

Република Србија

Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине

Агенција за заштиту животне средине

## Побољшање система за процену дифузног загађења вода у Србији - Студија случаја за слив Колубаре



Република Србија  
Министарство енергетике, развоја и  
заштите животне средине  
Агенција за заштиту животне средине



Република Србија  
Министарство пољопривреде,  
шумарства и водопривреде  
Дирекција за воде



Јавно водопривредно предузеће  
"СРБИЈА ВОДЕ"



SWEDISH ENVIRONMENTAL  
PROTECTION AGENCY



Република Србија  
Министарство енергетике, развоја и  
заштите животне средине  
**АГЕНЦИЈА ЗА ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ**

**Побољшање система за процену  
дифузног загађења вода у  
Србији - Студија случаја  
за слив Колубаре**

БЕОГРАД, 2013

***„Ради, заврши, објави“***

Мајкл Фарадеј (1791 – 1867), енглески научник

## **ПОБОЉШАЊЕ СИСТЕМА ЗА ПРОЦЕНУ ДИФУЗНОГ ЗАГАЂЕЊА ВОДА У СРБИЈИ - СТУДИЈА СЛУЧАЈА ЗА СЛИВ КОЛУБАРЕ**

### **Издавач:**

Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине  
Агенција за заштиту животне средине

### **За издавача:**

Филип Радовић, директор  
Агенција за заштиту животне средине

### **Уредници:**

Håkan Staaf, Swedish Environmental Project Agency (Swedish EPA)  
Небојша Вељковић, Агенција за заштиту животне средине

### **Аутори:**

Håkan Staaf (Swedish EPA)  
Helene Ejhed (IVL Swedish Environmental Research Institute)  
Небојша Вељковић (Агенција за заштиту животне средине)  
Татјана Допуђа-Глишић (Агенција за заштиту животне средине)  
Милорад Јовичић (Агенција за заштиту животне средине)  
Драгана Видојевић (Агенција за заштиту животне средине)  
Драган Ђорђевић (Агенција за заштиту животне средине)  
Наташа Милић (Јавно водопривредно предузеће „Србијаводе“)  
Јована Рашета (Јавно водопривредно предузеће „Србијаводе“)  
Зоран Вучковић (Јавно водопривредно предузеће „Србијаводе“)  
Оливера Антић (Дирекција за воде, Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде)  
Мерита Борота (Дирекција за воде, Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде)

### **Превод:**

Александра Добрић-Станошевић

### **Техничка реализација, прелом и дизајн корица:**

Елизабета Радуловић & Бранислава Димић (Агенција за заштиту животне средине)

### **Фотографије на корицама и публикацији:**

Пројектни тим

**Штампа:** Енергодата, 2013, Београд

**CD-ROM копија:** 100

*Ова публикација у целини или у деловима не сме се умножавати, прештамповати или дистрибуирати у било којој форми или било којим средством без дозволе издавача. Сва права за објављивање задржава издавач по одредбама Закона о ауторским правима.*

ISBN 978-86-87159-08-2

## ПРЕДГОВОР

Ова публикација има за циљ да прикаже најновија истраживања о дифузно загађењу које настаје од отицаја са различито коришћеног земљишта, пољопривредних површина, урбаних и руралних простора и шумских ресурса. Све су ово активности које имају локални карактер и утицај на стање квалитета површинских вода у низводнијем делу екорегiona. Данас се дифузно загађење уобичајено повезује са пољопривредом и отицањем са урбаних површина, док одвођење употребљених вода из насеља и индустрије представља типично тачкасто загађење. У земљама са недовољно развијеним системима за каналисање и пречишћавањем отпадних вода, што је случај са Србијом, већина урбаних подручја нема изграђене канализационе системе са третманом комуналних отпадних вода, док се отпадне воде на руралном подручју одлажу у најчешће непрописно изграђене и одржаване септичке јаме или се испуштају директно у најближи водоток. С обзиром на дефиницију дифузног загађења, према којој ово загађење долази са неке површине, а не из одређене јасно дефинисане тачке, може се сматрати да су случајеви испуштања отпадних вода из насеља са руралног подручја без канализационих система, такође, дифузног карактера. Према свом карактеру, дифузно загађење може бити веома широког спектра, што укључује суспендоване материје, нутријенте, тешке метале, органске полутанте, али и микробиолошко загађење.

У српској стручној литератури постоји мало радова из области дифузног загађења и недостају примери коришћења модела за процену оптерећења. Ово је посебно значајно јер постоји законска обавеза да планови управљања водама за водна подручја садрже и процену загађивања из дифузних извора. Зато је ова публикација намењена ширем кругу заинтересованих корисника: онима који се први пут сусрећу са појмом загађења из дифузних извора, стручњацима у области заштите вода којима она може бити практична и корисна при решавању различитих проблема, и службеницима који раде у локалној самоуправи и државним органима на различитим административним нивоима у области заштите животне средине.

Материјал за публикацију је настао у оквиру пројекта *Побољшање система за процену дифузног загађења вода у Србији (An improved system for assessment of water pollution from diffuse sources in Serbia)*. Пројекат се одвијао на основу уговора о сарадњи између Министарства животне средине и просторног планирања и Агенције за заштиту животне средине Шведске (Cooperation Programme: Bilateral Program in the field of environment between the Ministry of Environment and Spatial Planning, Republic of Serbia (MESP) and the Swedish Environmental Protection Agency (Swedish EPA) for the period 2010-2012). Партнери у пројекту су Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине/Агенција за заштиту животне, Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде/Републичка дирекција за воде и ЈП Србијаводе. Општи циљ пројекта је успостављање и примена методологије за управљање дифузним загађењем на основу методе коју користи Агенција за заштиту животне средине Шведске (Swedish EPA). Специфични циљеви пројекта су утврђивање и усвајање методологије за управљање дифузним загађењем на основу искуства ЕУ, примена Water Framework Directive и Nitrates Directive и предлог за усаглашавање националне регулативе, успостављање координације надлежних органа у

управљању дифузним загађењем и унапређење техничких знања из области управљања дифузним загађењем.

Проблематика дифузног загађења обрађена је у овој публикацији у пет делова. У првом делу (поглавље 1.) су дате основе о дифузном загађењу. У другом делу (поглавља 2. и 3.) су дате опште карактеристике слива Колубаре, клима, коришћење земљишта и хидрографија и кратак приказ квалитета површинских и подземних вода. У трећем делу (поглавља 4-8) су детаљно презентовани принципи процене загађења вода из дифузних извора, квантификација извора дифузног загађења и методе математичког моделирања дифузног загађења. У четвртм делу (поглавље 9) су представљени основни улазни подаци за моделирање дифузног загађења на примеру слива Колубаре. У петом закључном делу (поглавље 10) дате су препоруке које су проистекле из резултата пројекта, а односе се на институционално јачање у области статистике података животне средине и пољопривреде и подзаконске регулативе за област заштите вода.

Захваљујемо се „Министарству животне средине, рударства и просторног планирања – Одељење за заштиту вода од загађивања и рибарство“, Републичком хидрометеоролошком заводу и Пољопривредној стручној служби „Ваљево“ на достављању података за потребе пројекта.

Стокхолм, март 2013.

Аутори

Београд, март 2013.



## САДРЖАЈ

<b>ПРЕДГОВОР</b> .....	<b>4</b>
<b>1. ОСНОВЕ О ДИФУЗНОМ ЗАГАЂЕЊУ</b> .....	<b>8</b>
1.1. Карактеристике дифузног загађења .....	8
1.2. Дифузно загађење нутријентима из пољопривреде .....	9
1.3. Проблем квантификације дифузног загађења .....	11
<b>2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ СЛИВА РЕКЕ КОЛУБАРЕ</b> .....	<b>13</b>
2.1. Геопросторне и демографске карактеристике .....	13
2.2. Клима .....	16
2.3. Земљиште .....	20
2.3.1. Геолошке карактеристике и педолошки састав слива Колубаре .....	20
2.3.2. Квалитет земљишта .....	22
2.3.3. Начин коришћења земљишта .....	22
2.4. Хидрографија .....	24
<b>3. КВАЛИТЕТ ПОВРШИНСКИХ И ПОДЗЕМНИХ ВОДА НА ПОДРУЧЈУ СЛИВА КОЛУБАРЕ</b> .....	<b>27</b>
3.1. Површинске воде .....	27
3.2. Подземне воде .....	30
<b>4. ПРИНЦИПИ ПРОЦЕНЕ ЗАГАЂЕЊА ВОДЕ ИЗ ДИФУЗНИХ ИЗВОРА</b> .....	<b>32</b>
4.1. Локална скала.....	32
4.2. Скала слива .....	32
4.3. Делинеација под-сливова .....	33
<b>5. КВАНТИФИКАЦИЈА ДИФУЗНИХ ИЗВОРА</b> .....	<b>35</b>
5.1. Квантификација атмосферске депозиције у површинским водама у континенталном делу .....	35
5.2. Квантификовање природног основног загађења .....	36
5.3. Квантификација загађења са пољопривредног земљишта .....	37
5.3.1. Увод .....	37
5.3.2. Коефицијенти процуривања .....	37
5.3.3. Процена квалитета воде у мањим сливовима .....	41
5.3.4. Израчунавање губитака нутријената из пољопривредног земљишта .....	45
5.3.5. Приручник за интерполацију земљишта .....	46
5.3.6. Приручник за генератор улазних података за Fyris NP – концентрације испирања .....	48
5.4. Квантификација губитка нутријената из земљишта које се не користи у пољопривредне сврхе.....	57
5.5. Квантификација оптерећења из сеоских и градских домаћинстава .....	58
5.6. Квантификација транспорта полутаната површинским отицајем од олујних киша .....	60
<b>6. МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПРОЦЕНУ ОПТЕРЕЂЕЊА РЕКА</b> .....	<b>62</b>
6.1. Стратегије узорковања .....	62
6.2. Избор локације .....	62
6.3. Мерење протока .....	63
6.4. Учесталост узорковања .....	63
6.5. Процена годишњег оптерећења .....	63
6.6. Подаци о нормализацији оптерећења у протоку .....	65
<b>7. РАСПОДЕЛА ИЗВОРА ЗАГАЂЕЊА И МЕРЕ УБЛАЖАВАЊА</b> .....	<b>66</b>
7.1. Расподела извора загађења.....	66
7.2. Утицај мера ублажавања.....	67

<b>8. АЛАТИ ЗА МОДЕЛИРАЊЕ</b> .....	<b>68</b>
8.1. Полазне информације .....	68
8.2. Класификација модела слива.....	69
8.3. Концептуални или физички засновани модели .....	69
8.4. Модели хидролошког оптерећења и оптерећења нутријентима .....	70
8.5. Хидролошки модели - примери .....	70
8.6. Модели оптерећења нутријентима .....	71
8.7. Приоритетне материје - WFD.....	73
8.7.1. Хемијски fate модели.....	74
8.7.2. QSAR модели.....	75
8.8. Однос између мониторинга и моделирања .....	76
8.9. Избор модела за процену дифузног загађења вода у Србији .....	76
<b>9. УЛАЗНИ ПОДАЦИ СА СЛИВА КОЛУБАРЕ КОРИШЋЕНИ ЗА FYRISNP МОДЕЛ</b> .....	<b>77</b>
9.1. Основна структура података за FyrisNP модел за слив реке Колубаре.....	78
9.1.1. Делинеација подсливова .....	78
9.1.2. Коришћење земљишта.....	81
9.1.3. ЕМЕП/МСС-В модел за депозицију азота .....	81
9.1.4. Процеђена концентрација азота и фосфора у отицају са ораница и пашњака .....	83
9.1.5. Језера.....	85
9.1.6. Мали тачкасти загађивачи – Разуђена домаћинства на руралном подручју .....	86
9.1.7. Мањи тачкасти загађивачи – одлагалиште стајњака .....	87
9.1.8. Велики тачкасти загађивачи – урбани и индустријски канализациони системи .....	89
9.2. Моделирање оптерећења коришћењем FyrisNP – слив Колубаре.....	90
9.2.1. Учитавање улазних података .....	90
9.2.2 Резултати – Процена оптерећења и расподела извора загађења .....	97
9.2.3 Резултати – Излазни дијаграми процене оптерећења и расподеле извора загађења .....	101
<b>10. ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕПОРУКЕ</b> .....	<b>110</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	<b>112</b>



## 1. ОСНОВЕ О ДИФУЗНОМ ЗАГАЂЕЊУ

### 1.1. КАРАКТЕРИСТИКЕ ДИФУЗНОГ ЗАГАЂЕЊА

У литератури која проучава квалитет и заштиту површинских и подземних вода, главни извори загађења, према просторном пореклу настанка и испуштања, класификују се у две основне категорије:

- (1) тачкасте изворе и
- (2) нетачкасте (дифузне) изворе загађења.

Досадашња истраживања у области контроле загађења, углавном, су била усмерена на тачкасте изворе загађења, чија је локација позната и лако уочљива, а њихово загађење се квантификује рутинским лабораторијским поступцима. Примери ових типова загађења су ефлуенти из јавних канализационих система и индустрије, и из уређаја за пречишћавање комуналних и индустријских отпадних вода, као и други извори који директно испуштају загађене отпадне воде у водопријемнике путем канализационих колектора, чинећи мноштво тачкастих испуста. Са друге стране, дифузно загађење настаје из дифузних (нетачкастих, расутих) извора који не потичу из једне тачке, већ су просторно широко распрострањени. (Слика 1.).



Слика 1. Просторна дистрибуција нетачкастих/дифузних извора загађења

Дифузно загађење је широко распрострањен проблем, који утиче на квалитет површинских и подземних вода и према својој појави просторног је карактера, и у великој мери није обухваћено мерама за редукцију. Карактерише га појављивање у краћим временским периодима од тачкастог загађења. Дифузно загађење настаје када киша и отопљени снег отичу преко земљишта и носе загађење даље и одлажу га у најближе површинске воде тј. језера, реке, канале и/или га испирају у подземне воде. Дифузно загађење, може потицати из седимената исталожених у језерима, водотоцима, мочварама, и из атмосферских депозиција. Јавља се, такође, у

отицају са урбаних површина (улица, паркинг простора, кровова, травњака, кућних вртова и башти и сл.), у отицају и процедурним водама са градилишта и депонија, у отицају и процедурним водама са пољопривредних површина, сеоских дворишта, сточних фарми, са локалитета рудника, и са површина где се врши расад и одвија сеча шума итд.

Укратко речено, дифузно загађење потиче од различитих извора, од којих је већина директно везана за одређени вид коришћења земљишта и у односу на тачкасте изворе могу се издвојити следеће њихове карактеристике:

A) Тачкасто загађење

- a. Мерљиво квалитативно и квантитативно, углавном везано за људске активности.
- b. Већина озбиљних утицаја на квалитет вода типично се дешава током летњих периода када је проток у водотоку низак.
- c. Испусти загађених вода су на познатим местима, испуст је путем цевовода или канала.
- d. Може се квантификовати са стандардним инжењерско-хидрауличким техникама и широко доступном опремом.
- e. Основни значајни параметри квалитета вода су биохемијска потрошња кисеоника (БПК), нутријенти, суспендоване чврсте материје, а код индустрије и тешки метали и остале хазардне органске и неорганске супстанце.
- f. Програме контроле примјењују државни органи и локална самоуправа.

Б) Дифузно загађење

- a. Веома динамично, дешава се у случајним интервалима, уско везано за хидролошки циклус.
- b. Варијабилност вредности се може кретати изнад више редова величина, једног реда величине унутар неког подручја.
- c. Већина озбиљних утицаја на квалитет вода дешава се током или после атмосферских падавина.
- d. Испуст загађених вода се обично не може идентификовати, јер настаје на ширем простору.
- e. Тешко је квантификовати загађење стандардним инжењерско-хидрауличким методама.
- f. Основни параметри квалитета вода су суспендоване чврсте материје, нутријенти, тешки метали и хазардне органске и неорганске супстанце.

---

## **1.2. ДИФУЗНО ЗАГАЂЕЊЕ НУТРИЈЕНТИМА ИЗ ПОЉОПРИВРЕДЕ**

---

Дифузна загађења могу бити различита, као и извори њиховог настанка и могу се сврстати у шест главних категорија:

- Нутријенти
- Суспендоване материје
- Киселине и соли

- Тешки метали
- Опасне и штетне материје и
- Патогени микроорганизми.

Осим отицаја са урбаних површина (улица, паркинг простора, кровова, травњака, вртова и сл.) који садржи нутријенте, тешке метале, соли, суспендоване (минералне) материје, отровне хемикалије и микробиолошке организме, значајан извор дифузног загађења је и пољопривредна производња. Отицај и процедурна вода, са пољопривредних површина, али и депонија отпада, простора где се врши експлоатација минералних сировина и површина под шумама, оптерећена је нутријентима, седиментима, пестицидима, хербицидима, микробиолошким агенсима и тешким металима.

Пољопривредне активности које поспешују дифузно загађење су обрада земљишта, сетва пољопривредних усева, ђубрење, прскање пестицидима, наводњавање и одводњавање пољопривредног земљишта. Узгој и испаша стоке, такође, проузрокује настанак дифузног загађења, и то збијањем земљишта и редукцијом пропусних површина тла од стране стоке, претераном испашом и губљењем заштитног вегетацијског покривача, великом продукцијом природног ђубрива и његовом неадекватном контролом и коришћењем на самом терену, и директним приступом стоке површинским водним токовима.

Нутријенти, који доспевају на пољопривредно земљиште у неколико различитих облика, пореклом су из више извора, и то:

- вештачка ђубрива у сувом или течном облику, која садрже биогене елементе азот (N), фосфор (P), калијум (K), секундарне елементе и микроелементе;
- ђубрива животињског порекла (природна), која садрже N, P, K, секундарне елементе, микроелементе, соли, неке метале и органске материје;
- жетвене остатке, који садрже N, P, K секундарне елементе и микроелементе;
- воду за наводњавање и воду која се одводи са земљишта; и
- нутријенте из атмосферских депозиција.

Азот и фосфор су два главна биогена елемента, који утичу на погоршање квалитета вода. Значајни су као храњиве материје за пољопривредне културе, али и као загађење које долази са пољопривредних површина.

Азот је основни састојак протеина и других значајних макромолекула у биљкама и животињама. Неопходан је за фотосинтезу биљака и раст усева. Азот у земљишту и води поспешује раст биљака и један је од значајнијих лимитирајућих фактора за производњу пољопривредних усева. Биљке могу да узму велике количине нитрата, а да им то не штоди. Да би се повећао принос усева, пољопривредници додају азот и друге нутријенте у облику вештачког или природног (органо/стајског) ђубрива. Зависно од врсте, усеви при свом расту узимају до 5 kg азота по хектару дневно, односно 20–70 % од аплицираног азота (из ђубрива) на земљишту. Остатак нитратног азота остаје у земљишту након обављања жетве.

Осим апсорпције од стране усева и корова, азот из ђубрива може се изгубити из земљишта и површинским отицањем, асимилацијом од стране земљишних микроорганизама и каснијим претварањем у хумус, испирањем и

процеђивањем из тла у облику нитрата, и денитрификацијом и губитком у атмосферу. Азот у земљишту не потиче само од ђубрива, већ и од разлагања земљишне органске материје. Стога је и тешко рећи која количина азота у површинским и подземним водама потиче од вештачких ђубрива, а која од земљишне органске материје и бројних других извора.

Одношење азота из аплицираног ђубрива површинским отицањем нарочито је изражено на нагнутим теренима. Оно је веће уколико је ђубриво остављено на површини, него ако је пољопривредним оруђем унесено у земљиште. Из површинског слоја земљишта, у који се уноси ђубриво, азот се водом испира у дубље слојеве, гдје се може задржати или одатле процедити у подземне и површинске воде. Интензитет испирања азота зависи од више фактора, као што су врста и нагиб земљишта, клима, врста и количина ђубрива, време и начин примене, врста и фаза усева, висина биљног покривача и слично. Врло је тешко одредити који део азота унесеног ђубривом одлази на неки од поменутих начина. Ови процеси одвијају се уобичајено у земљишту, али су много већи на пољопривредним земљиштима, где се примењују природна или вештачка ђубрива.

