумулацијата

9.2 ДЕТАЛНА ПРОЦЕДУРА ЗА ФОРМИРАЊЕТО НА ЗОНИТЕ ОКОЛУ АКУМУЛАЦИИТЕ ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈА

9.2.1 Издвојување на критични сливови од аспект на ерозија по методологијата на Гавриловиќ

Во продолжение накратко е изложена методологијата на Гавриловиќ и изборот на препорачани податоци за формирање на основната геопросторна база на податоци при изработката на зонирањето:

$$W_{god} = T * H_{god} * \pi * \sqrt{Z^3} * F \dots\dots\dots[4]$$

$$G_{god} = T * H_{god} * \pi * \sqrt{Z^3} * F * R_u \dots\dots\dots[5]$$

$$R_u = \frac{\sqrt{O*D}}{0.25(L+10)} \dots\dots\dots[6]$$

W_{god} – Вкупно произведен (продуциран) ерозивен материјал во сливот
 G_{god} – Средногодишно количество на пренесен (транспортиран) нанос
 R_u – Коефициент на ретенција
 π – Лудолфов број

T – Температурен коефициент на сливното подрачје $T = \sqrt{\frac{t^{\circ}C}{10}} + 0.1 \dots\dots\dots [7]$

H_{god} – Средногодишна сума на врнежи, во mm

Z – Коефициент на ерозија

F – Површина на сливот, во km^2

O – Должина на вододелница, во km

D – Средна висинска разлика на сливот, во km

L – Должина на сливот, во km

$$Z = \gamma * Xa * (\varphi + \sqrt{I_{sr}}) \dots\dots\dots [8]$$

γ – реципрочна вредност на коефициентот на отпорот на земјиштето

φ – коефициент на видливи и јасно изразени процеси на ерозија

Xa – коефициент на уреденост на сливот

I_{sr} – среден пад на сливот

- *Раздвојување на сливот на акумулацијата на подсливови*

Раздвојување на сливот на акумулацијата на подсливови се изведува автоматски со помош на ГИС алатка за автоматско генерирање на сливови (во случајот е користен ArcSWAT). Понатаму сливовите треба да се проверат за точност со теренски модел (топографска карта 1:25.000, 1:50.000)

- *Издвојување на карактеристиките на подсливовите*

Со користење на ДЕМ/ДТМ, автоматски се издвојуваат карактеристиките на подсливовите кои ќе послужат во натамошните анализи: надморска височина (кота на влив, кота на извор, средна надморска височина), среден наклон на теренот. Исто така треба, да се пресмета површината и обемот на подсливовите.

- *Дефинирање на хидрографска мрежа*

Главните водотеци се дигитализираат од топографска карта 1:25.000 по принципот еден слив – еден водотек и се пресметуваат нивните геометриски карактеристики.

- *Климатски податоци*

Климатските податоци се пресметуваат за подолг временски период, пожелно е временска серија да е подолга од 30 години. За дефинирањето на температурите и врнежите се користи изотермна карта на средногодишните температури и изохиетска

карта на средногодишните суми на врнежи. Пожелно е просторните податоци да бидат во растерски формат за да се олесни пресметката на дадените формули.

- γ – реципрочна вредност на коефициентот на отпорот на земјиштето

Вредноста γ (Гама) се определува врз основа на подлогата што се еродира. Ова пред се се однесува на почвената подлога, а во случај кога почвата е испрана и еродирана, тогаш во предвид се зема геолошката подлога. За изработка на овој коефициент се користи пред се педолошка карта, а на местата каде нема почва се користи геолошко-инженерска карта. Понатаму педолошките и геолошките типови се рекласифицираат според отпорот на земјиштето со вредности од 0,25 до 2,0.

- φ – коефициент на видливи и јасно изразени процеси на ерозија

Овој коефициент се изработува исклучиво со теренска перспекција и непосредно теренско картирање. Не се препорачува користење на методи на далечинска детекција, затоа што голем број од ерозивните појави и процеси не се видливи од птичја перспектива, бидејќи теренот и вегетацијата можат да бидат пречка за нивна видливост.