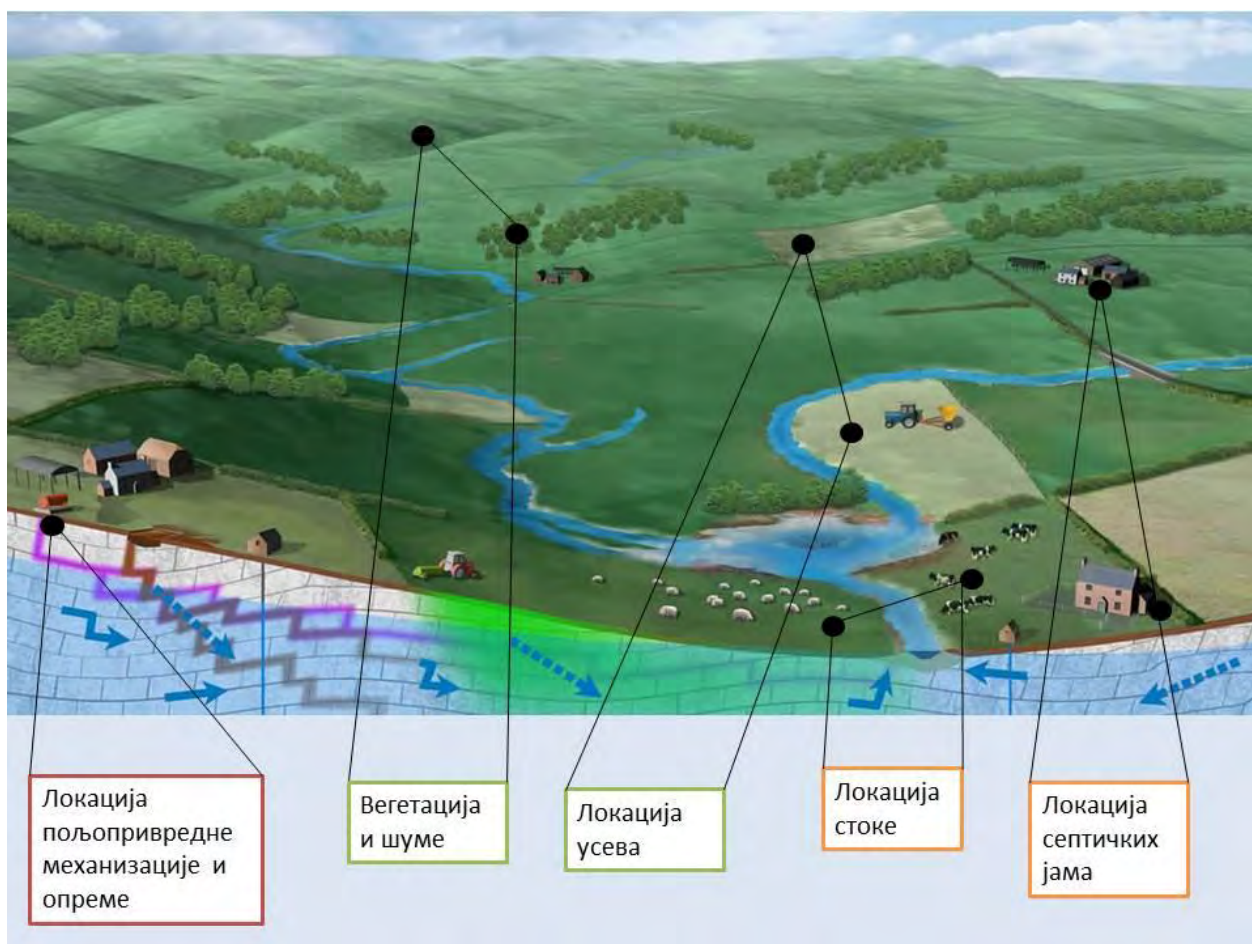
Фосфор је елемент који се природно јавља у земљишту. Може бити присутан у многобројним различитим облицима, од којих већина није доступна биљкама. Фосфор је биогени елемент, који има врло значајну улогу и велики значај у пољопривредној производњи и природним екосистемима. Неопходан је за развој биљног и животињског света, који га узимају у одређеним граничним вредностима. Фосфор у земљиште долази применом вештачких и природних ђубрива. За разлику од азотних једињења, релативно је нерастворљив и обично је у суспендованом облику. Из ђубрива се фосфор много мање испира и долази у воду него азот. Жетвом усева се односи из земљишта, осим на нагибима где се водом (ерозијом) спира заједно са честицама земљишта или без њих, у облику гранула вештачког ђубрива. Сматра се да од аплицираних фосфорних ђубрива око 20 % узму усеви у првој години раста, и то на земљишту сиромашном фосфором, само ако се ђубриво полаже близу биљке.

### **1.3. ПРОБЛЕМ КВАНТИФИКАЦИЈЕ ДИФУЗНОГ ЗАГАЂЕЊА**

---

Дифузно загађење је по својој природи сложено, а управљање њиме је уско повезано са корисницима земљишта, пре свега на руралном подручју. Сама ова чињеница указује да улогу у његовом смањењу мора да преузме локална самоуправа, државни органи и организације, научно-истраживачки институти и појединци. Извори дифузног загађења на руралном подручју су просторно најраспрострањенији, а информације о њима су најмање доступне. ([Слика 2.](#))





Слика 2. Извори дифузног загађења на руралном подручју

Осим саме квантификације локација као извора дифузног загађења вода, посебан проблем је утврђивање *масеног протока* количине загађења које прође у одређеном временском интервалу као последица отицаја са дефинисаног просторно ограниченог подручја. Најбољи начин за утврђивање масеног протока је континуално мерење протока и концентрације загађења у водотоку, јер само производ ових измерених вредности даје тачну величину *терета* загађења. Постоје различита ограничења за овакав приступ, а пре свих финансијска, зато се у савременој пракси приступа моделирању као начину процењивања *масеног протока*.

Развојем природних наука, а пре свега компјутерске технике, под појмом модела се најчешће подразумевају математички изрази којима се симулирају динамички процеси у некој области истраживања, под истим или различитим почетним претпоставкама, односно различитим сценаријима. Развој и примена математичких модела, нарочито у области животне средине, укључује и коришћење географског информационог система (ГИС), као свог интегралног дела.

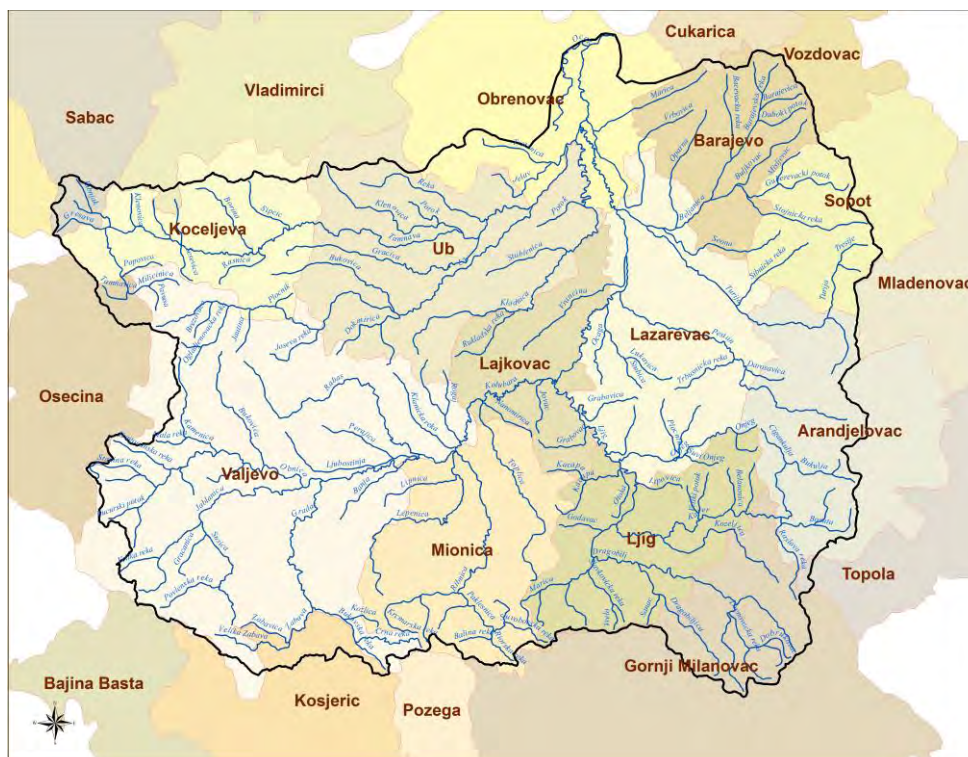
Пример таквог приступа је примена математичког модела за управљање дифузним загађењем, који је у овој публикацији за слив реке Колубаре представљен заједно са резултатима истраживања.

## 2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ СЛИВА РЕКЕ КОЛУБАРЕ

### 2.1. ГЕОПРОСТОРНЕ И ДЕМОГРАФСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Слив Колубаре захвата западни део Србије и на њега отпада 4,12% њене укупне површине. Има облик неправилног четвороугла, а растојање између најзападније ( $19^{\circ} 30'$  источне географске дужине) и најисточније тачке ( $20^{\circ} 35'$  источне географске дужине), тј. у правцу запад-исток, износи 81,2 km. Растојање између најсеверније ( $44^{\circ} 40'$  северне географске ширине) и најјужније тачке ( $44^{\circ} 05'$  северне географске ширине), односно у правцу север-југ, износи 64 km. Највиша тачка у сливу је на 1346 m, а најнижа има надморску висину од 73 m. Висинска разлика између ове две тачке износи 1273 m.

Колубара је последња већа, десна притока Саве у коју се улива на 28. километру од ушћа Саве у Дунав. Настаје од Обнице и Јабланице које се спајају на око 195 m надморске висине. Према дужини тока (86,4 km) и површини слива ( $3.638,47 \text{ km}^2$ ), Колубара се сврстава у реке средње величине на територији Србије.



Слика 3. Геопросторни распоред слива Колубаре и припадајућих општина

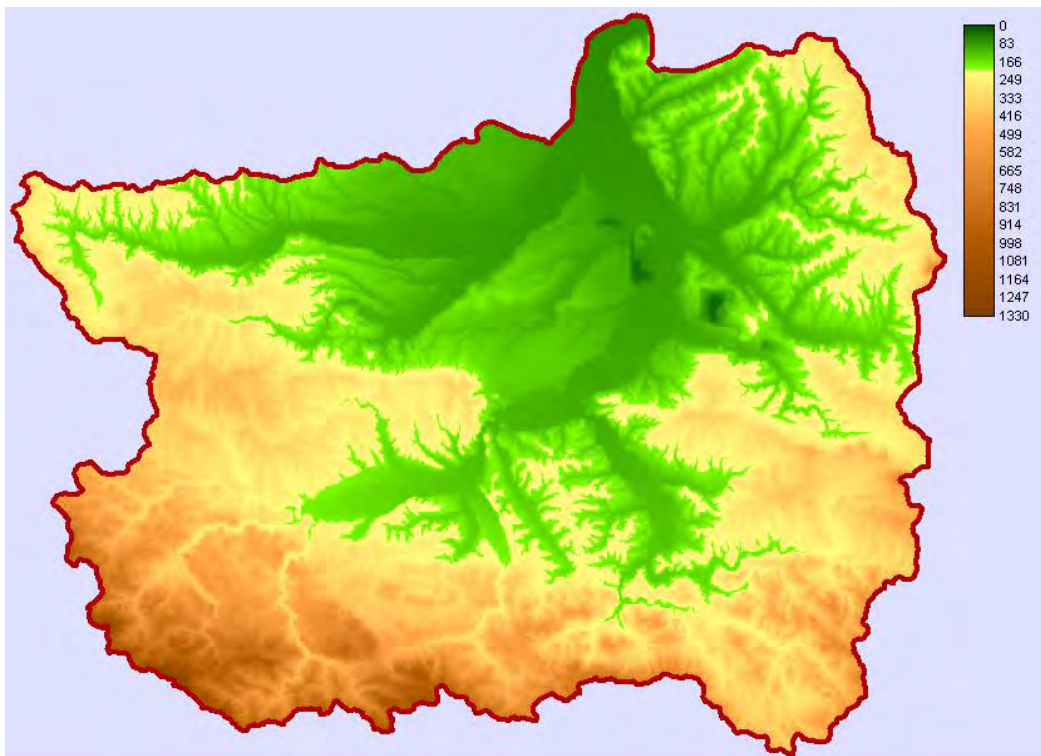
Слив Колубаре обухвата делове или целокупне територије општина Обреновац, Барајево, Сопот, Лазаревац, Коцељева, Уб, Ваљево, Лајковац, Мионица, Љиг, Аранђеловац, Горњи Милановац и Косјерић. Према регионалној подели, слив се простире на територији Колубарског, Мачванског, Моравичког, Шумадијског, Златиборског округа, а обухвата и део територије Града Београда. (Слика 3.)



Већи део слива је густо насељен, а укупан број становника у њему је око 325000. Највећи број становника је сконцентрисан у Ваљеву, Лазаревцу и Обреновцу. Велики утицај на кретање становништва у сливу Колубаре, било да је реч о механичкој или биолошкој компоненти кретања, имали су процеси урбанизације и индустријализације који су започети након Другог светског рата, и који су довели до процеса деаграризације. На промену броја становника битно су утицали и географски положај слива, као и социоекономски положај становника.

Рељеф слива Колубаре одликује се полигенетским и полифазним карактером. Настао је под утицајем вишефазних тектонских покрета, вишеструких трансгресија и регресија током неогена, као и смењивањем ерозивних и акумулативних процеса. Средња надморска висина рељефа у сливу Колубаре износи 276.4 m. Слив се састоји из два јасно издвојена басена: Горњеколубарског на југу и Доњеколубарског на северу који су раздвојени Придворичким сужењем.

У оквиру Горњеколубарског басена издвајају се три котлине: Ваљевска, Топличка и Љишка. Ваљевска Колубара захвата западни део Горње Колубаре и према њеном средишту тј. Ваљевској котлини управљене су Обница, Јабланица, Градац и Рибница. Источни део Горње Колубаре чини долински систем Љига, тј. према Љишкој котлини су управљени Драгобиљ, Бољковачка река, Палезничка река и Оњег. Средишни део Горњеколубарског басена чини долински систем Топлице. Према Доњеколубарском басену са леве стране управљени су токови Тамнаве са притоком Уб, а са десне Пештан и Турија.



Слика 4. Хипсометријска карта слива Колубаре

У односу на укупну површину слива од 3638.5 km<sup>2</sup> на висинску зону до 300 m.n.m. отпада удео од око 68% површине. (Табела 1.)

Табела 1. Распоред и површине висинских зона у сливу Колубаре

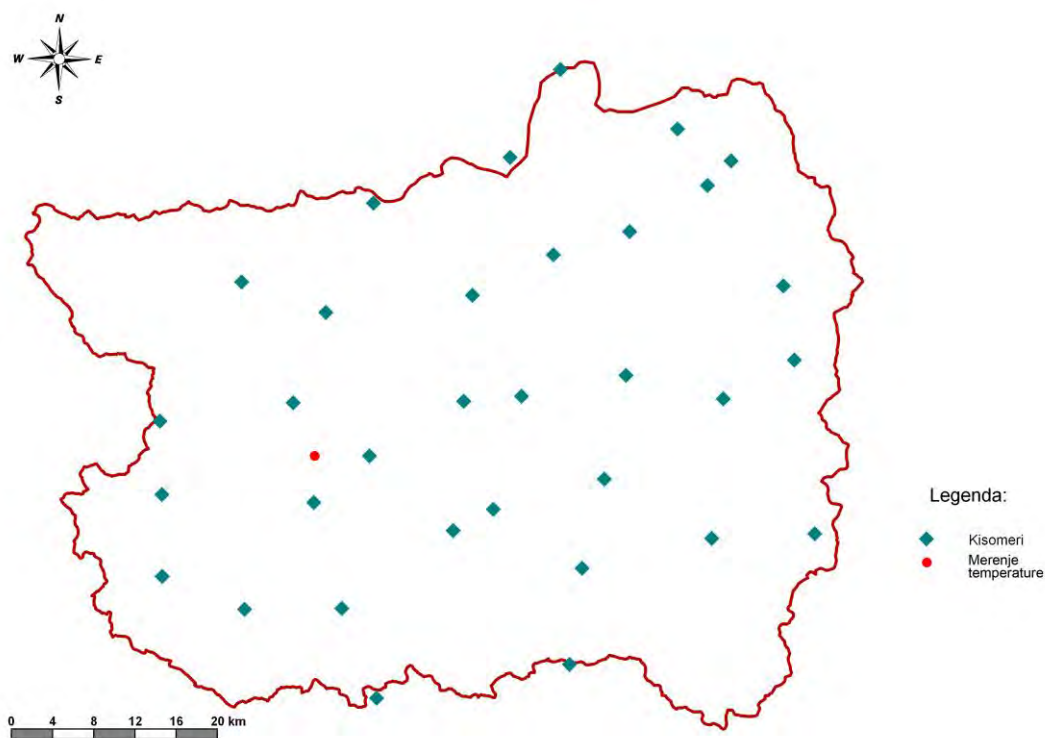
Висинска зона [m]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
0-100	260.06	7.15
100-200	1261.32	34.67
200-300	938.22	25.79
300-400	534.61	14.69
400-500	263.95	7.25
500-600	134.23	3.69
600-700	82.21	2.26
700-800	70.45	1.94
800-900	46.28	1.27
900-1000	29.73	0.82
1000-1100	11.72	0.32
1100-1200	3.53	0.10
1200-1300	2.06	0.06
1300-1400	0.08	0.002
<b>Укупно</b>	<b>3638.47</b>	<b>100.00</b>

Реке слива Колубаре протичу кроз различите делове терена. Та разноликост се огледа у геолошком саставу и старости појединих делова у самом сливу, као и у геотектонској различитости терена кроз које река Колубара протиче. Слив је изграђен од најразноврснијих метаморфних, магматских и седиментних стена које су палеозојске, мезозојске или квартарне старости.

## 2.2. Клима

Клима целе Србије може се генерално описати као умерено континентална (са мање или више израженим локалним карактеристикама) за коју је карактеристично постојање двоструког максимума падавина, са честим и обилним кишима у летњој половини године и релативно сувим зимама. Локалне карактеристике слива Колубаре у погледу падавина могу се видети кроз анализу података падавина са кишомерних станица са тог подручја која показује да се максимум падавина јавља у јуну месецу (само на две станице максимум је у мају). Слив Колубаре има тзв. континентални pluviometriјски режим који се одликује једним максимумом падавина почетком лета и једним минимумом падавина у зимским месецима. Средња количина падавина у сливу Колубаре за период 1925-2000. година износи 814.7 mm.

Подаци за кишомерне станице приказани су у ГИС-у тачкастим елементом.



Слика 5. Распоред станица за мерење падавина и температуре у сливу Колубаре



Слика 6. Карта изохијета слива Колубаре за период 1925.-2000.

Табела 2. Површине са различитом количином падавина у сливу Колубаре

Количина падавина [mm]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
500-600	2.41	0.07
600-700	195.18	5.36
700-800	1410.05	38.75
800-900	1546.29	42.50
900-1000	464.19	12.76
1000-1100	20.34	0.56
<b>Укупно</b>	<b>3638.47</b>	<b>100.00</b>

Локалне карактеристике климе слива Колубаре могу се посматрати кроз метеоролошке параметре са станице Ваљево која са надморском висином од 176 m спада у ниже пределе овог подручја. У (Табела 3.) и на (Слика 7.) приказане су просечне месечне и годишње суме падавина у Ваљеву и види се да су падавине највеће у јуну а најмање у фебруару месецу. На слици је упоредо приказан и просек падавина у последњем десетогодишњем периоду који је очигледно био кишовитији и то нарочито у пролеће и јесен.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Републички хидрометеоролошки завод (www.hidmet.gov.rs)

Табела 3. Просечне суме падавина за период 1946.-2010. у Ваљевоу

Метеоролошка станица Ваљево	Месец												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Просечна сума падавина у mm	47.0	43.8	52.7	54.8	66.3	106.4	75.1	69.7	70.7	66.3	58.8	61.3	781



Слика 7. Просечне месечне суме падавина у Ваљевоу за периоде 1946-2010. и 2001-2010.

У (Табела 4.) и на (Слика 8.) приказане су просечне месечне и годишње температуре ваздуха у Ваљевоу и види се да је најтоплије у јулу, а најхладније у јануару месецу. На слици је упоредо приказан и просек температура у последњем десетогодишњем периоду који је очигледно био топлији и то нарочито током лета.

Табела 4. Просечне температуре ваздуха за период 1946 -2010. у Ваљевоу

Метеоролошка станица Ваљево	Месец												Год.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Просечна температура у °C	0.8	2.5	6.4	11.3	16.4	19.5	21.2	20.8	15.8	11.3	6.3	1.8	11.2



Слика 8. Просечне месечне температуре у Ваљеву за периоде 1946-2010. и 2001.-2010.

И на овом подручју као и на територији целе Србије имамо струјања ваздуха разних смерова али се ипак разликују два изразита периода зимски када су доминантна источна и југозападна и летњи период када доминирају југозападна струјања. Ипак по честини јављања на метеоролошкој станици Ваљево најчешћи су ветрови из смерова запад-југозапад преко западних до запад-северозапад, а затим са изразито мањом честином из правца североисток преко истока до исток-југоисток. Брзине ветра углавном су испод 20 m/s.



## 2.3. ЗЕМЉИШТЕ

### 2.3.1. ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ПЕДОЛОШКИ САСТАВ СЛИВА КОЛУБАРЕ

Слив реке Колубаре заузима простор са великом разноликошћу у геолошком саставу и старости појединих делова терена у самом сливу, као и у геотектонској различитости целина. Слив је изграђен од најразноврснијих метаморфних, магматских и седиментних стена које су палеозојске, мезозојске или квартарне старости. Највећа је заступљеност неогених седимената са укупним уделом од 35.75%, затим квартарних седимената са 23.09% и комплекса флишних и везаних кластичних стена са 11.72% ([Табела 5.](#)).

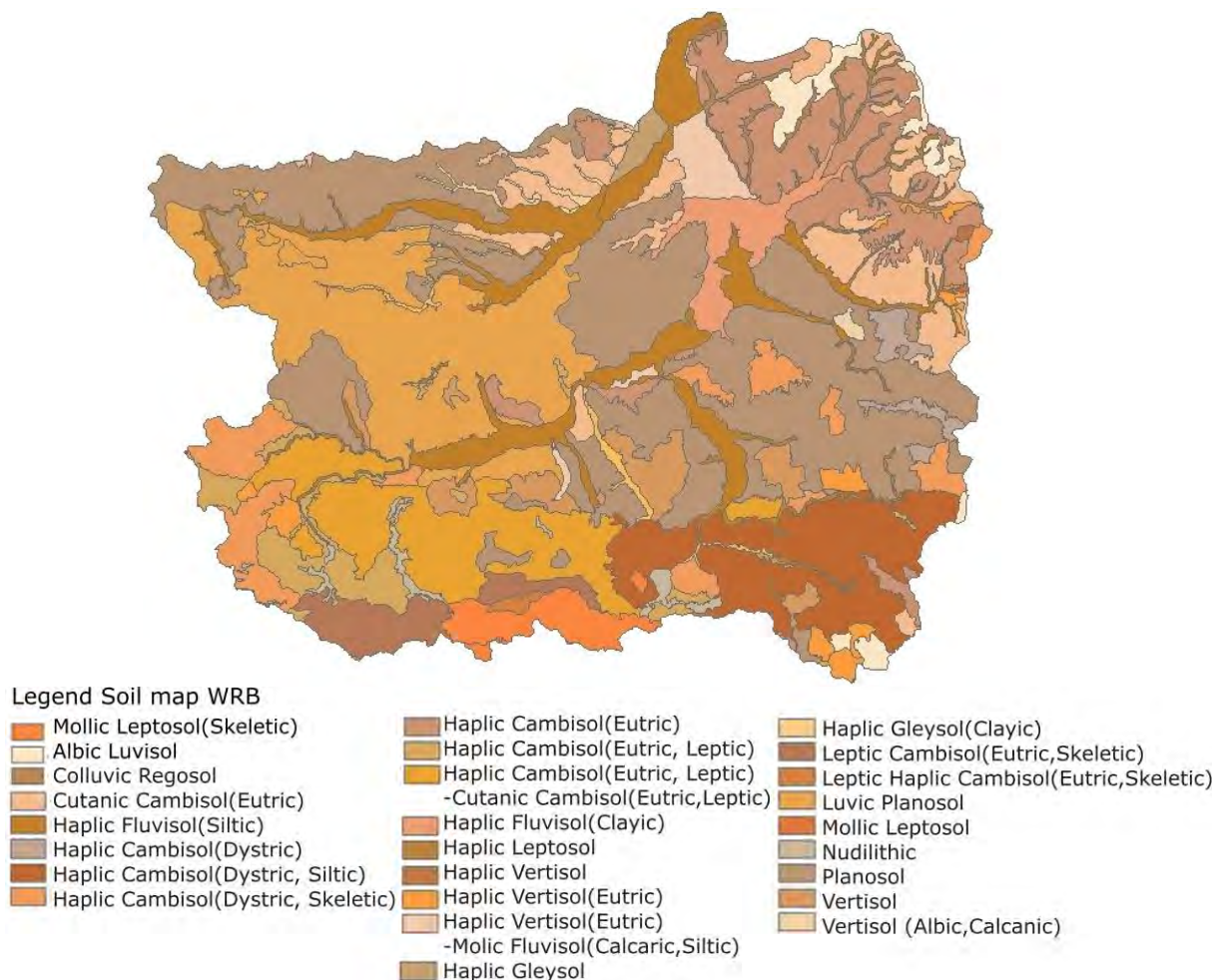
Табела 5. Заступљеност обједињених литолошких комплекса у сливу Колубаре

Назив литолошког комплекса	Површина (km <sup>2</sup> )	Удео у укупној површини слива (%)
Квартарни седименти	840.10	23.09
Неогени седименти	1300.16	35.75
Комплекс флишних и везаних кластичних стена	426.49	11.72
Комплекс карбонатних стена	343.57	9.44
Комплекс магматских стена	135.65	3.73
Дијабаз-рожна формација	102.93	2.83
Комплекс ултрамафита и серпентинита	58.05	1.60
Комплекс метаморфних и шкриљавих стена	431.05	11.85
<b>Укупно</b>	<b>3638.47</b>	<b>100.0</b>

На простору који да нас захвата слив реке Колубаре могуће је издвојити различите генетске типове земљишта, а њихов распоред условљен је деловањем основних педогенетских чиниоца у које су убрајају: геолошка основа, рељеф, клима и вегетација. Комбинације међусобног деловања поменутих чинилаца довеле су до формирања различитих типова земљишта који су представљени површинским (полигоналним) елементом ([Слика 9.](#)). Псеудоглејна земљишта (параподзол) захватају највећу површину у сливу Колубаре (око 25%) и заступљена су на равним или благо заталасаним теренима (најчешће на старим речним алувијалним терасама) (Драгићевић,

2007). Најзаступљенија су на надморским висинама 150-350 m. Ово су изразито кисела земљишта, сиромашна глином, хумусом и хранљивим материјама. Имају неповољне хемијске и водно-ваздушне особине и теже се пропусне за воду. У сливу реке Колубаре веома је заступљена и група смеђих земљишта (дистрични камбисол) која су образована на различитим геолошким подлогама. У оквиру групе смеђих земљишта издвојене су три подгрупе: смеђа земљишта на шкриљцима, на магматским и седиментним стенама.

Велики делови речних долина у сливу Колубаре покривени су ливадским земљиштем (semiglej). Формирана су у средишним деловима алувијалне равни, претварањем алувијалних наноса са високим нивоом подземне воде, а захваљујући великој влажности одликују се развијеном травном и шумском вегетацијом. По садржају хранљивих материја спадају у групу веома богатих земљишта. Због велике близине воде, тешког механичког састава, сувишне влажности у зимском периоду и недовољне биолошке активности бонитет ливадских земљишта је на врло ниском нивоу.

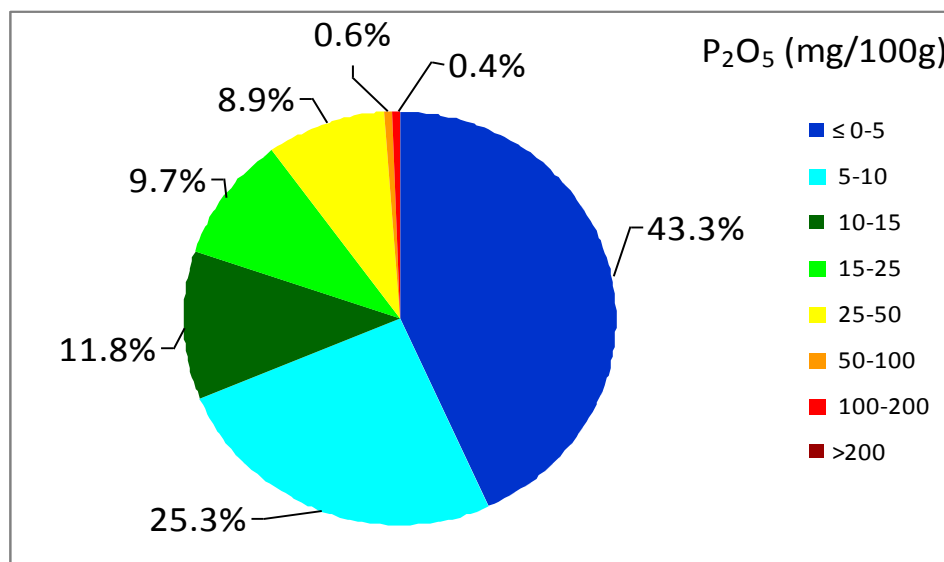


Слика 9. Педолошка карта слива Колубаре

Педолошка карта слива Колубаре дата је према WRB класификацији због непотпуне усклађености националне класификације и картографских назива из различитих периода израде основне педолошке карте Србије.

### 2.3.2. КВАЛИТЕТ ЗЕМЉИШТА

Квалитет земљишта слива Колубаре је добијен из података систематске контроле плодности 5783 узорака са дубине 0-30cm. Анализа садржаја лакоприступачног фосфора ( $P_2O_5$  – mg/100g) показује да 43.3% узорака са слива Колубаре има врло низак садржај фосфора, 25.3% има низак садржај, оптималан садржај има укупно 9.7% узорака, док 1% узорака има штетан и токсичан садржај фосфора у земљишту (Слика 10.) (Систематска контрола плодности обрадивог пољопривредног земљишта, 2011.).



Слика 10. Садржај лакоприступачног облика фосфора у земљиштима слива Колубаре ( $P_2O_5$  – mg/100g)

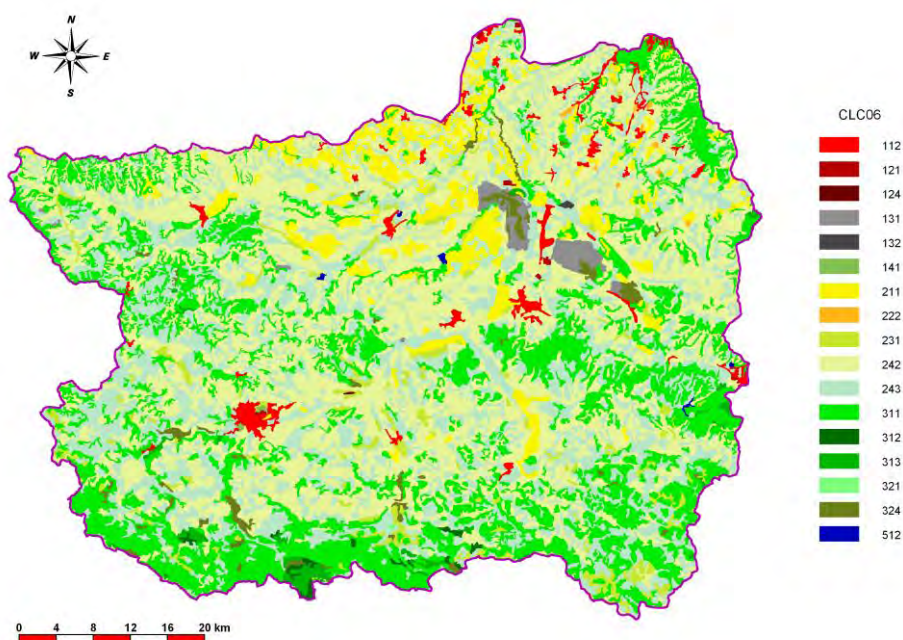
### 2.3.3. НАЧИН КОРИШЋЕЊА ЗЕМЉИШТА

Начин коришћења земљишта приказан је на основу базе CORINE land cover 2006. Corine Land Cover представља базу података Европске агенције за животну средину (ЕЕА) и њених земаља чланица у оквиру Европске мреже за информисање и осматрање (EIONET). Фото-интерпретацијом сателитских снимка добијени су национални регистри земљишног покривача, који представљају део основне мапе земљишног покривача Европе. CLC метаподаци као додаток CLC базама података пружају основне информације о садржају приказаних површина у сливу Колубаре. Метаподаци су израђени према стандардној структури коју је прописао CLC ТТ (Несторов И., Протић Д., 2009), а CLC скупови података представљају вредан извор информација за мониторинг животне средине, просторно планирање, водопривреду, итд.

Анализа базе података о земљишном покривачу показује да од укупно 29 CLC класа које карактеришу земљишни покривач у Србији, у сливу Колубаре је заступљено 17 CLC класа. Доминирају пољопривредне површине са 71.39% (класа 211 оранице које се не наводњавају, 222 воћњаци, 231 пашњаци, 242 комплекси парцела које се обрађују, 243 претежно пољопривредна земљишта са значајном површином под природном вегетацијом), затим шуме и полуприродна подручја са 25.81% (класа 311 широколисне шуме, 312 четинарске шуме, 313 мешовите шуме, 321 природни травнати предели, 324 прелазно подручје шумски предео/жбуње),

вештачке површине са 2.73% (класа 112 дисконтинуирано урбано подручје, 121 индустријске или комерцијалне јединице, 123 аеродроми, 131 рудници, 132 одлагалишта отпада, 141 зелена урбана подручја), водени басени заузимају 0.07% површине слива (класа 512 водени басени). (Слика 11., Табела 6.).

Површине добијене на основу статистичких података показују да на простору слива Колубаре у односу на укупну пољопривредну површину преовлађују жита са 35.64%, затим крмно биље са 16.59%, повртно биље са 7.03%, док индустријско биље заузима површину од 0.79% слива. Ливаде и пашњаци заузимају 26.52% површине, воћњаци 9.6% и виногради 0.15%. Остале површине заузимају 3.68%.



Слика 11. Намена коришћења површина у сливу Колубаре

Табела 6. Заступљеност CLC класа у сливу Колубаре

CLC 2006	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
ВЕШТАЧКЕ ПОВРШИНЕ (112,121,124,131,132,141)	99.42	2.73
ПОЉОПРИВРЕДНЕ ПОВРШИНЕ (211,222,231,242,243)	2597.33	71.39
ШУМЕ И ПОЛУПРИРОДНА ПОДРУЧЈА (311,312,313,321,324)	939.32	25.81
ВОДЕНИ БАСЕНИ (512)	2.40	0.07
<b>Укупно</b>	<b>3638.47</b>	<b>100.00</b>

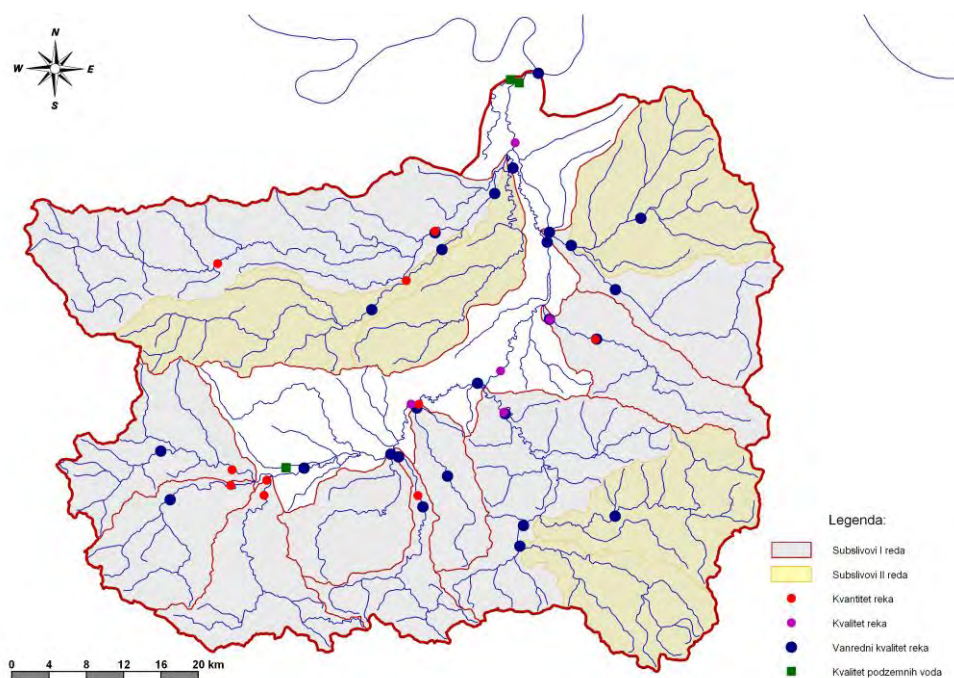


## 2.4. ХИДРОГРАФИЈА

Хидролошка мерења и осматрања у сливу Колубаре започета су 1923. године постављањем водомерне летве у Обреновцу. Остале водомерне станице постављене су после 1950. године, а две најмлађе - Јунковац и Ћеманов мост раде од 1970. године. У сливу Колубаре, водостај се осматра на 14 водомерних станица. На главном току Колубаре, водостај се осматра на 4 профила. Водомерна станица Ваљево налази се на реци Колубари и удаљена је 80.3 km од њеног ушћа у Саву. Основана је 1951. године, а лимниграф је постављен 1951. године. Водомерна станица Словац, на реци Колубари, налази се 54.7 km удаљена од њеног ушћа. Основана је 1953. године, лимниграф је постављен 1958. од када се мери и лебдећи нанос, а температура воде се мери од 1959. године. Водомерна станица Бели Брод, на реци Колубари, налази се на 39.2 km од ушћа. Основана је 1950. године, а лимниграф је постављен 1976. године. Водомерна станица Дражевац, на реци Колубари, налази се 12 km удаљена од њеног ушћа у Саву. Станица је основана 1950. године, суспендовани нанос се мери од 1958. године, а температура воде од 1969.