- X_a – коефициент на уреденост на сливот

(**X.a**)- Претставува коефициент на уреденост на сливното подрачје од аспект на заштитеност на земјиштето од негативното влијание на атмосферски и други чинители на ерозијата. Тоа се всушност два коефициенти чиј производ се движи од 0,05 за целосно заштитено земјиште од ерозија до 1,0 за потполно голо, незаштитено и неуредено земјиште.

„**X**“ - Коефициент кој ја одредува природната заштита на сливот (вегетација и сл.), пред примената на антиерозивни мерки и зафати.

„**a**“ - Коефициент на состојбата во сливот по примената на разни антиерозивни и други мерки и зафати.

Вредностите на коефициентот („ $X.a$ “), за сливните подрачја се утврдуваат врз основа на структурата на површините од аспект на нивната стопанска намена, начинот и интензитетот на користење и пред сè нивната заштитна функција.

Коефициентот „ X “ може да се одреди со користење на карти на земјишен покров и користење на земјиштето. Такви се постоечките просторни бази за земјишниот покров: Corine (изработена од Европската агенција за животна средина), топографска карта 1:25.000 (изработена од Агенцијата за катастар на РМ), СИЗП (Систем за идентификација на земјишни парцели - МЗШВ). Овие бази на податоци можат да се рекласираат според препорачаните вредности по методологијата на Гавриловиќ, меѓутоа, тие не се развиени за потребите на ерозијата и истите треба да се проверат за квалитет со подетален извор на податоци: орто-фото снимки, сателитски снимки со висока резолуција, Google Earth, бидејќи при извлекување на полигоните во векторскиот сет на податоци направена е голема генерализација на класите.

Друг начин на добивање на овој коефициент е полу-автоматска надгледувана класификација на мултиспектрални сателитски снимки.

За одредување на коефициентот „ a “ треба да се најдат историски податоци за изведени против-ерозивни мерки: прегради, прагови, уредени/неуредени водотеци и треба да се изврши теренска проспекција за да се утврдат земјоделските практики и применетите агро-мелиоративни мерки.

- критични сливови од аспект на ерозија

Критични сливови од аспект на ерозија се издвојуваат од картата на специфичен транспорт на наносен материјал на ниво на подсливови (Gsp), со рекласирање на вредностите за Gsp за секој подслив по следната категоризација:

Табела 30 Категории на критичност од аспект на ерозија

Gsp (m ³ /km ² /год)	Категорија на критичност
< 70	IV
71 – 200	III
201 – 300	II
> 301	I

Овие категории претставуваат основа за зонирањето на сливовите на акумулациите од аспект на ерозија.

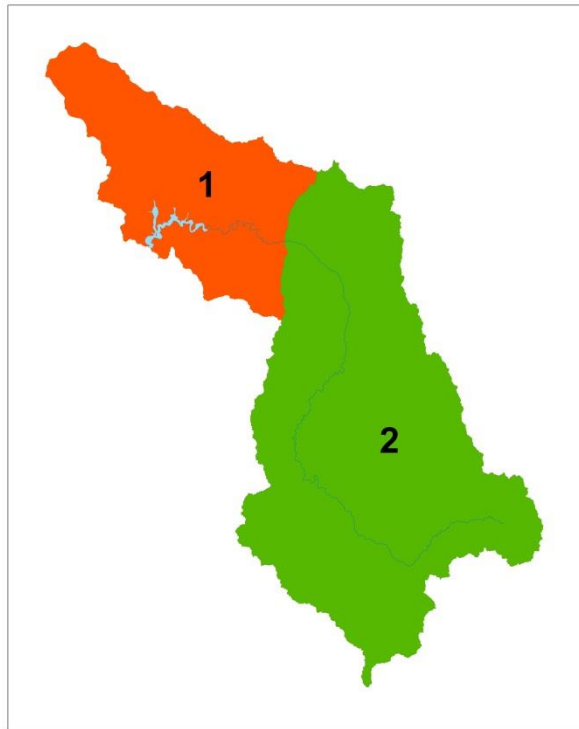
9.2.2 Одредување на зони на таложее

Одредувањето на зони на таложее е во функција на раздвојување на сливот на акумулацијата на притоки кои директно го исталожуваат поголемиот дел од наносот во акумулацијата и притоки што го исталожуваат поголемиот дел од наносот во морфолошките проширувања.