Слика 12. У близини града Ваљева, на ушћу река Јабланице и Обнице настаје река Колубара



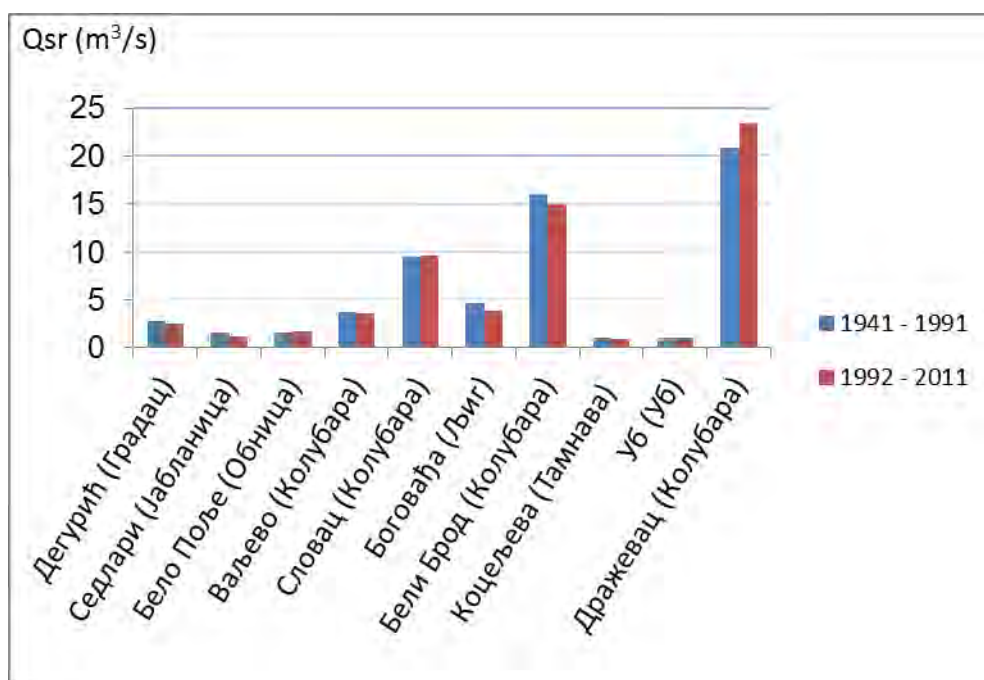
Слика 13. Распоред станица за хидролошка осматрања у сливу Колубаре

Колубара, као и све њене притоке, припада рекама са кишно-снежним водним режимом. Битну одлику водног режима представљају нагла и велика колебања водостаја и протицаја.

Водност као карактеристику одређеног сливног подручја најбоље презентује показатељ средњи протицај. На бази осматрања и мерења на изабраним хидролошким станицама срачунате су средње вишегодишње вредности протицаја ( $Q_{sr}$ ,  $m^3/s$ ) и урађен хистограм за изабране периоде.<sup>1</sup> (Слика 13.)

<sup>1</sup> *Извор:* (1) *Пилот План управљања сливом реке Колубаре*, Swedish Environmental Protection Agency & МИНИСТАРСТВО ПОЉОПРИВРЕДЕ, ШУМАРСТВА И ВОДОПРИВРЕДЕ, Републичка дирекција за воде, 2010; (2) *Хидролошки годишњак - површинске воде*, Републички хидрометеоролошки завод Србије, 1992-2011.





Слика 14. Средњи вишегодишњи протицаји река слива Колубаре

Општи закључак на основу презентованог хистограма је да су средњи вишегодишњи протицаји у периоду 1992-2011 нижи него у периоду 1941-1991. Изузетак су протицаји на водомерној станици Дражевац. Могући узрок за то може бити њен положај, јер се водостаји на том профилу налазе под низводним утицајем реке Саве.

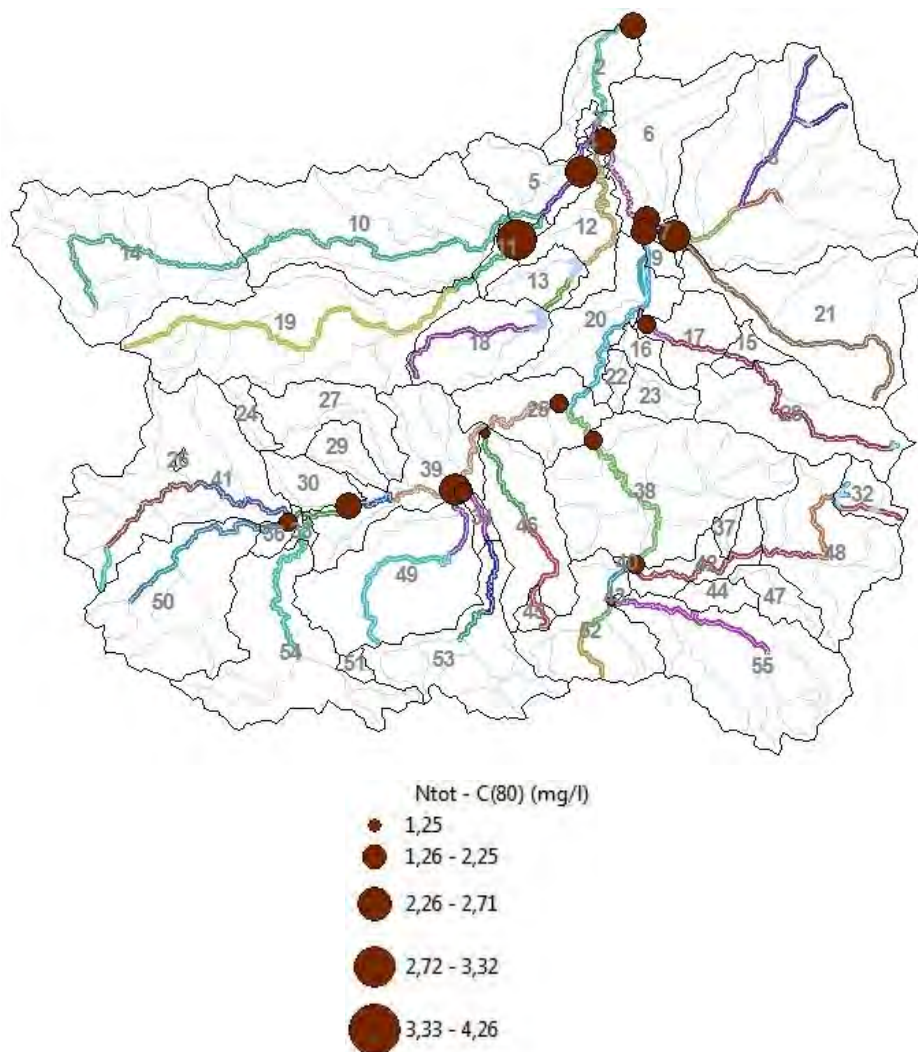


Фотографија 1. Река Колубара, железнички мост на прузи Београд-Бар, профил Бели Брод

## 3. КВАЛИТЕТ ПОВРШИНСКИХ И ПОДЗЕМНИХ ВОДА НА ПОДРУЧЈУ СЛИВА КОЛУБАРЕ

### 3.1. ПОВРШИНСКЕ ВОДЕ

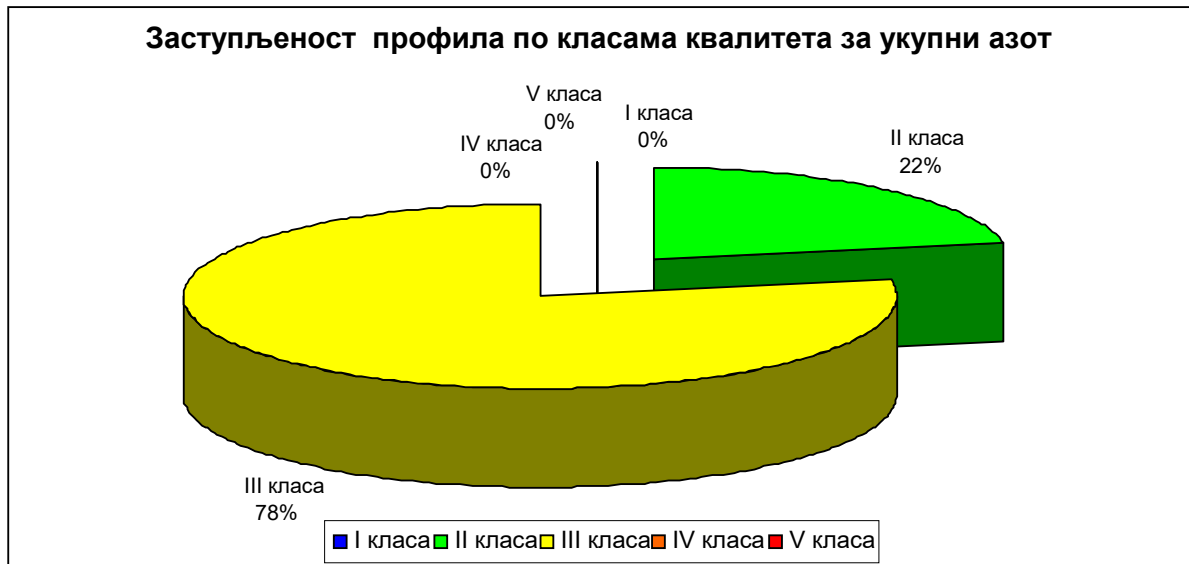
Анализа квалитета површинских вода слива Колубаре, на параметре укупни азот и укупни фосфор, заснива се на резултатима физичко-хемијских анализа вода узоркованих према програму Привременог мониторинга у складу са препорукама Water Framework Directive који је спровео РХМЗ.<sup>1</sup> Извршено је укупно 291 узорковања/анализа у двогодишњем периоду 2009 – 2010. на 18 контролних профила у сливу на ушћима притока I и II ранга.



Слика 15. Станице Привременог мониторинга и концентрације укупног азота Ntot-N

<sup>1</sup> Напомена: У оквиру *Twining* пројекта ЕУ „Подизање капацитета Републичке дирекције за воде“, SR2006/IB/EN/01, реализованог током 2007 и 2008. дате су смернице за хармонизацију постојећих програма за мониторинг подземних и површинских вода са концептуалним елементима релевантних Европских директива, као и домаћом важећом законском регулативом и међународним обавезама.

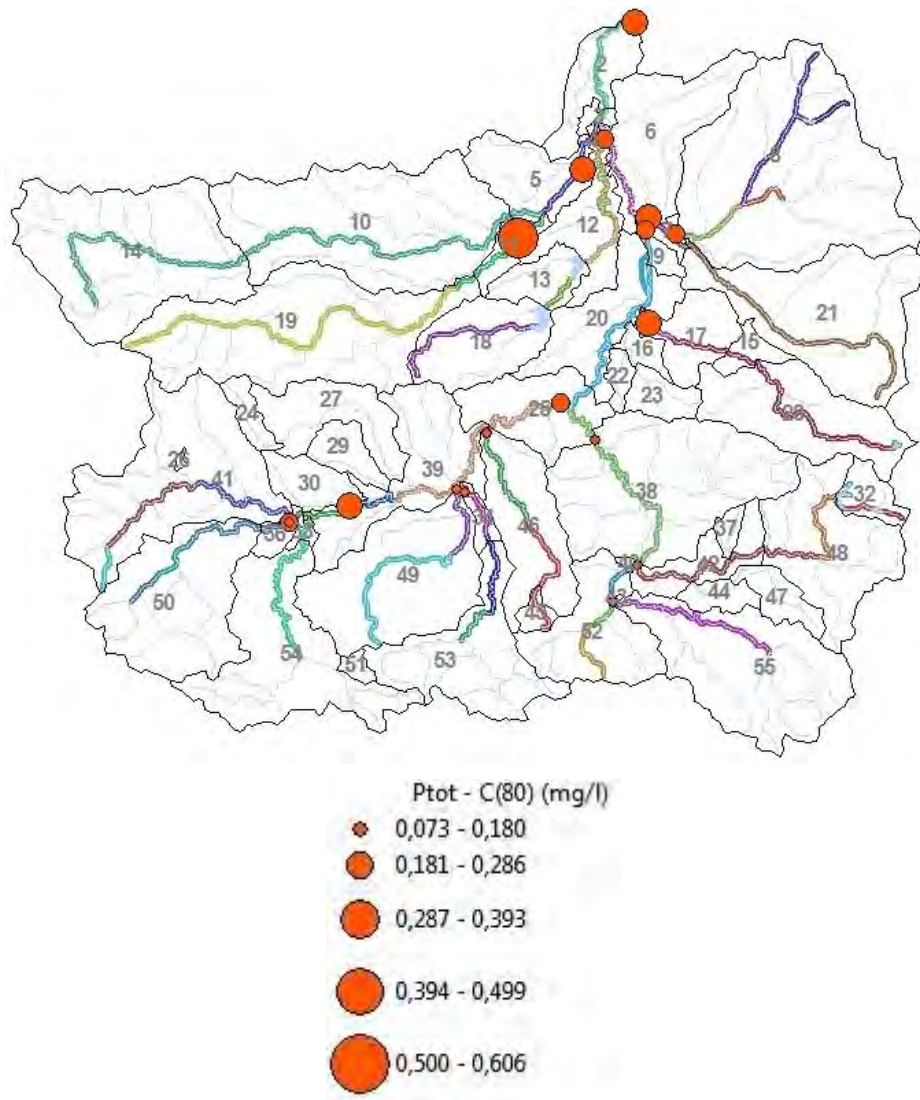
На бази добијених резултата одређене су вредности перцентила (С80) концентрације укупног азота Ntot-N за сваки контролни профил.<sup>1</sup> (Слика 1) На основу добијених резултата констатовано је да су се на 22% контролних профила перцентилне вредности концентрације Ntot-N кретала у границама за II класу квалитета, док се на 78% контролних профила ова вредност кретала у границама за III класу квалитета. (Графикон 1.)



Дијаграм 1. Перцентилне вредности концентрације укупног азота Ntot-N у сливу Колубаре

За потребе одређивања концентрације укупног фосфора Ptot-P на 18 контролних профила у сливу реке Колубаре (на ушћима притока I и II ранга) извршено је укупно 282 узорковања/анализа. (Слика 16.)

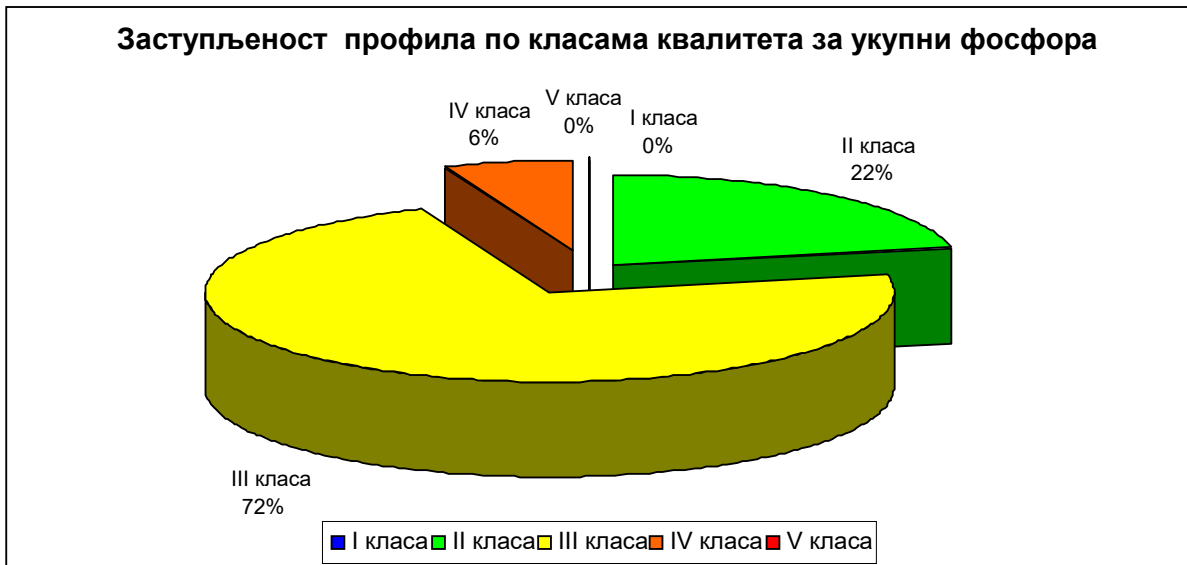
<sup>1</sup> (1) Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање (Сл.гласник РС, бр. 50/2012) и (2) Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода (Сл.гласник РС, бр. 74/2011)



Слика 16. Станице Привременог мониторинга и концентрације укупног фосфора P<sub>tot</sub>-P

На бази добијених резултата одређене су вредности перцентила (C80) концентрације укупног фосфора P<sub>tot</sub>-P за сваки контролни профил.





Дијаграм 2. Перцентилне вредности концентрације укупног фосфора P<sub>tot</sub>-P у сливу Колубаре

Резултати показују да су се на 22% контролних профила перцентилне вредности концентрације P<sub>tot</sub>-P кретала у границама за II класу квалитета, на 72% контролних профила у границама за III класу квалитета, док је на преосталих 6% профила ова вредност одговарала IV класу квалитета. ([Дијаграм 2.](#))

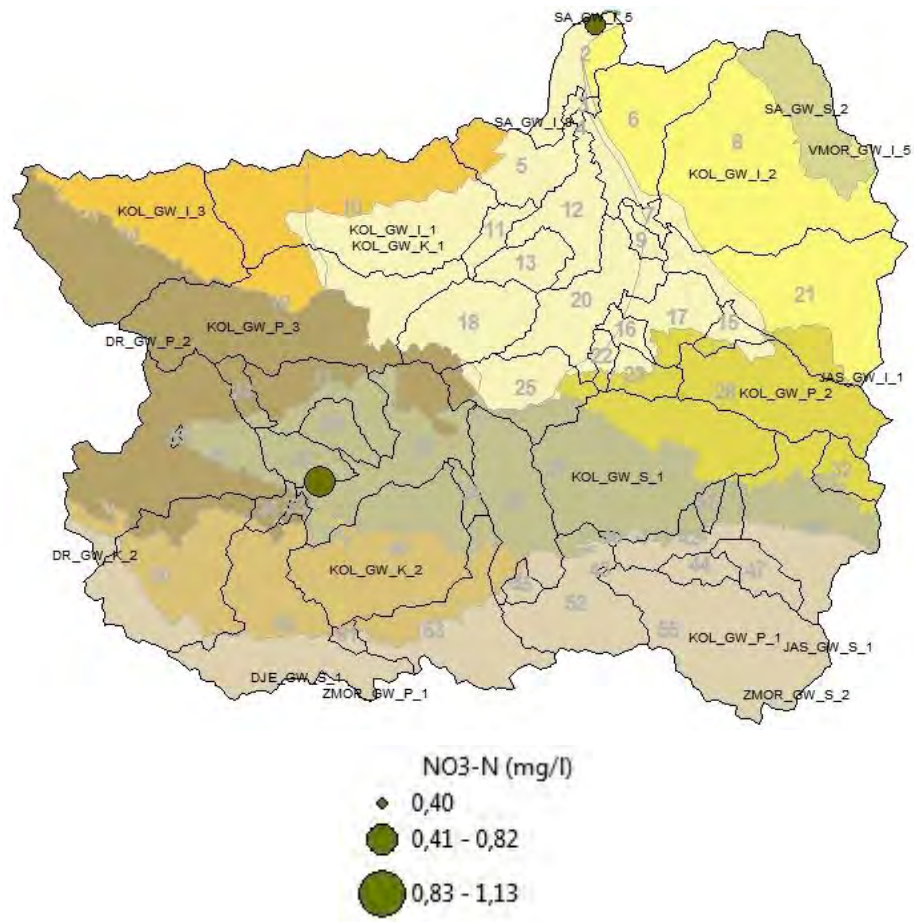
### 3.2. ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ

Квалитет подземних вода у сливу Колубаре урађен је на основу резултата према Програму систематског испитивања Републичког хидрометеоролошког завода Србије.<sup>1</sup> Узорковање се обавља једанпут годишње у три пијезометра у приобаљу река, који се налазе у пољопривредном рејону и зони утицаја водотокова тако да је подземна вода прве издани подложна загађењу са спираних површина, бочних дотока из водотока, али и утицаја из септичких јама и излива из сеоских дворишта. Просечна дубина уграђених цеви износи 6-12,5 m. ([Слика 17.](#))

За анализу квалитета подземних вода коришћен је параметар нитрат. Нитрати представљају хемијске индикаторе коришћења азотних ђубрива и отпада који настаје на фармама или је индустријског порекла. Генерално је квалитет у границама прописаним законом јер су све концентрације нитрата (NO<sub>3</sub>-N) са вредношћу <11.3 mg/l ([Слика 17.](#)). Ова гранична вредност еквивалентна је са вредношћу <50 mg/l (NO<sub>3</sub>).<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Републички хидрометеоролошки завод Србије, Хидролошки годишњак – 3 Квалитет воде 2006-2010, Београд.

<sup>2</sup> Гранична вредност изражена као концентрација загађујуће материје за нитрате која не сме бити прекорачена у циљу заштите здравља људи износи 50.0 mg/l NO<sub>3</sub> (*Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање*, "Службени гласник РС", бр.50/12).



Слика 17. Станице мониторинга подземних вода и концентрације нитрата (mg/l NO<sub>3</sub>-N)

На подручју Колубарског округа воду за пиће из јавних водовода користи око 88% становника и то из изворишта површинских и подземних вода. Становништва насељено на градском подручју које није прикључено на градску мрежу, снабдева се водом за пиће преко локалних водних објеката из изворишта подземних вода. Сеоско становништво се снабдева водом за пиће из локалних водовода и из индивидуалних водних објеката, искључиво из подземних вода. Централни водоводи и део локалних водовода (углавном већих) налази се под контролом Завода за јавно здравље Ваљево који врши микробиолошке, физичко-хемијске и микробиолошке анализе. У локалним водоводима у периоду 2009-2010. извршено је просечно око 340 физичко-хемијских анализа воде за пиће<sup>1</sup>, при чему је било просечно мање од 5% неисправних налаза.<sup>2</sup> Разлози одступања од норми су биле веће вредности електропроводљивости, мутноће, амонијака, нитрата и pH.

<sup>1</sup> Анализа здравственог стања становништва Колубарског округа, Извештај 2008-20011, Завод за јавно здравље Ваљево.

<sup>2</sup> Правилник о хигијенској исправности воде за пиће ("Службени лист СРЈ", бр. 42/98 и 44/99)



## 4. ПРИНЦИПИ ПРОЦЕНЕ ЗАГАЂЕЊА ВОДЕ ИЗ ДИФУЗНИХ ИЗВОРА

Испуштање и оптерећење полутантима из дифузних извора тешко је пратити, или не постоје тачно утврђене тачке испуштања или има више мањих испусних отвора. То значи да је тешко квантификовати загађење уобичајеним мерењима на испусном отвору, већ се оно мора проценити индиректним методама. У литератури постоји неколико метода како се то ради, а многи од њих се користе у пракси неколико земаља. Приликом избора одговарајућег метода или алата за процену треба имати на уму циљ процене, као и расположивост података на изабраној скали.

### 4.1. Локална скала

На локалној скали, почетне процене оптерећења загађењем из дифузних извора могуће је направити праћењем отицања водених токова у одређеној области. Ако је слив воденог тока мали и ако преовлађује један доминантни извор загађења, годишње оптерећење се може проценити узимањем узорака воде једном месечно и множењем концентрација са протоком (види и подпоглавље 6.5.). Обично се чак и у релативно малим областима налази више извора загађења. У таквим случајевима могуће је проценити загађење множењем отицаја са коефицијентима процеђивања за одређене категорије земљишта, узимајући у обзир и допринос из тачкастих извора (види подпоглавље 5.3.2). Ови коефицијенти испирања могу се добити и на основу експерименталних података или моделовањем.

Сабирањем доприноса из свих извора могуће је утврдити загађење у локалном водотоку. Извори загађења могу бити губитак загађујућих материја из земљишта услед различитих начина коришћења земљишта, преношење падавинама и директне депозиције у атмосфери, али могу бити и директно испуштање из тачкастих извора (постројења за обраду отпадних вода, индустријски објекти).

Атмосферске депозиције које доспевају директно у воду се обично сматрају посебним дифузним извором, док су депозиције на земљу обухваћене коефицијентом процеђивања услед различитих начина коришћења земљишта.

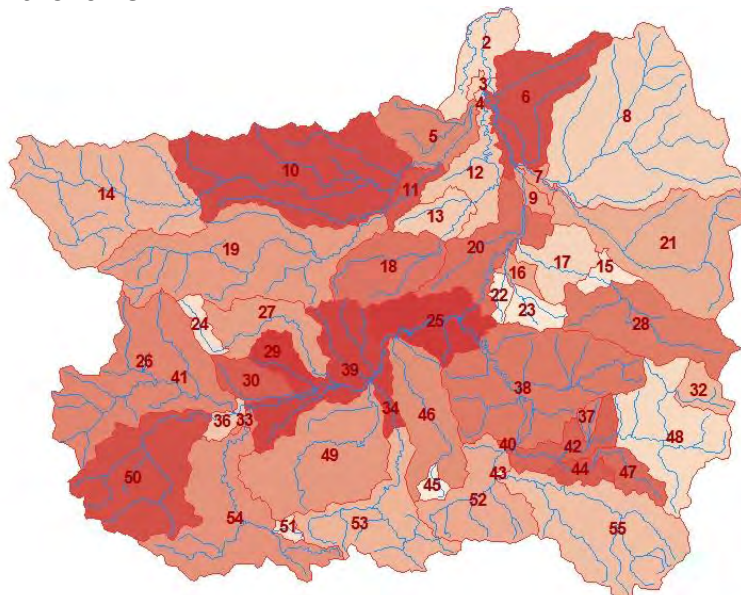
### 4.2. Скала слива

У принципу, количина полутаната који улазе у водотоке у већем речном сливу може се проценити на исти начин као и на локалној скали, али потреба за подацима је већа. Оптерећења од свих загађивача доспелих у водоток представљају брuto загађење. Након што уђу у водоток, полутанти се могу физичко-хемијским и биолошким процесима уклонити из воде. Ови процеси трансформације се заједнички називају ретензија. Полутанти се могу унети ерозијом речних обала и језерских седимената, дифузијом и ре-суспензијом из седимента или процесима биолошке фиксације. Укупна количина полутанта која одлази из слива се назива нето оптерећење.

Могуће је направити следећу једначину на нивоу слива:

$$\boxed{\text{Нето терет}} = \boxed{\text{Бруто терет}} - \boxed{\text{Ретензија}} + \boxed{\text{Ерозија у водотоку}}$$

Термини бруто и нето оптерећење могу се применити на читав слив, као и на његове под-сливове (Слика 18.). Сабирањем бруто оптерећења у свим под-сливовима добија се укупно бруто оптерећење слива. Нето оптерећење, које напушта један под-слив улази у најближи низводни под-слив где ће бити изложен поновној ретензији. Овај процес се понавља све до ушћа читавог слива слива. Када један речни слив има више под-сливова, овај прорачун може бити веома сложен.



Слика 18. Слив Колубаре, са 54 под-слива. под-слив 2 улива се у реку Саву

Ретензија се обично одвија у релативно већим језерима са спорим протоком (циркулацијом воде), а у случају једињења азота може се одвијати и у подземним водама. Азот који се односи водом из земљишта и подземним водама испод зоне корена се назива ретензија земљишта, за разлику од ретензије језера која се одвија у води и седиментима језера.

#### 4.3. ДЕЛИНЕАЦИЈА ПОД-СЛИВОВА

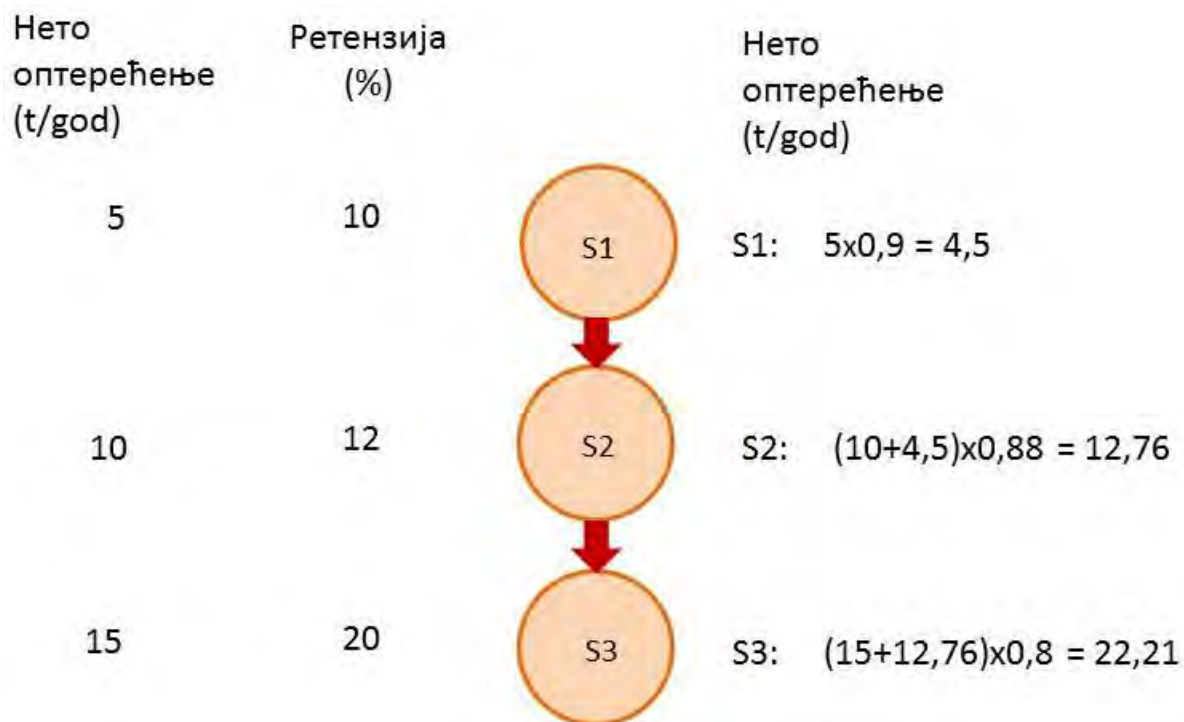
Слив се може поделити на неколико под-сливова у циљу детаљнијег описа извора загађења и загађујућих материја у сливу. Када се опишу начини коришћења земљишта и емисије из тачкастих извора могуће је израчунати оптерећење из сваког под-слива, као и њихов допринос укупном терету за читав слив. Када се приликом делинеације под-сливова узме у обзир локација тачкастих извора и мониторинг станица, анализа ретензије и локација извора се могу побољшати.

Најбољи резултат се може постићи ако се делинеација под-сливова врши према следећим принципима:

- станице за мерење квалитета и протока воде треба да се налазе на излазу под-сливова
- већа језера треба да се налазе на излазу под-сливова
- локација већих тачкастих извора; тачкасти извори треба да се налазе на најузводнијој тачки под-слива

Делинеација под-слива можда да се уради ручно или уз помоћ GIS софтвера, на основу Дигиталног модела терена (Digital Elevation Model -DEM) и мреже водо-токова.

Постоји више модела за прорачун нутријената, један од њих је шведски FyrisNP модел, који може да израчуна оптерећења из сваког под-слива и како они доприносе укупном оптерећењу свих низводних под-сливова у речној мрежи, под условом да постоје тачни улазни подаци. Принцип израчунавања је релативно једноставан, али се сложеност повећава са повећањем броја под-сливова. Пример прорачуна је на ([Слика 19.](#)).



Слика 19. Израчунавање оптерећења у сливу са три међусобно повезана под-слива, S1, S2 и S3 према FyrisNP моделу. Нето оптерећење из S1 се израчунава множењем бруто оптерећења помноженог са  $(100 - \text{ретензија})/100=0,9$ , тј. на основу разломка бруто оптерећења који се преноси на S2. Нето оптерећење из S2 се израчунава применом коефицијента ретензије на збир бруто оптерећења у S2 плус количина пренесена из S1. Коначно, нето оптерећење из S3 се израчунава по истом принципу. Укупна ретензија у читавом сливу износи  $(22,21/(5+10+15)) \times 100 = 25 \%$ .

## 5. КВАНТИФИКАЦИЈА ДИФУЗНИХ ИЗВОРА

### 5.1. КВАНТИФИКАЦИЈА АТМОСФЕРСКЕ ДЕПОЗИЦИЈЕ У ПОВРШИНСКИМ ВОДАМА У КОНТИНЕНТАЛНОМ ДЕЛУ

Директна атмосферска депозиција полутаната у површинским водама континенталног дела земље може бити важан улазни податак и треба је квантификовати, нарочито за области са великим бројем већих језера. У областима без језера или са мањим језерима не можемо очекивати улазне податке тог типа, тако да се тај допринос може занемарити. Атмосферска депозиција улази у површинске воде и цеди се кроз земљиште до подземних вода, али ова количина се обично сматра саставним делом доприноса копненог дела.

Атмосферска депозиција азота, фосфора, тешких метала и органских полутаната добија се праћењем сувих и влажних депозиција изнад отвореног простора. Депозиција из локалних тачкастих извора може се проценити праћењем емисија у ваздух и применом модела дисперзије локалних размера. У циљу процене укупне депозиције изнад једне области слива потребно је помножити стопе одговарајућих влажнијих и сувих депозиција са површином континенталних површинских вода (нпр. река, језера, резервоара) у сливу.

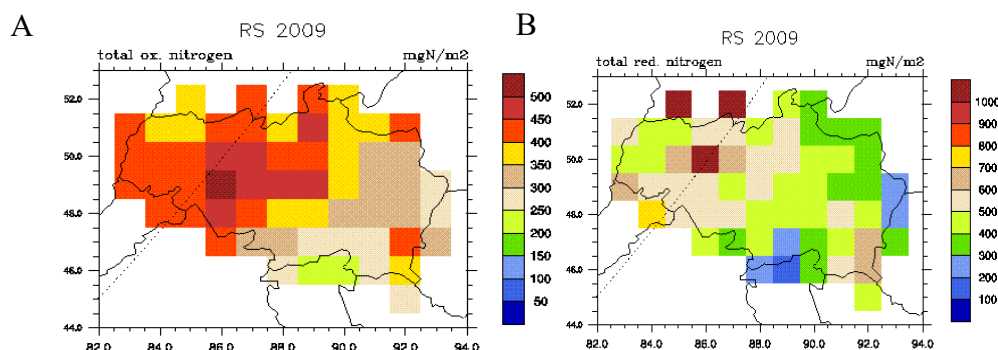
ЕМЕР ([www.emep.int](http://www.emep.int)) доставља податке о регионалној и националној стопи депозиције азота за одређене године у мрежи димензија 50x50 km на основу резултата националног мониторинга (емисија и депозиција) уз помоћ заједничког приступа моделирању Европе и Северног Атлантика. Квантификација депозиције фосфора није део програма ЕМЕР.

ЕМЕР може да достави мапе депозиција и одговарајуће податке за следеће полутанте:

- азот, NH<sub>y</sub> и NO<sub>x</sub> (Слика 20.)
- метали (Cd, Hg, Pb)
- честичне материје
- неки дуготрајни органски полутанти (POPs)

ЕМЕР тренутно моделира следеће POPs:

PCDD/Fs, B[a]P, HCB. Ради се на моделирању још неколико других материја.



Слика 20. Депозиција оксидираног (А) и редукованог (В) азота над Србијом 2009. према прорачуну на основу мреже 50x50km (mgN/m<sup>2</sup> god): Извор ЕМЕР

## 5.2. КВАНТИФИКОВАЊЕ ПРИРОДНОГ ОСНОВНОГ ЗАГАЂЕЊА

Природно оптерећење водених токова односи се на отицање са делова земљишта који нису под утицајем људских активности (са изузетком антропогених атмосферских депозиција). У ово оптерећење спада отицање из необрађеног земљишта и делимично отицање из обрађиваног земљишта које се дешава без обзира на антропогене активности (нпр. пољопривреда).

У многим случајевима губитак нутријената из необрађеног земљишта може се искористити за оквирну процену природног основног загађења. У необрађено земљишта спадају:

- необрађиване шуме;
- необрађиване степе;
- жбунолике шуме;
- необрађиване мочваре, влажне ливаде и мочварни предели;
- напуштено пољопривредно земљиште.

Основно загађење се може проценити на основу различитих приступа или комбинације приступа. Најпознатији приступи су:

- A. Праћење малих необрађених области у оквиру слива у којима не постоје тачкасти извори загађења;
- B. Праћење концентрација загађујућих материја у водама у земљишту, или подземним водама које нису угрожене људском активношћу;
- C. Употреба калибрисаних модела загађења нутријентима.
- D. Однос седимент-вода, који омогућава добијање историјских података о квалитету седимента.

Референце из Оквирне директиве о водама биће од помоћи по овом питању. У (Табела 7.) приказано је процењено природно загађење, према извештајима достављеним HELCOM-у. Различите земље су користиле различите моделе за процену основног загађења.

Табела 7. Примери годишњег основног природног загађења и концентрација нутријената на основу мерења протока. Податке су доставиле државе чланице HELCOM-а: Извор: Пета компилација о оптерећењу загађењем ( Fifth Pollution Load Compilation). Baltic Sea Environment Proceedings br. 128. 2011.

Земље	Укупан азот (kg/ha)	Укупан азот (mg/l)	Укупан фосфор (kg/ha)	Укупан фосфор (mg/l)
Данска	2.6	1.5	0.09	0.05
Финска	0.5-2.0		0.02 – 0.06	
Естонија	3.0-3.2	1.1	0.11	0.04
Немачка		1.0		0.25
Литванија	0.2-1.6	0.42-0.72	0.02-0.07	0.01-0.04
Пољска	0.1-9.0	0.3-1.2	0.01-0.28	0.04
Шведска	0.5-4.8	0.2-1.4	0.01-0.18	0.01-0.06



### 5.3. КВАНТИФИКАЦИЈА ЗАГАЂЕЊА СА ПОЉОПРИВРЕДНОГ ЗЕМЉИШТА

#### 5.3.1. Увод

Многи фактори утичу на губитак азота и фосфора, као и других полутаната, из пољопривредног земљишта и отицање ових материја у континенталне површинске воде. Постоји мноштво процеса и путања, као што је приказано на (Слика 2. Поглавље 1.3.). Обрадиво земљиште је посебно компликовано, јер се начин обраде и управљање земљиштем знатно разликује од региона до региона и из године у годину. Пашњаци, са друге стране, представљају стабилнији начин коришћења земљишта, који се одликује дугорочним или трајним травнатим покривачем.

Квантификација испирања нутријената из пољопривредног земљишта може се извршити по истом принципу како је описано у Поглављу 5.2. Мониторинг се може спровести на различитим географским скалама, али се модели обично користе или да квантификују отицање или да израчунају коефицијенте испирања. Развијено је више модела квантификације отицања нутријената из обрадивог земљишта (види такође Поглавље 8.).

Важно је препознати да отицање нутријената и метала из пољопривредног земљишта представља и антропогену и природну компоненту загађења (види такође Поглавље 5.2.). Органски полутанти, попут пестицида, су по својој природи антропогени.

#### 5.3.2. КОЕФИЦИЈЕНТИ ПРОЦУРИВАЊА

Коефицијенти процуривања се могу изразити на два различита начина:

- a) Специфични губици, изражени као количина по јединици површини (нпр. kg/ha)
- b) Коефицијенти коришћења земљишта, изражени као концентрација (нпр. mg/l) у отицају са поља или малог слива у којем преовлађује обрадиво земљиште. За процену реалног отицања у јединици времена из неке унапред одређене области, потребно је помножити концентрације са количином отицаја у изабраном временском периоду.

Коефицијенти испирања за пољопривредно земљиште се разликују у зависности од климатских услова, као и карактеристика земљишта, али су важни фактори тип усева, начин управљања земљиштем и нагиб поља у близини водених токова.