Најпрво, треба да се направи теренска перспекција на сливот на големите притоки на акумулацијата и да се одредат големи морфолошки проширувања со потенцијал за таложее и видливи докази за големи количества на исталожен наносен материјал.

Понатаму, се прави хидрауличка анализа на транспортот на наносот по главниот водотек (водотеци). Како влезен наносен материјал се земаат моделираните количества на транспортиран наносен материјал (по методологијата на Гавриловиќ) на притоците на главниот водотек до профил влив во водотекот.

На крајот се одредува односот на влезен и исталожен наносен материјал во морфолошките проширувања (пример за сливот на акумулацијата „Калиманци“ - Слика 42). Анализата на транспортот на наносот се изведува во соодветен софтвер за транспорт на наносот: HEC-RAS, MIKE SHE, SSCHE1D или други софтвери кои ја имаат оваа можност.



Слика 42 Зони на таложење во сливот на акумулацијата „Калиманци“

Во сливот на акумулацијата „Калиманци“ како главен водотек, со постоење на морфолошки проширувања, е земена реката Брегалница. Бидејќи 75% од влезниот нанос се исталожува во морфолошките проширувања издвоени се две зони, пред и по морфолошките проширувања. Последното морфолошко проширување е Делчевско Поле и како граница меѓу двете зони е земен профилот „Очипале“.

Затоа сите подсливови кои влегуваат во втората зона на таложење, вредностите за критични сливови од аспект на ерозија се намалуваат за една вредност. Така ако еден подслив е во прва категорија според критичните сливови од аспект на ерозија и влегува во втората зона на таложење, тогаш автоматски би се спуштил во втора категорија по критичност. Доколку подсливот е во прва категорија според критичните сливови од аспект на ерозија и влегува во првата зона на таложење, тогаш си ја задржува вредноста за критичност.

9.2.3 Издвојување на непосреден брег на акумулација

Според резултатите од моделот за „локалниот“ пристап може да се заклучи дека непосредните брегови на акумулацијата се особено критични од аспект на ерозија.

Затоа непосредните брегови на акумулацијата треба да се издвојат. Под непосреден брег се подразбира растојанието помеѓу максималното ниво на акумулацијата и највисоката точка од која водите директно можат да дојдат до акумулацијата („до рид“) со исклучок на директните притоки на акумулацијата. Овој потег во случајот на акумулацијата „Калиманци“ е широк приближно до 1.000 m.

Издвоениот непосреден брег треба да добие највисока категорија на критичност или со други зборови влегува во прва (I) зона на заштита.