Фотографија 2. Пољопривредно подручје у сливу реке Колубаре са различитим нагибима

---

Све ове особине са разликују унутар неког пољопривредног терена, и коефицијенти испирања су неопходни за процену укупног доприноса полутаната. Ово није лак задатак и често га је неопходно поједноставити, примера ради концентрисањем на најважније факторе као што је приказано у ([Табела 8.](#))

Постоји неколико начина да се процене потребни коефицијенти испирања. Најпознатији начини, такозвани контролисани експерименти и приступ заснован на малом сливу, описани су у наставку.

Табела 8. Главни фактори који утичу на губитак полутаната из пољопривредног земљишта

Фактор /Полутант	Азот	Фосфор	Кадмијум	Олово	Жива	Пестициди*
Температура						х
Отицај	х	х	х	х	х	х
Суспендоване чврсте материје у отицају	х	х	х	х	х	х
Текстура земљишта	х	х	х	х	х	х
Хемијска својства земљишта						
-киселост			х			
-органске материје				х		х
Покривеност усевима**	х	х				х
Управљање земљиштем ***	х				х	х

\* Пестициди се прскају само на одређене културе и тиме се успоставља зависност и од покривености усевима. Еколошки утицаји органских полутаната зависе у великој мери од физичко-хемијских својстава одређене материје, која утичу на стопу деградације, и тенденцију преноса те материје у ваздух, воду или земљиште, као и површинске и подземне воде.

\*\* Трајни травнати покривач ефикасно смањује ерозију и површинско отицање. Утицај других култура у великој мери зависе од начина управљања одређеном културом која се посматра.

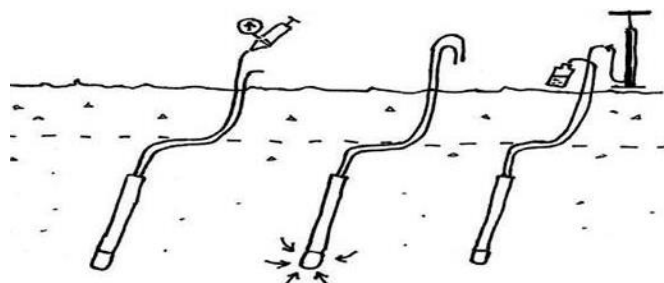
\*\*\*Управљање земљиштем обухвата нпр. ђубрење, орање и наводњавање, а дејство ових мера знатно зависи од текстуре земљишта.

### Контролисани експерименти

Први приступ се заснива на томе да се добију коефицијенти испирања са експерименталних поља са једном културом и контролисаним обрадом. Прво се мере концентрације у води земљишта или у систему дренаже. Да би се обухватиле све комбинације култура, режими ђубрења и климатски услови, потребан је велики број експеримената. Обично се могу проучавати само најчешће комбинације.

Вода из земљишта се може узорковати уз помоћ лизиметра који се инсталира у земљиште. Постоје тензиони лизиметри или лизиметри без притиска.

Тензиони лизиметри извлаче узорке воде из земљишта исисавањем до одређене дубине земљишта, обично одмах испод хумусног хоризонта земљишта. Узорци се потом односе у лабораторију и анализира се њихов хемијски састав (Слика 21.). Лизиметри без притиска прикупљају само воду која слободно отиче (потенцијал воде из земљишта једнак нули), примера ради у подземне воде или у системе одвода.



Слика 21. Инсталација лизиметара који раде по принципу исисавања. Исисавање се врши уз помоћ пумпе. (Извор: Lital & Tattari 2012)

---

Експериментална поставка треба да садржи најмање три парцеле да би се пратио изабрани утицај, као што је ниво ђубрења или врста усева. Ове парцеле треба да буду постављене на земљишту са сличном текстуром. Нетретирани парцеле треба да буду коришћене за поређење у свим експериментима.

### 5.3.3. ПРОЦЕНА КВАЛИТЕТА ВОДЕ У МАЊИМ СЛИВОВИМА

#### **Полазне информације**

Овај приступ се заснива на дугорочном мониторингу малих сливова. У изабраним сливовима треба да преовлађује пољопривредно земљиште без већих насеља. На основу прикупљених података врши се процена интегрисаног утицаја са читавог пољопривредног терена. Обично постоје и други извори загађења унутар слива, нпр. испусти из домаћинства, са путева или као последица управљања шумама. Потребно је извршити процену у циљу утврђивања утицаја ових додатних извора, који утицај се може ублажити. Мали извори се могу занемарити.

Мониторинг параметара квалитета воде N, P, пестицида, метала, суспендованих честица, ТОС, и DOC може се искористити као средство за одређивање оптерећења, примера ради, нутријената који проузрокују еутрофикацију у воденим токовима из обрадивог земљишта. У Шведској постоји национални програм мониторинга пољопривредног земљишта, који се може поделити у неколико под-програма. Један од ових под-програма обухвата проучавање малих сливова са 21 станицом, које представљају различите климатске и геолошке карактеристике у Шведској. Тачна локација слива се не бележи, тако да се пољопривредници подстичу да пружају информације о културама и о томе колико компоста и стајског ђубрива примењују, као и о евентуалним мерама које предузимају на смањењу количине процеђених (процурелих) нутријената. Ове информације пружају могућност да се одреди да ли се пољопривредне праксе и мере прилагођавају концентрацијама процеђених нутријената.



Слика 22. Испусни отвор из вододелнице F26 у Шведској, мај 2010.  
Фотографија: Lovisa Stjernman Forsberg.



### **Препорука за праћење (мониторинг)**

Избор малих сливова за праћење треба да се изврши уз помоћ анализе GIS која се заснива на следећим информацијама:

- дигитални модел терена (DEM),
- коришћење земљишта,
- мапа земљишта,
- климатолошка мапа,
- представљање пољопривредне праксе (најбоља могућа мапа усева на основу података из табеле и обрасца заједнице као и мапе коришћења земљишта са поља и пашњака),
- локације тачкастих извора загађења,
- координате градских канализационих система и отпадних вода

Потребно је користити следеће критеријуме:

- Области мањег слива требало би да се одликују варијацијама у клими, земљишту и генералној пољопривредној пракси (врсте пољопривредних култура, кукуруз или кромпир или култура које обезбеђују енергију, интензивна или екстензивна обрада земље, пашњаци или оранице итд).
- Начин коришћења земљишта у сливу требало би претходно проучити; минимум 50% треба да буде обрадиво земљиште, или >70% шумско.
- Слинови треба да буду релативно мали (око 10 km<sup>2</sup>) како би се могао урадити будући инвентар примењене фармерске праксе без много труда.
- Слинови треба да имају нулти или мали допринос из тачкастих извора, као што су индустријска постројења или отпадне воде.
- У водотоку треба да постоје одговарајуће мониторинг станице за праћење нивоа и/или протока воде.

### **Мониторинг и узорковање:**

- Проток треба пратити у близини ушћа слива, најбоље путем мерења протока у време узорковања квалитета воде. Могуће је користити метод растварања соли, који је веома користан за мерење протока у малим водотоцима и потребан му је само мерач проводљивости.
- Пратити температуру воде и температуру ваздуха барем током узорковања квалитета воде и протока.
- Узорковање квалитета воде треба радити у различитим режимима протока (велике воде, отприлике исте као и прошлгодишњи просек, и мале воде). Често је резултат високих вода висок степен испуштања нутријената због пораста резерви нутријената у земљишту.
- Узорковање би требало радити најмање 5 пута током почетне кампање узорковања.
- Узорке би требало анализирати ради
  - приоритета 1. Укупни N (или резиме неорганских и органских материја), укупни P (или резиме материја),
  - приоритета 2. метали, пестициди, укупни органски угљеник, растворени органски угљеник,

- Додатни параметри као што је депозиција N, температура ваздуха, дужина осунчаности (у сатима), падавине и снег су веома важни за интерпретацију транспорта нутријената и другог загађења. Највећи део постоји у националним као и у међународним базама података и можда их није потребно пратити.

Препоручујемо да се настави са месечним узорковањем, барем на неколико станица, у унапред одређеном периоду (минимум годину дана). Ако је могуће треба спровести мониторинг пропорционалан протоку (тј. ако би се могло радити аутоматско узорковање, тј. у периоду великих вода или у периоду интензивних киша).



Фотографија 3. Мерење протока воде на малом експерименталном сливу, помоћу електромагнетног хидрометријског крила Ott Nautilus, водоток Милановац (Беомужевић)

Током трајања пројекта процене дифузног загађења за слив Колубаре, изабрана су четири мања водотока и на њима је двапут мерен квалитет и квантитет воде. Протицај је одређен трасерском методом разблажења концентрације соли, коришћењем инструмента НАСН НQ 14d за мерење електропроводљивости. Метода разблажења концентрације соли потврђује да се може користити ако не постоје услови за мерење протицаја хидрометријским крилом. Измерени параметри су дати у (Табела 9.).

Tabela 9. Измерени параметри на малим експерименталним сливовима

	Мерно место	Беомужевић	Букови	Берковац	Козељ
	Водоток	Милановац	Козлица	Берковачка река	Козељица
Параметар	Јединица мере				
Геогр. дужина(WGS84 UTM)	m	7399797	7413859	7431921	7449146
Геогр. ширина(WGS84 UTM)	m	4906080	4888726	4896027	4896012
<b>Датум</b>		<b>19.5.2012</b>	<b>19.5.2012</b>	<b>19.5.2012</b>	<b>19.5.2012</b>
Брзина V <sub>max</sub> (на површини)	m/s	0.379	0.84	0.688	0.402
Дубина h <sub>max</sub>	m	0.09	0.17	0.24	0.33
Шурина B	m	1	3.5	2.5	2.7
Брзина V <sub>sr</sub>	m/s	0.313	0.549	0.422	0.33
Површина F	m <sup>2</sup>	0.055	0.353	0.439	0.666
Протицај измерен Q	m <sup>3</sup> /s	0.017	0.194	0.185	0.22
Протицај срачунат Q (раствор соли)	m <sup>3</sup> /s	0.013	0.166	0.177	0.21
Температура воде	°C	11.9	11.5	14.2	14.6
Температура ваздуха	°C	19.6	20.6	22.6	19.8
Укупни амонијум	mg/lN	0.06	0.17	0.22	0.31
Нитрити	mg/lN	0.009	0.005	0.008	0.008
Нитрати	mg/lN	1.1	0.4	0.8	0.4
Укупни органски азот	mg/lN	3.1	0.22	1.57	1.28
Укупни азот	mg/lN	4.3	0.8	2.6	2
Ортофосфати	mg/l P	0.063	0.041	0.035	0.027
Укупни фосфор	mg/l P	0.081	0.076	0.054	0.063
Укупни органски угљеник	mg/l C	4.8	3.1	3.7	4.2
<b>Датум</b>		<b>19.11.2012</b>	<b>19.11.2012</b>	<b>19.11.2012</b>	<b>19.11.2012</b>
Брзина V <sub>max</sub> (на површини)	m/s	0.039	0.069	0.19	суво корито
Дубина h <sub>max</sub>	m	0.05	0.11	0.08	суво корито
Шурина B	m	0.58	0.92	0.71	суво корито
Брзина V <sub>sr</sub>	m/s	0.034	0.064	0.225	суво корито
Површина F	m <sup>2</sup>	0.02	0.065	0.034	суво корито
Протицај измерен Q	m <sup>3</sup> /s	0.001	0.004	0.008	суво корито
Протицај срачунат Q (раствор соли)	m <sup>3</sup> /s	0.00038	0.00326	0.00679	суво корито
Температура воде	°C	7.4	7.4	9.2	суво корито
Температура ваздуха	°C	7.6	8.3	8.6	суво корито
Укупни амонијум	mg/lN	0.08	0.06	0.04	суво корито
Нитрити	mg/lN	0.004	0.004	0.008	суво корито
Нитрати	mg/lN	0.8	0.3	0.4	суво корито
Укупни органски азот	mg/lN	0.1	0.1	0.1	суво корито
Укупни азот	mg/lN	0.96	0.42	0.52	суво корито
Ортофосфати	mg/l P		0.026		суво корито
Укупни фосфор	mg/l P	0.031	0.057	0.023	суво корито
Укупни органски угљеник	mg/l C	3.5	2.5	2.7	суво корито

### 5.3.4. ИЗРАЧУНАВАЊЕ ГУБИТАКА НУТРИЈЕНАТА ИЗ ПОЉОПРИВРЕДНОГ ЗЕМЉИШТА

Прорачун се ради ручно или уз помоћ алатки за нумеричко моделирање. Принцип је да се помножи површина земљишта са коефицијентом испирања (Leach Conc) у области која је предмет проучавања. У зависности од тога како је изражен коефицијент испирања губитак полутанта је изражен као:

1) Површина ( $\text{km}^2$ )  $\times$  коефицијент процеђивања ( $\text{kg}/\text{km}^2 \text{ god}$ ) = годишњи губитак ( $\text{kg}/ \text{god}$ )

2) Површина ( $\text{km}^2$ )  $\times$  процеђена концентрација ( $\text{mg}/\text{l}$ )  $\times$  отицај ( $\text{l}/\text{s km}^2$ )  $\times$   $0.365 \times 86.4$  = годишњи губитак ( $\text{kg}/ \text{god}$ )

Примена коефицијената за одређену област је технички лакша од употребе концентрација, пошто се они могу применити без информација о отицају. Међутим, ова врста коефицијента не узима у обзир временске варијације у отицају, и у годинама са екстремним временским условима они неће произвести поуздане резултате. Обично постоји корелација између концентрације и отицаја, и због тога коефицијенте испирања не треба примењивати у областима са хидролошким условима који се веома разликују од области из које ти коефицијенти потичу.

Карактеристике земљишта, типови култура и управљање земљиштем може имати огроман утицај на коефицијенте испирања за нутријенте. Тешко је обухватити комбинације свих фактора које се дешавају у једној већој области. Ако постоји избор, требало би прво размотрити текстуру земљишта а потом тип културе. Код тешких метала, концентрације у земљишту могу бити важан фактор. Примера ради, олово се снажно везује за органске материје у земљишту и испирање је мало, чак и када су резерве у земљишту релативно велике. Испирање олова се може у сваком случају догодити ако концентрације достигну веома висок ниво.

Детаљна мапа земљишта је дакле важно средство за селекцију адекватних коефицијената испирања. У областима у којима се врши насумично (несистематско) узорковање земљишта, потребно је извршити интерполацију резултата како би се описала просторна варијација особина неког земљишта у проучаваној области. У случају органских полутаната, као што су пестициди, дистрибуција усева је важан фактор пошто пестициди који се примењују на пољима морају одговарати различитим културама (за одређену културу се користи одређен пестицид). Дејство органских полутаната зависи у великој мери од њихових физичко-хемијских својстава, која одређују стопу деградације, начин преноса – кроз ваздух, воду или земљиште и њихов транспорт кроз површинске или подземне воде.

### 5.3.5. ПРИРУЧНИК ЗА ИНТЕРПОЛАЦИЈУ ЗЕМЉИШТА

#### Увод

Ако су у одређеном делу обрадивог земљишта познати текстура земљишта и тип културе могуће је проценити концентрације испирања нутријената, као и степен губитка нутријената. У циљу дистрибуције већ постојећих специфичних концентрација испирања у оквиру једног слива, потребно је прецизно познавање географске дистрибуције текстуре земљишта и типа култура у оквиру тог слива.

Метод интерполације се често користе за опис просторне дистрибуције особина земљишта на различитим временским скалама, под условом да постоји довољна количина података који су просторно одређени (зависни). Ако не постоји, односно ако има мало података а степен просторне зависности је мали или непознат, као што је то случај са сливом реке Колубаре, метода интерполације се може побољшати увођењем комплементарних информација као што је топографија, земљишни покривач, геолошке информације итд. у образац (шему) интерполације. Методологија вишеструке интерполације из различитих извора превазилази оквиру овог приручника и вероватно неће побољшати резултате на плану ангажовања или подмиривања трошкова неопходних за извршење тог задатка.

#### Материјали и методологија

Расположиви подаци о земљишту у сливу Колубаре дати су у форми мапе земљишта оквирних размера 1:50000, са типовима земљишта приказаним на основу Светске референтне базе (*World Reference Base WRB*) и подацима са 88 просторно дистрибуираних профила земљишта. Под условом да је мапа земљишта прецизна, ова резолуција је више него довољна, имајући у обзир специфичност задатка.

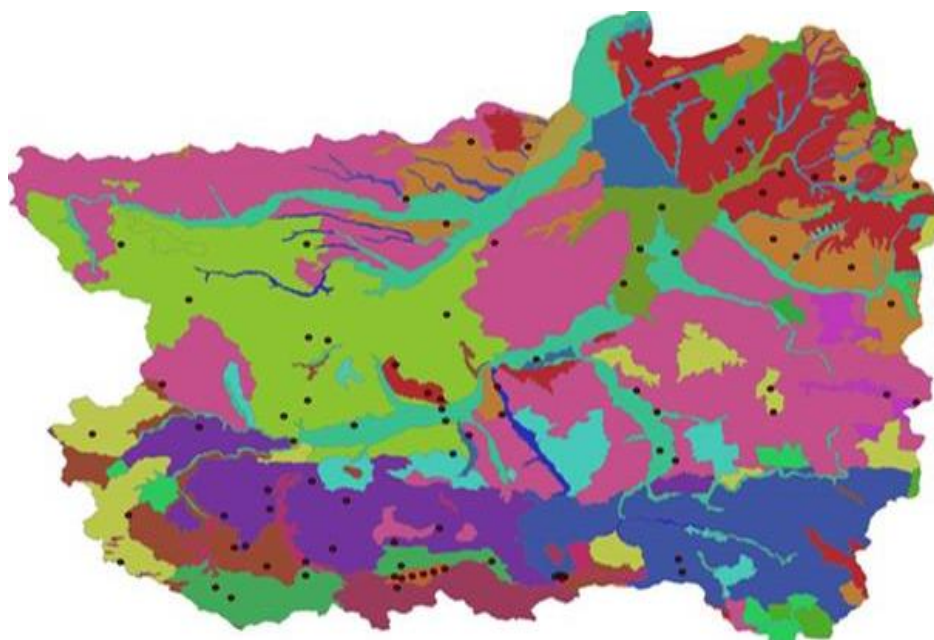
Класификација земљишта треба да се заснива на класама текстуре земљишта Организације Уједињених нација за храну и пољопривреду (FAO) приказаним у (Табела 10.) Ове информације не постоје на мапи земљишта слива Колубаре, али се могу одредити на основу података о текстури испитаних профила земљишта. Класификација земљишта треба да се заснива на текстури финог земљишта (дистрибуција величине зрна < 2 mm) са узорака узетих из горњег слоја земљишта. Класе земљишта састоје се од различитих комбинација садржаја фрагмената песка, муља и глине.

Предложени метод за израду мапе текстуре земљишта је да се искористи постојећа мапа земљишта у циљу одређивања просторне дистрибуције типова земљишта и да се потом искористе подаци добијени из базе профила земљишта ради утврђивања текстуре дефинисаних просторних јединица земљишта.



Табела 10. Текстура земљишта организације FAO, на основу класификације USDA према величини честице

Заједничко име земљишта (општа текстура)	Песак %	Муљ %	Глина %	Класа текстуре
Песковита земљишта (груба текстура)	86-100	0-14	0-10	песковита
	70-86	0-30	0-15	иловичасто песковита
Иловичаста земљишта (умерено груба текстура)	50-70	0-50	0-20	песковита иловача
Иловичаста земљишта (средња текстура)	23-52	28-50	7-27	иловача
	20-50	74-88	0-27	муљевита иловача
	0-20	88-100	0-12	муљ
Иловичаста земљишта (умерено фина текстура)	20-45	15-52	27-40	глиновита иловача
	45-80	0-28	20-35	песковито глиновита иловача
	0-20	40-73	27-40	муљевито глиновита иловача
Глиновита земљишта (фина текстура)	45-65	0-20	35-55	песковито глиновита
	0-20	40-60	40-60	муљевито глиновита
	0-45	0-40	40-100	глиновита



Слика 23. Мапа земљишта слива Колубаре са локалитетима профила

На основу прегледа мапе земљишта са локалитетима профила може се закључити да се у оквиру једне групе земљишта (према WRB) може налазити неколико профила земљишта. Овај проблем се може решити осредњавањем дистрибуције песка, муља и глине у горњем слоју у односу на одговарајући тип земљишта, а у складу са референтим WRB групама.

## Процедура

Да би се реализовало горе наведено решење у окружењу ESRI ArcGIS потребно је:

1. Саставити нову табелу са подацима о профилу земљишта користећи само горњи слој песка, муља и глине из сваког профила земљишта. Табела треба да има минимум 4 колоне, јединствени ID узорка, садржај песка, муља и глине.
2. Повезати ту нову табелу са подацима о горњем слоју земљишта са просторним карактеристикама узорака профила земљишта и сачувати резултат као нови слој (*feature layer*).
3. Просторно повезати поља са типом земљишта из базе података WRB са новом класом уз помоћ функције резимирања и забележити све статистичке податке.
4. Анализирати добијени слој (*feature layer*) у смислу да ли садржи већа стандардна одступања или варијанте и проучити екстремне вредности
5. Искористити резултате за процену садржаја песка, муља и глине у свакој класи земљишта по WRB класификацији.

## Препорука

Предложено решење је оквирно али једноставно и логички лако разумљиво. Због природе процеса формирања тла и повезаности са особинама текстуре земљишта, тешко је извршити интерполацију текстуре земљишта на основу општег метода непрекидне интерполације. Због тога је пожељно користити дистрибуцију класа земљишта која постоји у мапи земљишта. Један потпуно другачији приступ је да се изврши интерполација горњег слоја песка, муља и глине у три одвојена слоја и да се резултат комбинује са новим горњим слојем на основу класификације текстуре из ([Табела 10.](#)).

Додатни приступ је да се утврди да ли су подаци из Европске базе података о земљишту (*European soil database*)<sup>1</sup> довољни за решавање тог задатка. Одговарајуће коефицијенте испирања са пољопривредног земљишта можда неће бити лако добити. У Србији не постоји још увек коефицијент за конкретну локацију, тако да је још увек неопходно користити информације од других земаља.

### 5.3.6. ПРИРУЧНИК ЗА ГЕНЕРАТОР УЛАЗНИХ ПОДАТАКА ЗА FYRIS NP – КОНЦЕНТРАЦИЈЕ ИСПИРАЊА<sup>2</sup>

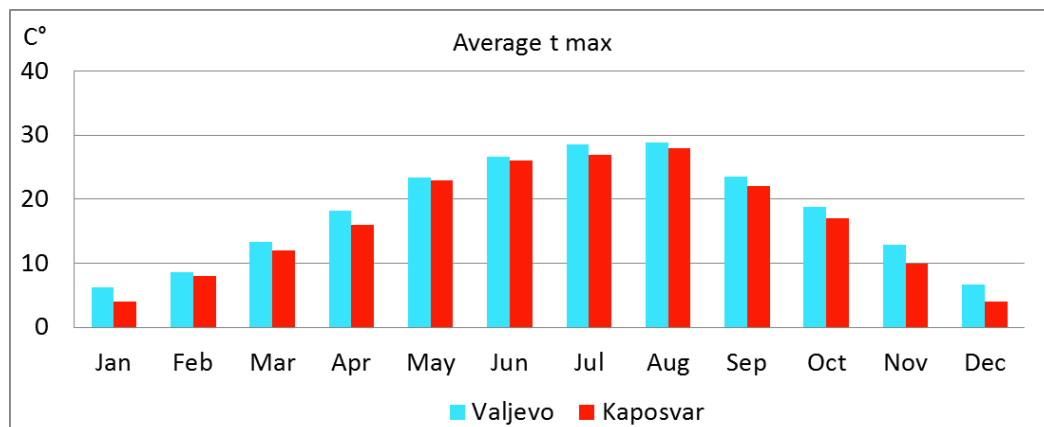
На основу концентрација добијених са пројекта *EUROHARP* за слив Капошвар у Мађарској, израчунате су процеђене концентрације у функцији врсте култура и типова земљишта, уз помоћ модела *SOILNDB* (Шведски универзитет за пољопривредне науке). Услови у области Капошвар су слични али не исти као и услови слива реке Колубаре, што значи да су процеђене концентрације непоуздане. Мониторинг малих сливова реке Колубаре би побољшао тачност процеђених концентрација: прелиминарни

<sup>1</sup> [http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/ESDB/index.htm](http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/ESDB/index.htm)

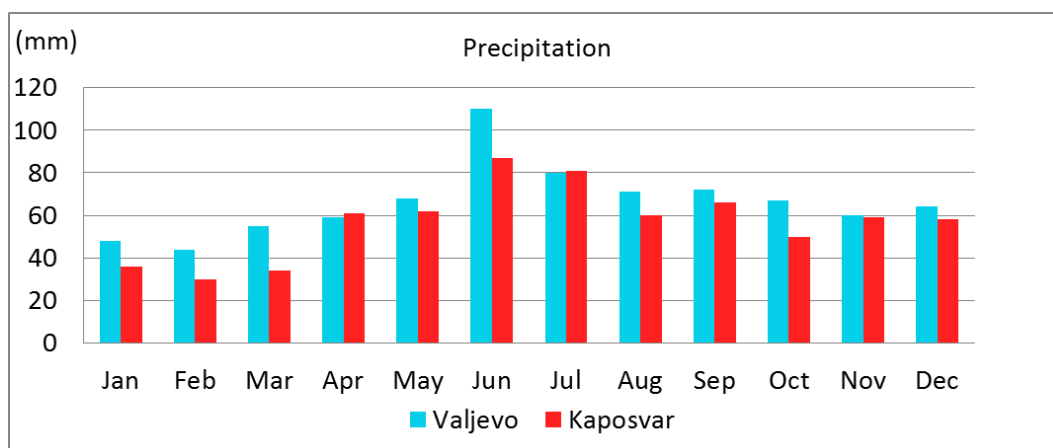
<sup>2</sup> Концентрација испирања се још назива и процеђена концентрација или специфична концентрација (Leaching concentration/d type concentration)

результати су искоришћени за корекцију процеђених концентрација у складу са локалном климом, земљиштем и пољопривредном праксом.

Сличност климатских карактеристика између Карпошвара и Ваљева се може видети на (Слика 24.) и (Слика 25.)<sup>1</sup>



Слика 24. Средње месечне максималне температуре у Ваљевоу и Карпошвару



Слика 25. Просечне месечне суме падавина у Ваљевоу и Карпошвару

У најближем окружењу, колико је нама познато, не постоје резултати прорачуна или резултати мониторинга процеђених концентрација фосфора са обрадивог земљишта, изузев мониторинга у мањим сливовима који је рађен за потребе овог пројекта. Ипак урађени су прорачуни на основу ICECREAMDB модела (Слика 27.) у 22 области Шведске (Brandt et al 2008<sup>2</sup>), добијене су процеђене концентрације у односу вишеструке регресије са културама, типовима земљишта и нагибом обрадивог земљишта, у зони од 50 m од реке, као и просечна процеђена концентрација фосфора у обрадивом земљишту у области слива. Однос регресије и коефицијената за једначину

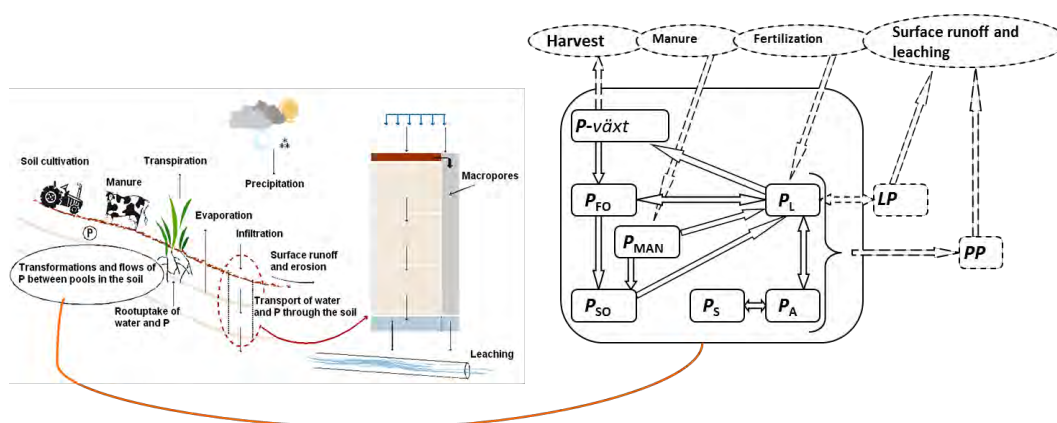
<sup>1</sup> Source: (1) <http://www.myweather2.com/City-Town/Hungary/Kaposvar/climate-profile.aspx>  
(2) МЕТЕОРОЛОШКИ ГОДИШЊАК1 (1991-2010), КЛИМАТОЛОШКИ ПОДАЦИ

<sup>2</sup> Оптерећење нутријентима морске животне средине у Шведској 2006  
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5995-8.pdf>

регресије за најјужнији део Шведске је искоришћен за прорачун процеђених концентрација у сливу Колубаре. За смањење процеђених концентрација сразмерно локалној клими, земљишту и пољопривредној пракси искоришћени су прелиминарни резултати мониторинга извршеног у малим сливовима (експерименталним) у сливу Колубаре.



Слика 26. Мапа локације сливова Колубаре и Капошвара у Мађарској. Раздаљина између Колубаре и Капошвара је 271 km. Извор: Google earth



Слика 27. Илустрација динамичног модела ICECREAMDB који се користи за израду концентрација испирања фосфора

Концентрације испирања азота су израчунате у Капошвару само за комбинацију 6 типова култура који преовлађују у тој области, заједно са просечном вредношћу за све типове култура на иловачастом земљишту према класификацији FAO ([Табела 11.](#)) и за пашњаке на иловачи ([Табела 12.](#)).

Табела 11. Процеђена концентрација за различите културе (mg N/l) израчуната за Капошвар, Мађарска

Култура	Иловача
Кукуруз	12.9
Зимска пшеница	16.5
Зимска уљана репица	16.8
Сунцокрет	15.0
Зимска раж	15.7
Зимски јечам	13.5
Просек	14.8

Табела 12. Процеђена концентрације са пашњака (mg N/l) израчунате за Капошвар, Мађарска

Култура	Иловача
Пашњак	4.3

Да бисмо израчунали средњу процеђену концентрацију са пољопривредног земљишта у једном сливу, према захтевима FyrisNP, извршена је екстраполација процеђених концентрација азота у односу на друге типове земљишта на основу процеђених концентрација, израчунатих за област јужне Шведске ([Табела 13.](#)).



Табела 13. Процеђене концентрације азота (mg/l) израчунате за област јужне Шведске; производна зона 1а (најјужнији део Шведске)

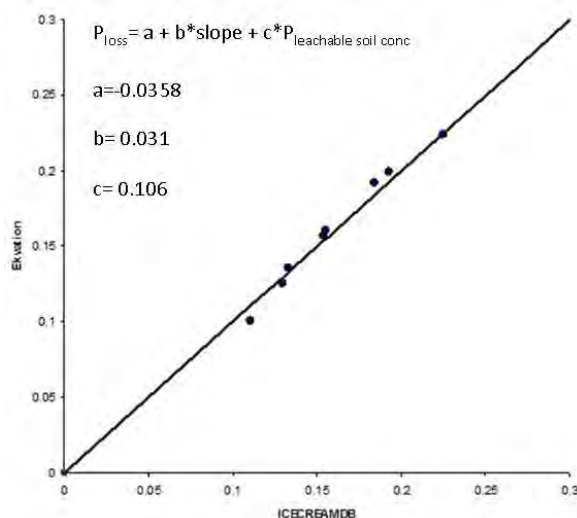
	Песко-вито	Илови често песко вито	Песко-вита ило-вача	Ило-вача	Муље-вита илова ча	Песко вито-глине наста илова ча	Глине наста илова ча	Муље вито глине наста илова ча	Муље вита глина	Глина	Просек
површина (%)	0	0	72	25	0	3	0	0	0	0	
пролећни јечам	20	15.6	12.4	11	10.1	9.1	7.1	6.1	4.7	2.7	12
зимска пшеница	16.5	13	11.4	10.4	9.6	6.5	5.3	4.5	3	2.4	11
залежај	11.6	9.6	6.2	4.8	3.8	4.1	2.7	2.2	1.8	1.6	5.8
шећерна репа	17.7	11.9	9.6	8.5	8	4.8	3.7	2.9	1.7	1.3	9.2
зимска уљана репица	22.2	19.3	16.1	13.8	12.2	10.6	7.8	6.6	4.7	3.9	15.3
самоникло биље	14.6	13.1	9.6	7.9	6.4	7	4.9	4.2	3.3	2.7	9.1
зоб	19.6	15.8	13	11.8	10.9	9.7	7.7	6.7	5.1	3.1	12.6
пролећна пшеница	19.1	15.6	13.3	12.2	11.5	10.2	8.2	7.1	5.2	4.3	12.9
зимска раж	15.7	13.9	12.7	11.9	11.4	9.3	7.9	6.7	4.5	3.5	12.4
пролећна уљана репица	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
кромпир	29.2	26.3	23.5	20.4	18.3	18.4	13.6	11.7	8.7	7.1	22.6
Просек	17.4	13.9	11.3	10	9.1	7.5	5.8	4.9	3.5	2.6	10.9

Процеђене концентрације из базе података, пружају комплетан преглед типова земљишта, у односу на 6 типова култура и просечну вредности у Табели 11. (Табела 14.).

Табела 14. Израчунате процеђене концентрације и азота (mg/l) као улазни подаци за модел

	Песко-вито	Илови често песко вито	Песко-вита ило-вача	Ило-вача	Муље-вита илова ча	Песко вито-глине наста илова ча	Глине наста илова ча	Муље вито глине наста илова ча	Муље вита глина	Глина	Просек
кукуруз	20.64643	16.36339	13.72768	12.9	11.31161	9.115179	7.138393	6.040179	4.283036	3.075	13.28839
зимска пшеница	26.17788	20.625	18.08654	16.5	15.23077	10.3125	8.408654	7.139423	4.759615	3.807692	17.45192
зимска уљана репица	27.02609	23.49565	19.6	16.8	14.85217	12.90435	9.495652	8.034783	5.721739	4.747826	18.62609
сунцокрет	25.17857	19.95536	16.74107	15	13.79464	11.11607	8.705357	7.366071	5.223214	3.75	16.20536
зимска раж	20.71345	18.33866	16.75546	15.7	15.04034	12.26975	10.42269	8.839496	5.936975	4.617647	16.35966
зимски јечам	24.54545	19.14545	15.21818	13.5	12.39545	11.16818	8.713636	7.486364	5.768182	3.313636	14.72727
Просек	25.752	20.572	16.724	14.8	13.468	11.1	8.584	7.252	5.18	3.848	16.132

Процеђена концентрација фосфора описана путем вишеструке регресије у односу на земљиште, нагиб и концентрацију испирања фосфора из земљишта илустрована је на (Слика 28.). Примери земљишта и култура и одговарајућих а, б и с коефицијената представљени су на (Табела 15.).



Слика 28. Пример резултата једначине вишеструке регресије према ISECREAMDB моделу примењеном на процеђене концентрације фосфора (губитак) у најјужнијем делу Шведске

Табела 15. Неки примери коефицијената за једначину регресије који описују процеђене концентрације фосфора израчунате уз помоћ ISECREAMDB модела за најјужнији део Шведске. Генератор процеђених концентрација за фосфор садржи 161 комбинацију земљишта, култура и одговарајућих а, б и с вредности

a	b	c	Тип земљишта	Култура
-0.01708	0.005279	0.041969	Муљевито глиненасто	кромпир
-0.01552	0.000504	0.006919	Иловачасто-песковито	пролећна пшеница
-0.0148	0.000955	0.011387	песковита иловача	шећерна репа
-0.01424	0.004029	0.028539	глина	зоб
-0.01406	0.000483	0.006211	Иловачасто-песковито	зоб
-0.01378	0.000516	0.006246	песковито	кромпир
-0.01346	0.000479	0.005964	Иловачасто-песковито	пролећни јечам
-0.0132	0.000499	0.005885	песковито	пролећна пшеница
-0.01283	0.000495	0.005853	Иловачасто-песковито	шећерна репа
-0.01254	0.003662	0.03199	муљевита иловача	залежај
-0.01254	0.003662	0.03199	муљевита иловача	зимски јечам
-0.01254	0.003662	0.03199	муљевита иловача	кукуруз
-0.01254	0.003662	0.03199	муљевита иловача	пролећна уљана репица
-0.01254	0.003662	0.03199	муљевита иловача	сунцокрет

## Инструкције

### Припреме

1. Направити табелу области покривене пољопривредним земљиштем (km<sup>2</sup>) на нивоу слива, у следећем формату:

Типови земљишта у сливу		
Id слива	тип земљишта	обрадиво земљиште према типу у km <sup>2</sup>
1. Обница	иловача	60
1. Обница	иловачасто песковито	60
1. Обница	песковита иловача	7
2. Јабланица	иловача	50
2. Јабланица	иловачасто песковито	50

Могуће је навести само типове земљишта који се налазе у (Табела 15.). Ако постоје и други типови земљишта потребно их је заменити типом земљишта "просечни/мешовити". Id слива не мора имати никакав посебан формат изузев што формат треба да буде исти и у табели „Типови земљишта у сливу“ и у табели „Културе у сливу“.

2. Направити табелу са процентима искоришћеног пољопривредног земљишта у којој је свака култура приказана на нивоу слива, и то у следећем формату:

Културе у сливу			
Id слива	Име културе	Култура у моделу	Обрадиво земљиште у %
1. Обница	пшеница	зимска пшеница	30
1. Обница	сунцокрет	сунцокрет	20
1. Обница	воће	просек	50
2. Јабланица	пшеница	зимска пшеница	30
2. Јабланица	сунцокрет	сунцокрет	20
2. Јабланица	воће	просек	50
3. Градац	пшеница	зимска пшеница	30
3. Градац	сунцокрет	сунцокрет	20

У табели „Култура у сливу“ могуће је навести само типове култура који се налазе у (Табела 15.). Ако у сливу постоје и други типови култура, нпр. „воће“, потребно је у колону „култура модела“ унети „просек“ тип културе (види пример из горњег текста).

- Направити табелу просечних процеђених концентрација фосфора у обрадивом земљишту и просечни нагиб слива на раздаљини од 50 m од речне обале (са обе стране):

Нагиб_слив_P		
Id слива	P	нагиб
1. Обница	3.10040313549391	0.83
1. Обница	3.14514045620615	0.73
1. Обница	3.14514045620615	0.55
2. Јабланица	4.49073775670936	1.13
2. Јабланица	6.10537625812864	2.06
2. Јабланица	3.95688346016685	0.24
3. Градац	3.18804691621678	7.02

#### **Рад са templates-има за приступ подацима**

- Отворити базу података „генератор улазних података за специфичне концентрације N у обрадивом земљишту (сое.сцсdb)“.
- Отворити табелу са културама у сливу.
- Копирати само податке, без заглавља у ексел табели фајла са културама у сливу који сте припремили.
- Пренети податке у табелу са културама у сливу која се налази у бази података. Проверити да нису унете сувишне линије и да су обухваћени сви подаци.
- Запамтити (save) приступну базу података.
- Отворити табелу са типовима земљишта у сливу у приступној бази података.
- Копирати само податке, без заглавља у ексел табели фајла са типовима земљишта у сливу који су припремљени.
- Пренети податке у табелу са типовима земљишта у сливу која се налази у бази података. Проверити да нису унете сувишне линије и да су обухваћене сви податке.
- Отворити преглед упита у бази података.
- Двапут кликнути на упит Q1\_ query. Тако ће бити покренут упит и добијени резултати.
- Двапут кликнути на упит Q2\_ query. Тако ће бити покренут упит и добијени резултати.