9.2.4 Издвојување на бафер зона околу акумулацијата

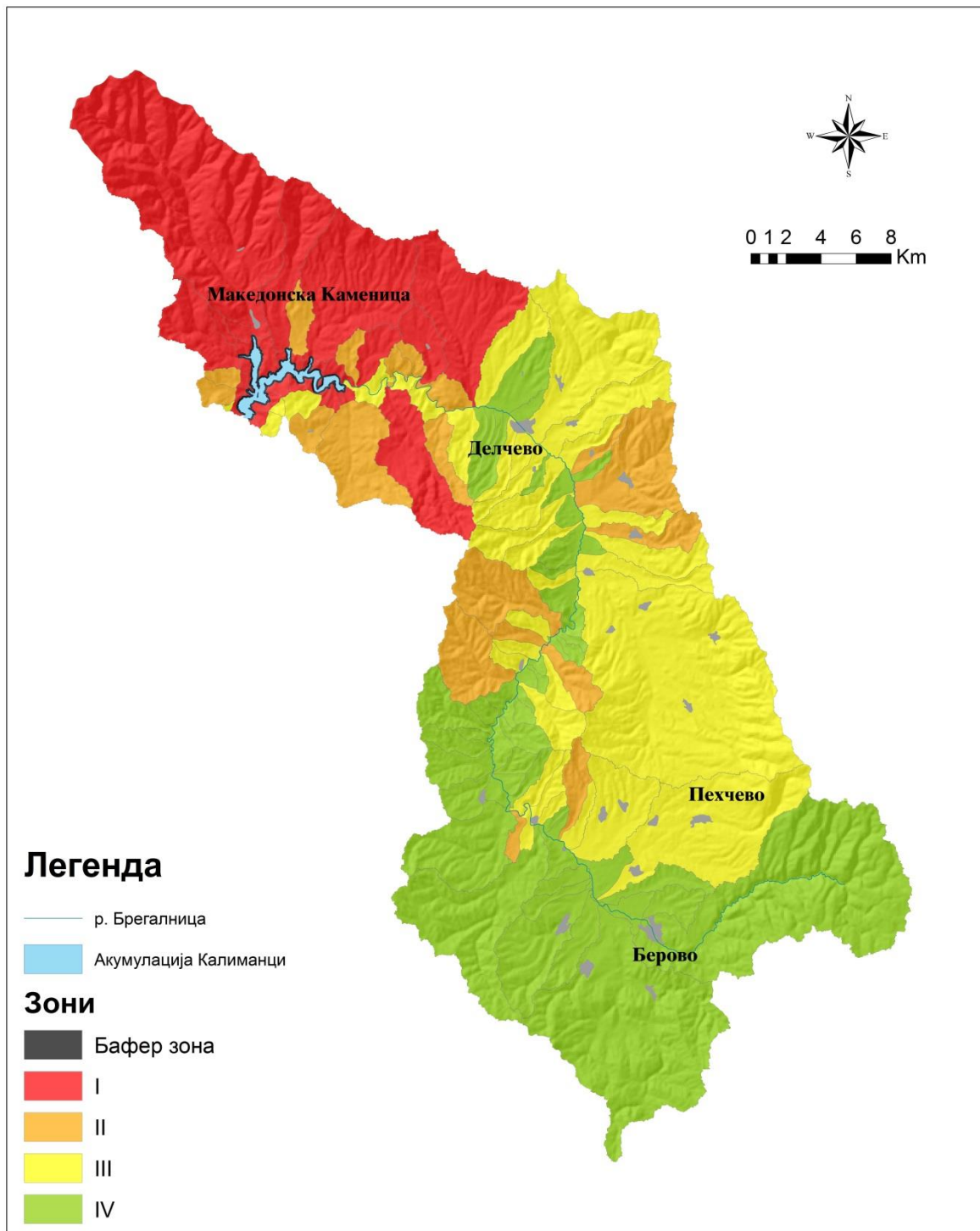
Во Законот за води⁵⁶ постои член, според кој бафер зоната на заштита на акумулациите треба да биде со широчина од 50 m од максималното ниво на акумулацијата.

За потребите на ова зонирање, оваа зона е зголемена на широчина од 100 m од максималното ниво на акумулацијата.

9.3 ЗОНИРАЊЕ ОКОЛУ АКУМУЛАЦИЈАТА „КАЛИМАНЦИ“ ОД АСПЕКТ НА ЕРОЗИЈА

По имплементирање на горните препораки на сливот на акумулацијата „Калиманци“, добиена е следната карта на зонирање на сливот акумулацијата „Калиманци“ од аспект на ерозија.

⁵⁶ Закон за води Службен весник на РМ бр. 87/2008, член 131



Слика 43 Зонирање околу акумулацијата „Калиманци“ од аспект на ерозија

На слика 43 се прикажани предложените зони околу акумулацијата „Калиманци“ од аспект на ерозија, каде зоната I ја претставува најкритичната зона и соодветно, сливовите во зоната IV се со најмала критичност од аспект на ерозија.

Бафер зоната е вон категорија и во оваа зона, не треба да има никакви активности што би го нарушиле природниот режим: конзервациски земјоделските практики, шуми со заштитен карактер без никакви инвазивни интервенции и градежните активности кои треба да бидат во насока на заштита на земјиштето од ерозија, без големи нарушувања на просторот.

Во зоната I треба да се земат предвид активности што се насочени кон конзервација на почвата и шумски практики кои промовираат одржливост.

Со шумските активности треба да се заштитат и квантитетот и квалитетот на шумските ресурси на среден и на долг рок со балансирање на користењето и прирастот, претпочитајќи техники со кои се минимизира директна или индиректна штета на шумите, почвата и водните ресурси.

Треба да се преземат соодветни практики за зголемување на прирастот во насока на економски, еколошки и социјални придобивки.

Треба да се земе предвид конверзијата на напуштеното земјоделско во шумско земјиште, ако тоа придонесува за стекнување на економски, еколошки, социјални и културни вредности.

10. ЗАКЛУЧОЦИ

10.1 ПОТРЕБА И АКТУЕЛНОСТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Главниот мотив за изработка на овој труд беше да се изготви методологија за зонирање на акумулациите од аспект на ерозија. Постојат примери за изработка на вакви зони, но тие се базирани на практичните искуства на изработувачите (En: expert judgment). Целта, во овој случај беше да се направи егзактна и применлива процедура, која ќе биде репродуктибилна на друга студија на случај и понатаму добиените резултати ќе бидат споредливи.

10.2 НАУЧЕН И ПРАКТИЧЕН ПРИДОНЕС НА ДОКТОРСКАТА ДИСЕРТАЦИЈА

Изработката на методологијата за зонирање на акумулациите од аспект на ерозија треба да се сфати како основа за идни размислувања за пристапот за негово подобрување. Истражувањето е направено со емпириски модел со користење на мерни батиметриски мерења на акумулациите, со цел потврдување на веродостојноста на резултатите.

Методологијата е усогласена за да може да користи стандардизирани просторни бази на податоци, кои со стандардна рекласификација лесно се вклопуваат во моделот. Од досегашните истражувања, методологијата на Гавриловиќ е имплементирана делумно бидејќи постојните бази на податоци се земаат како готов продукт и директно се рекласифицираат, без никакви корекции. Во случајот на ова истражување, му се дава особено значење на овој проблем. Најкритичен параметар е коефициентот „Ха“, кој со директна рекласификација на постојните просторни бази на користење на земјиштето не е употреблив, туку треба базата да се подобри и да се пренамени за потребите на картирањето на ерозијата.

Зонирањето на акумулациите е предуслов за интегрално управување на сливовите. Пристапот на формирање на зони во сливните подрачја на акумулациите со просторна (ГИС) поддршка и картографски приказ ќе им ја олесни работата на идните планери на просторот од повеќе области: урбанизам, шумарство, земјоделство, управување со пасишта и др.

10.3 ПРЕПОРАКИ И ИДНИ ИСТРАЖУВАЊА

Ова истражување укажа на потреба од различни одржливи мерки при користењето на шумските и земјишните ресурси. Поради тоа, потребно е да се направат истражувања во врска со разни одржливи шумски мерки (особено типови на сеча, дотур и транспорт).

Зонирањето е изработено ниво на слив, кое претставува поголема целина и затоа треба да се направи посебно истражување на изборот на сеча, техники на дотур, проектирање и изградба на шумски патишта, со посебен осврт на конзервација на земјиштето, и да се истражи какво е влијанието на продукцијата на ерозивен материјал. Во врска со земјишните ресурси, земјоделските практики и управувањето со пасиштата треба да бидат со оддржлив карактер, а исто така потребно е да се направат пообемни истражувања за влијанието на овие практики врз продукцијата на наносот.

За подобрување на методологијата треба да се вметнат повеќе мерни податоци за калибрација на моделот (мерење на консолидацијата на наносот, реален транспорт на наносот во сливот, мерења на протеците на повеќе хидрометриски профили, мерни климатски податоци за целиот слив и др.).

Методологијата се базира на методот на Гавриловиќ. Треба да се направи истражување за тоа какви резултати би се добиле доколку се користи друг метод за квантифицирање на ерозијата и потоа да се споредат резултатите.

Со развојот на технологиите, исто така и методологиите треба да се прилагодуваат кон новите технологии. Во оваа насока треба да се размислува за имплементирање на далечинската детекција и за користење на достапни бази на податоци: сателитски и аеро-фото снимки. Со овој приод би се елиминирале корекциите на постоечките бази на податоци за користењето на земјиштето.

И на крајот, треба да се напомене дека е потребно да се подобри системот на следење на состојбите во сливот и апострофирање на интегралноста во управување со него.

11. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- 1 Блинков И. (главен истражувач), Трендафилов А. и Ќаевски И. (соработници истраж.), 2003, Оттекувањето на водите и наносите од аспект на улогата и влијанието на шумите, научно истражувачки проект, УКИМ Шумарски факултет - Скопје
- 2 "How much water is there on Earth?" 01 April 2000. HowStuffWorks.com. <<http://science.howstuffworks.com/environmental/earth/geophysics/question157.htm>> отворен на 02.01.2015.
- 3 FAO Water scarcity, 2013, http://www.fao.org/nr/water/topics_scarcity.html, отворен на 18.09.2014
- 4 Просторен план на РМ, 2004, Агенција за планирање на просторот
- 5 Карта на ерозија на РМ, 1993, Завод за водостопанство на РМ
- 6 Блинков, 2001, Книга: Заштита на земјиштето од ерозија стр.48
- 7 White W R., 2001, Evacuation of Sediments from Reservoirs. London: Thomas Telford.
- 8 Блинков и Костадинов, 2010, Applicability of Various Erosion Risk Assessment Methods for Engineering Purposes, BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia - 25, 29 May 2010
- 9 Водостопанството на Република Македонија, ЈВП „Водостопанство на Македонија“ – Скопје, 1999
- 10 http://www.sinergise.com/docs/articles/2010-LPIS_WS-Progress_of_LPIS_in_Macedonia.pdf, отворен на 22.09.2014
- 11 Проучување ерозивноста, поројноста, и режимот на површинските води во РМ, Карта на ерозија на РМ; 1993, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, Завод за водостопанство на РМ - Скопје
- 12 Чукалиев О., Мукаетов. Д., Ристески П., Минчев И., 2006, Втора национална комуникација за климатски промени: сектор земјоделие
- 13 Блинков, 1998, Влијание на врнежите врз интензитетот на ерозијата во сливот на р. Брегалница до профил брана “Калиманци”, УКИМ Шумарски факултет – Скопје, докторска дисертација
- 14 Benjamin Kiersch; Land use impacts on water resources: a literature review – FAO Land and Water Development Division; <http://www.fao.org/docrep/004/y3618e/y3618e07.htm> отворено на 12.12.2014
- 15 Beebo Q., и Bilal R. A., 2012, Simulating bathymetric changes in reservoirs due to sedimentation: Application to Sakuma dam – Japan, project, ISSN-1101-9824, Division of Water Resources Engineering, Department of Building and Environmental Technology, Lund University, стр. 5
- 16 Bowonder, B., Ramana, K. & Rao, T., 1985, Sedimentation of reservoirs in India. Land Use Policy, 2(2), стр. 148-154
- 17 Miodrag Zlatic & Gordana Vukelic, 2002, Economic and Social Revival of a Degraded Region in Serbia; Mountain Research and Development 22(1):26-28. 2002 doi: [http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741\(2002\)022\[0026:EASROA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741(2002)022[0026:EASROA]2.0.CO;2)
- 18 Kostadinov S., Zlatic M., Dragičević S., Novković I., Košanin O., Borisavljević A., Lakićević M.,

- Mlađan D., 2014, Anthropogenic influence on erosion intensity changes in the Rasina river watershed - Central Serbia; Fresenius Environmental Bulletin (Impact Factor: 0.53). 01/2014; 23(1a):254-263
- 19 Ivan Minčev, Božin Trendafilov, 2010, Effects of land cover change as erosion factor using Landsat imagery BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia - 25, 29 May
- 20 Elliot, W.J.; Page-Dumroese, D.; Robichaud, P.R., 1999, The effects of forest management on erosion and soil productivity. Proceedings of the Symposium on Soil Quality and Erosion Interaction, Keystone, CO, July 7, 1996. Ankeney, IA: Soil and Water Conservation Society. 16 p.; http://forest.moscowfsl.wsu.edu/smp/docs/docs/Elliot_1-57444-100-0.html отворено на 07.02.2015
- 21 Macan G., 1994, Šumska hidrologija, Univerzitet u beogradu, Šumarski fakultet, Книга, стр. 85
- 22 Corine land cover applications in support of national and environmental policies, digital guide for Corine land cover 2000
- 23 Велковска Н., 2014, магистерска теза, Картографирање на хидрогеографските потенцијали значајни за одржливиот развој на Малеш и Пијанец
- 24 Панов М., Милевски Ѓ., 1980, Географска положба. Малеш и Пијанец, II, МАНУ, Скопје
- 25 Статистички годишник, 2013, Државен завод за статистика на РМ.
- 26 Статистичкиот преглед за сектор: Земјоделство, 2011, Полјоделство, сточарство и лозарство, Државен завод за статистика на РМ
- 27 Просторен план на регионот Источна Македонија, 1981, Институт за просторно планирање - Охрид
- 28 APB Proffitt, RJ Jarvis and S Bendotti, 1995, The impact of sheep trampling and stocking rate on the physical properties of a red duplex soil with two initially different structures, Australian Journal of Agricultural Research 46(4) стр. 733 - 747
- 29 Morris G.L., Annandale G., Hotchkiss R. Reservoir Sedimentation (Chapter 12), 2007, Sedimentation engineering : processes, management, modeling, and practice / edited by Marcelo H. Garcia ; prepared by the ASCE Task Committee for the Preparation of the Manual on Sedimentation of the Sedimentation Committee of the Hydraulics Division, Published by American Society of Civil Engineers, ISBN-13: 978-0-7844-0814-8 (стр. 579-612)
- 30 Dendy, F. E., Champion, W. A., and Wilson, R. B., 1973, "Reservoir sedimentation surveys in the United States." Man-made lakes: Their problems and environmental effects, W. C. Ackerman, G. F. White, and E. B. Worthington, eds., Geophysical Monograph No. 17, American Geophysical Union, Washington, D.C.
- 31 Murthy, B. N., 1977, Life of reservoir, Central Board of Irrigation and Power, New Delhi.
- 32 Nikitina S, Reinhold L, Angulo, Jenckins, Lebedev, Mcnef : Assessing the Lifespans of Reservoirs in Region 2 of Puerto Rico May 5, 2011, http://www.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050411-154137/unrestricted/Assessing_the_Lifespans_of_Reservoirs_in_Region_2_of_Puerto_Rico_WPI_11.pdf-отворен на 25.09.2014
- 33 Schnitter, N. J., 1994, A history of dams, the useful pyramids, A. A. Balkema, Rotterdam
- 34 Joris de Vente, Jean Poesen & Gert Verstraeten, Evaluation of reservoir sedimentation as a methodology for sediment yield assessment in the Mediterranean: challenges and limitations

- SCAPE ; http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/scape/uploads/107/Vente_etal.pdf-отворен на 25.09.2014
- 35 Hall Mark E., 2010, Conducting simple sediment surveys using modern GPS, Sonar and GIS technology; 2nd Joint Federal Interagency Conference, Las Vegas, NV, June 27 - July 1, 2010, http://acwi.gov/sos/pubs/2ndJFIC/Contents/P09_Hall_12_18_09_abstract-for-papers.pdf отворен на 25.09.2014
- 36 Трендафилов А., 1995, Ерозија во сливот на Црна Река и засипување на акумулацијата „Тиквеш“ со ерозивен нанос, докторска дисертација, Шумарски факултет – Скопје, УКИМ
- 37 Van Rijn, Sedimentation of sand and mud in reservoirs in rivers, <http://www.leovanrijn-sediment.com/papers/Reservoirsiltation2013.pdf>, отворен на 22.12.2014
- 38 Jakubauskas M., deNoyelles F., 2008, Methods for assessing sedimentation in reservoirs, стр. 25, Книга: Sedimentation in our reservoirs: Causes and Solutions
- 39 Hobson Peter, 2007, Lidar Surveys in challenging, shallow water, environments, Admiralty Coastal Surveys AB, отворено на 29.12.2014, http://www.ths.org.uk/documents/ths.org.uk/downloads/lidar_surveys_in_challenging_shallow_water.pdf
- 40 Мерење на наносот во акумулацијата „Калиманци“ и изнаоѓање на зависноста меѓу засипувањето и ерозијата во сливот, 1976, Завод за водостопанство на СРМ - Скопје
- 41 Гавриловиќ С., 1972, Инженеринг о бујичним токовима и ерозији, Часопис „Изградња“ – Специјално издање, стр. 105
- 42 Блинков И., 1998, Влијание на врнежите врз интензитетот на ерозијата во сливот на р.Брегалница до профил брана „Калиманци“, докторска дисертација, Шумарски факултет – Скопје, УКИМ
- 43 Костадинов С., 1996, Бујични токови и ерозија, учебник, Универзитет у Београду, Шумарски факултет
- 44 Blinkov I. and Kostadinov S., 2010, Applicability of Various Erosion Risk Assessment Methods for Engineering Purposes, BALWOIS conference , Ohrid 25-29.05.2010
- 45 Ioannis A. Kalinderis, Marios Spountzis, Dimitrios Stathis, Fani Tziaftani, Peristera Kourakli and Panagiotis Stefanidis, 2010, The risk of sedimentation of artificial lakes, following the soil loss and degradation process in the wider drainage basin. Artificial lake of Smokovo case study (Central Greece), CATENA VERLAG, Miodrag Zlatić (Editor) Global Change – Challenges for Soil Management – Advances in GeoEcology 41, ISBN 978-3-923381-57-9
- 46 Kojchevska Tatjana, 2014, EPM for Soil Loss Estimation in Different Geomorphologic Conditions and Data Conversion by Using GIS, магистерска теза, Mediterranean Agronomic Institute of Chania
- 47 Milevski Ivica, 2008, Estimation of soil erosion risk in the upper part of Bregalnica watershed – R. Macedonia, Based on digital elevation model and satellite imagery, 5th International conference on Geographic information system (ICGIS-2008), 2-5 July, 2008, Fatih University, Istanbul, Turkey
- 48 Hummel, Ryan, Jennifer G. Duan, and Shiyan Zhang, 2012. Comparison of Unsteady and Quasi-Unsteady Flow Models in Simulating Sediment Transport in an Ephemeral Arizona Stream. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 48(5): 987-998. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2012.00663.x

- 49 Paul M. Boyd and Stanford A. Gibson, 2014, Regional Sediment Management (RSM) Modeling Tools: Integration of Advanced Sediment Transport Tools into HEC-RAS, отворено на 12.02.2015 www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA604359
- 50 Chris Goodell, 2013, Quasi Two-Dimensional Modeling in HEC-RAS, WRE | WEST Consultants, <http://hecramodel.blogspot.com/2013/03/quasi-two-dimensional-modeling-in-hec.html> отворено на 12.02.2015
- 51 Stanford Gibson, Gary Brunner, Steve Piper, Mark Jensen, 2006, Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference (8thFISC), April2-6, 2006, Reno, NV, USA
- 52 Ackers, P., and White, W.R. November, 1973, "Sediment Transport: New Approach and Analysis," Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 99, No. HY 11, pp. 2040-2060
- 53 Armanini, A., 1992, "Variations of bed and sediment load mean diameters due to erosion and deposition processes," Dynamics of Gravel Bed Rivers, Edited by P. Billi, R. G. Hey, C. R.Thorne, and P, Tacconi, стр. 351-359.
- 54 V. A. Vanoni, 1975, "Sedimentation engineering" ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 54, 745 p.
- 55 Brunner Gary W., 2010, HEC-RAS River Analysis system: Hydraulic reference manual, version 4.1, U.S. Army Corps of Engineers, Institute For Water Resources, Hydrologic Engineering Center
- 56 Закон за води Службен весник на РМ бр. 87/2008, член 131