15. Копирати *Id* слива и просечне специфичне концентрације из резултата упита *Q2\_query* и пренети их у фајл са улазним подацима *Fyris NP*.

### **Генератор процеђенох концентрација фосфора**

1. Отворити „генератор улазних података о Р у обрадивом земљишту у приступној бази података *conc.accdb*”.
2. Отворити табелу са културама у сливу.
3. Копирати само податке, без заглавља у *excel* табели фајла са културама у сливу који су припрељени.
4. Пренети податке у табелу са културама у сливу која се налази у бази података. Проверити да нису унете сувишне линије и да су обухваћени сви подаци.
5. Запамтити (*save*) приступну базу података.
6. Отворити табелу са типовима земљишта у сливу у приступној бази података.
7. Копирати само податке, без заглавља у *excel* табели фајла са типовима земљишта у сливу који је припремљен.
8. Пренети податке у табелу са типовима земљишта у сливу која се налази у бази података. Проверити да нису унешене сувишне линије и да су обухваћени сви подаци.
9. Отворити табелу *catchment\_slope\_P* у приступној бази података.
10. Копирати само податке, без заглавља у *excel* табели *catchment\_slope\_P* која је припремљена.
11. Пренети податке у табелу *catchment\_slope\_P* која се налази у бази података. Проверити да нису унете сувишне линије и да су обухваћени сви подаци.
12. Запамтити (*save*) приступну базу података.
13. Отворити преглед упита у бази података.
14. Двапут кликнути на сваки упит од *Q1\_query* до *Q5\_query* по хронолошком реду. Тако ће бити покренут упит и онда отворити резултате.
15. Копирати *id* слива и просечне специфичне концентрације из резултата упита *Q5\_query* и пренети их у фајл са улазним подацима *Fyris NP*.



#### 5.4. КВАНТИФИКАЦИЈА ГУБИТКА НУТРИЈЕНАТА ИЗ ЗЕМЉИШТА КОЈЕ СЕ НЕ КОРИСТИ У ПОЉОПРИВРЕДНЕ СВРХЕ

Губитак нутријената у земљишту које се не користи у пољопривредне сврхе се догађа у:

- шумама;
- пустарама;
- другим категоријама земљишта које се не користи у пољопривредне сврхе, а контролисано је.

Шума или пустара се сматра контролисаним земљиштем ако је регулисана неком људском активношћу. Ако се у некој области одвија било која од следећих активности, она се може сматрати контролисаном.

- сетва, жетва или спаљивање;
- примена ђубрива и/или стајског ђубрива;
- главне активности на земљишту (орање, копање јама или канала итд);
- испаша

Процедуре квантификације за губитак фосфора и азота из земљишта које се не користи у пољопривредне сврхе су у принципу исте као и код земљишта које се користи у пољопривредне сврхе, и обухватају праћење (мониторинг) и/или моделирање.

За ову врсту земљишта у Србији не постоје подаци о процеђеним концентрацијама (Табела 16.) садржи неке оквирне цифре. У Шведској се за зоне искрчених шума користи коефицијент азота од око 1 mg/l, који се додаје на основно испирање од 0.5 mg/l. Губитак фосфора у зонама искрчених шума се израчунава на основу фактора увећања од 1.6 пута у односу на основни губитак овог нутријента од око 0.01 mg/l. Шуме у Србији су већином листопадне и расту на мање киселом земљишту, због чега се често дешава већи губитак нутријената, нарочито фосфора.

Процеђивање нутријената из осталих делова неконтролисаног земљишта, као што су мочварна земљишта и пустаре, тешко је проценити. Начин употребе ових земљишта је најчешће испаша.

Табела 16. Предложене процеђене коцентрације за Србију (mg/l)

Категорија коришћења земљишта	Азот	Фосфор
Земљиште покривено шумом	0.75	0.08
Искрчене шуме	1- 5	0.05 – 0.2
Мочварна земљишта и пустаре	0.5- 2	0.05 - 0.2

### **5.5. КВАНТИФИКАЦИЈА ОПТЕРЕЋЕЊА ИЗ СЕОСКИХ И ГРАДСКИХ ДОМАЋИНСТАВА**

---

Домаћинства која нису повезана са јавним канализационим системима сматрају се дифузним изворима, и у њих спадају и разуђена сеоска и градска домаћинства која нису повезана на канализациону мрежу. Главни полутанти који улазе у водотоке из ових извора су нутријенти, углавном фосфор, азот, патогене материје, органске материје (биолошка потрошња кисеоника, БПК), хемикалије и производи фармацеутске индустрије. Постоји више различитих техничких решења за обраду отпадних вода из домаћинстава која нису повезана на канализациони систем, а на количину загађујућих материја које доспевају у површинске воде утиче и ефикасност постројења за обраду отпадних вода и удаљеност од водотока.

Градска домаћинства која су повезана са системом одвода називају се тачкастим изворима, и полутанти се обично директно испуштају у водотоке. У мрежама без постројења за обраду није могуће рачунати на ретензију. Постројења са искључиво биолошким третманом отпадних вода (секундарна обрада) могу да уклоне око 90% органских материја, али ће успети да обраде само 30 % азота и највише 80% фосфора. За тотално уклањање потребна су додатна постројења за хемијску обраду.

Квантификација БПК, као и испирање азота и фосфора у водене токове треба да се заснива на просечним специфичним коефицијентима губитка нутријената, узимајући у обзир ниво потрошње воде, методе обраде, правце одвода, као и удаљеност од водотока.

Процену оптерећења из домаћинстава која нису повезана на канализационе системе могуће је урадити на основу локалне, регионалне или националне статистике. У идеалном случају могуће је установити регистре, базе података или мапе које пружају следеће информације:

- број домаћинстава који није повезан на канализационе системе
- број становника који живи у тим домаћинствима, узимајући у обзир "повремене становнике" (нпр. канцеларије, продавнице, хотеле, туристичке објекте и куће за одмор)
- технологија обраде отпадних вода
- локација домаћинстава у односу на водене токове (ако је позната) и стање земљишта (које утиче на количину оптерећења које ће реално захватити површинске воде).

Годишња количина нутријената, БПК и хемикалије које заврше у одводним цевима а које потичу од фекалних отпадних вода, прања судова, припреме хране и других активности у просечном домаћинству је почетна основа за израчунавање. У (Табели 17.) дате су стандардне вредности које су се користиле у Шведској 2010. године, за домаћинства са тоалетима са водокотлићем.

Табела 17. Стандардне вредности за годишњу БПК, количину азота и фосфора су сабирани са количином отпадних вода по глави становника у Шведској. (Извор: Ек, М. et al. 2011)

Тип детерџента	ВРК7 (kg/по стан./god)	N-tot (kg/по стан./god)	P-tot (kg/по стан./god)
Шведска; садрже Р	27	5.4	0.77
Шведска; не садрже Р	27	5.4	0.62

Табела 18. Коефицијент оптерећења који се користи за израчунавање оптерећења које проузрокује локално становништво. (Извор: План управљање реком Дунав)

Категорија	ВРК5 g/по стан./дан	Укупни N g/по стан./дан	Укупни P g/по стан./дан
Становништво повезано на канализациону мрежу (без пречишћавања)	60	8.8	1.8
Становништво које није повезано на канализациону мрежу	0	3.1	0.4

Наведене количине би биле уобичајене за просечног одраслог становника који је стално код куће. У пракси међутим, већина људи повремено одсуствује из својих домова због посла, школе или одмора. Сходно томе би и ове вредности требало да буду ниже. Становништво у просеку проводи 60-65% свог времена код куће.

Стварно оптерећење загађењем из неког домаћинства зависи од тога каква врста третмана отпадних вода постоји, да ли се користе детерџенти који не садрже фосфор, и томе слично. За становништво у целини требало би користити стандардне вредности узимајући у обзир што је могуће више фактора карактеристичних за ту локацију. У Србији се коефицијенти оптерећења заснивају на подацима из литературе, прилагођеним подацима осматрања за изабране водотоке (Табела 18.). Типична ситуација у Србији је да не постоји обрада отпадних вода у градовима. У сеоским областима обично се користе септичке јаме, али и многи други системи сувог одвода који смањују оптерећење.

Оптерећење азотом и фосфором из домаћинства која нису прикључена на канализационе системе може се верификовати мониторингом водотока у који се испушта азот и фосфор из више домаћинства, под условом да су сви други главни извори нутријената познати. Тада се може добити и оптерећење из разувјених села, као разлика ова два.

Експлицитнији приступ би био да се тестирају постојећи објекти за обраду узорковањем *in situ* (на терену). Ово захтева више ресурса. Треба имати на уму да се начин функционисања појединачних постројења за обраду може

разликовати у зависности од дужине експлоатације, конструкције и руковања.

### **5.6. КВАНТИФИКАЦИЈА ТРАНСПОРТА ПОЛУТАНАТА ПОВРШИНСКИМ ОТИЦАЈЕМ ОД ОЛУЖНИХ КИША**

---

Олујне кише производе површински отицај са непропусних површина као што су улице, путеви, зграде и паркинзи. Овим отицајем преноси се читав асортиман полутаната у реке и језера, тако да то такође доприноси загађењу водотока (потока и река), и може довести до поплаве ако се систем прикупљања кишнице преоптерети.

Кишница садржи нутријенте, метале и органске полутанте. Концентрације ових материја су посебно високе након периода дужих суша и услед отицаја на почетку кишног периода. Загађујуће материје у кишници обично потичу од атмосферских депозиција, издувних гасова аутомобила, испирања са површине друмова као и услед механичке ерозије друмова, од гума и кочница. Загађеност воде и ваздуха због посипања соли и песка по путевима је велики проблем у областима где је уобичајена температура испод нуле. Ниво загађења зависи од густине саобраћаја, температуре, влаге на путевима, употребе гума са металним оквиром, примене песка и соли.

Транспорт до реципијента може се проценити у односу на начин коришћења земљишта, падавине, коефицијенте површинског отицаја код различите употребе земљишта и количину кишнице која уђе у реципијент. У циљу процене оптерећења требало би помножити отицај са процењеним концентрацијама које су резултат различите употребе земљишта. Израчунавање оптерећења треба да се односи само на полутанте у површинском отицају, а не на оптерећење из базног отицаја (отпадне воде из канализационих система и подземних вода).

Процена површине градских и сеоских зона врши се различитим средствима инвентарисања или опште прихваћеним дигиталним мапама земљишног покривача као што је European *CORINE* (2006). Многе земље су такође развиле детаљне дигиталне мапе. Отицај се може проценити на основу података о падавинама или путем модела. Један од таквих модела је *StormTac* ([www.stormtac.com](http://www.stormtac.com)), који израчунава проток на основу података о падавинама и коефицијената отицаја услед различитих начина коришћења земљишта, као и на основу површине. Стопа оптерећења загађењем (kg/година) се квантификује на основу израчунатог протока и стандардних концентрација.

*StormTac* модел утврђује стандардне концентрације кишнице и основни проток за 33 приоритетне материје, који се емпиријски процењује на основу већег скупа података узорковања на терену у Шведској. Оне се уносе у табелу као стандардне, минималне и максималне вредности и могу се преузети са *website*. Концентрације се углавном добијају из програма мониторинга у градским областима, а концентрације добијене на основу других категорија коришћења земљишта треба обзривије обрадити. Примена овог модела у другим земљама требало би да узме у обзир географске разлике у транспорту загађења из ваздуха у воду на великим

удаљеностима, као и разлике у погледу употребе хемикалија, која може утицати на присуство полутаната у рецепијенту.

Кишница у градским областима се често одводи у канализациону мрежу и на тај начин се укључује у контролисано оптерећење. У новијим четвртима се чешће користе локални системи за обраду кишнице. То значи да би кишницу требало сматрати посебним извором у изграђеним насељима ако се оптерећење у отпадним водама израчунава уз помоћ стандардних вредности у односу на број становника. У случајевима када се мери оптерећење у канализационим системима, кишница је већ урачуната у то оптерећење.



## 6. МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПРОЦЕНУ ОПТЕРЕЋЕЊА РЕКА

Оптерећење река је транспорт полутаната до одређене тачке у реци. Транспорт различитих материја обухвата сва оптерећења из узводних извора у сливу, као и процесе трансформације у одређеном водотоку. Концентрације различитих материја у реци могу се искористити као улазни подаци за нумеричке моделе, а обе концентрације и оптерећења могу се употребити за калибрацију модела и валидацију резултата.

Оптерећења у мањим речним сливовима могу се искористити за процену коефицијента испирања/процеђена концентрација или специфична концентрација (види пододељак 5.3.2.). Подаци о оптерећењу на већим рекама, који се односе на неколико категорија коришћења земљишта, могу се искористити као полазна тачка за расподелу извора загађења (види поглавље 7.) у циљу развијања регионалних или националних програма мера.

### 6.1. СТРАТЕГИЈЕ УЗОРКОВАЊА

Стратегија узорковања треба да буде конципирана на основу историјских записа. Требало би да обухвати читав циклус протока, али да се концентрише на периоде очекиваних великих вода. Искуство је показало да постоји позитивна корелативна веза између периода великих вода и високог оптерећења, нарочито када се ради о суспендованим честицама, тешким металима и нутријентима.

Локације узорковања требало би изабрати из перспективе слива. Број локација требало би одредити узимајући у обзир величину слива, локацију већих тачкастих извора и дистрибуцију начина коришћења земљишта. У већим сливовима локације треба да се заснивају на делинеацији под-сливова (види подпоглавље 4.3.). Станице треба поставити на неколико притока у близини ушћа у главни водоток. Барем једна станица треба да буде постављена релативно близу ушћа у слив. Када постоји неколико оближњих под-сливова са сличним начином коришћења земљишта и тачкастим изворима, можда ће бити довољно пратити само један од њих и извршити екстраполацију резултата у односу на друге под-сливове.

Са временом се могу јавити велике варијације и у отицају и у концентрацијама, нарочито у мањим водотоковима и на пољопривредном рељефу. Због тога треба изабрати процедуре узорковања које омогућују максималну обраду ових варијација. Уобичајено је да се користи насумично узорковање са фиксним временским интервалима, али у случају река са већим флукуацијама у протоку можда је адекватније узорковање са променљивим временским интервалима. Учесталост узорковања би требало да буде већа у периодима високог водостаја (види подпоглавље 6.3.). Аутоматски узоркивачи који функционишу у сразмери са протоком дају најбоље резултате.

### 6.2. ИЗБОР ЛОКАЦИЈЕ

Локације узорковања треба да буду постављене у зони где је вода добро измешана (нпр. код бране или одмах низводно) тј. једнообразног квалитета,

у супротном је неопходно успоставити однос између концентрације у тачки узорковања и репрезентативног броја тачака узорковања у читавом речном пресеку (који се утврђује мерењем концентрација у свакој тачки узорковања у односу на запремину воде у јединици времена у тој тачки).

### **6.3. МЕРЕЊЕ ПРОТОКА**

---

За реке са хидролошким станицама локација станица, као и мерна опрема, учесталост мерења водостаја и протока, као и методи израчунавања годишњег отицаја треба да буду у складу са упутствима водича WMO у хидролошку праксу (WMO-Br. 168, 1975).

За реке без сталних хидролошких станица мерење протока, опрема и методе за мерење и израчунавање годишњег отицаја треба такође да буду у складу са упутствима водича WMO у хидролошку праксу.

### **6.4. УЧЕСТАЛОСТ УЗОРКОВАЊА**

---

У циљу процене годишњег оптерећења у већој реци треба да постоји минимум 12 скупова података, прикупљених у периоду од 12 месеци. Ове скупове података не треба скупљати у редовним месечним интервалима, већ се могу прикупљати према учесталости која зависи од очекиваног обрасца протока.

За реке са веома великим оптерећењем, учесталост узорковања може се повећати изнад минимума од 12 скупова података. Међутим не би требало узимати узорке чешће од једном недељно.

За реке где су концентрације на граници детекције или испод ње, за одређене детерминанте, захтев од 12 скупова података можда ће бити превише строг. У тим случајевима треба узети довољну количину узорка да би се добила "најбоља могућа процена" загађења.

Стога ће за неке реке бити неопходно да се прате одређене детерминанте према "стандардној" учесталости од 12 скупова података годишње, када су концентрације знатно изнад границе детекције, али остале детерминанте се могу пратити са мањом учесталошћу.

### **6.5 ПРОЦЕНА ГОДИШЊЕГ ОПТЕРЕЋЕЊА**

---

Постоје различите методе за процену транспорта одређене супстанце у реци. Све методе заснивају се на множењу концентрација са речним протоком. Идеална ситуација је да се проток и концентрације свакодневно мере, али ово се ретко догађа. Уопште узев, концентрације се мере једном месечно или двапут недељно, што значи да је потребно извршити интерполацију концентрација од једног узорковања до другог. Ово се може урадити у форми линеарне интерполације између тачака узорковања, или путем алгоритма који описује однос између протока и концентрације.

Када се на истој станици врше и хидролошка и хидро-хемијска мерења, препоручује се један од метода израчунавања описан у наставку. Ако се хидролошка и хидро-хемијска осматрања не врше у истој станици, потребно

је израчунати проток у хидро-хемијској станици пре израчунавања оптерећења.

Методе описане у наставку препоручује HELCOM (Хелсиншка комисија, [www.helcom.fi](http://www.helcom.fi)).

A) Дневни проток и дневна регресија концентрације:

$$L = \frac{m}{n} \sum_{i=1}^n Q_i * C_{ri}$$

$$C_{ri} = \frac{a}{Q_i} + b + c * Q_i$$

$Q_i$  = дневни проток (измерен или моделиран);

$C_{ri}$  = вредност регресије концентрације за проток одређеног водотока;

$M$  = фактор конверзије јединица;

$a, b, c$  = коефицијенти карактеристични за сваки параметар квалитета, осматрачку станицу и временску серију;

$n$  = број мерења

B) Дневни проток и дневна концентрација (интерполација)

Овај метод се заснива на интерполацији вредности концентрација у данима када нису измерени полутанти.

Концентрације полутаната се мере данима  $t_i, i = 1, 2, \dots, n$ . Концентрације се обележавају као  $C_i, i = 1, 2, \dots, n$ . Узмимо да су  $t_0$  и  $t_{n+1}$  почетак, односно крај године. Ако су  $C_0 = C_1$  а  $C_{n+1} = C_n$

Оптерећење  $L$  се процењује на следећи начин:

$$\hat{L} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{t_i < t \leq t_{i+1}} Q_t \frac{C_i \cdot (t_{i+1} - t) + C_{i+1} \cdot (t - t_i)}{t_{i+1} - t_i}$$

$\sum$  = означава сумирање, тј.

$\sum_{i=0}^{n-1}$  = означава сумирање вредности за индекс у интервалу од

0 до  $n-1$ , а

$\sum_{t_i < t \leq t_{i+1}}$  = означава сумирање вредности за  $t$  у интервалу  $t_i$  до  $t_{i+1}$ , али  $t_i$

није укључен у интервал

Ако је  $C_0 = C_1$  онда је  $C_{\text{interpolated}} = C_1$ , за  $t_0 < t \leq t_1$ , а ако је  $C_{n+1} = C_n$  онда је

$C_{\text{interpolated}} = C_n$ , for  $t_n < t \leq t_{n+1}$ .

Концентрације су приказане у  $\text{mg/l}$ , отицај је приказан као  $\text{l/s}$ . Да бисмо добили дневно оптерећење треба да помножимо процену из једначине са 0.0864.

C) Просечна месечна концентрација и месечни проток

Просечна месечна концентрација и месечни проток:

$$L = \sum_{i=1}^{12} W_{ki} * C_{ki}$$

$W_{ki}$  = запремина месечног отицаја;

$C_{ki}$  = просечна месечна концентрација

D) Мање реке са мало података

За мање реке које садрже оптерећење, за које не постоји 12 низова података, потребно је користити најбоље могуће процене протока и концентрације измерених у протоку да би се утврдило оптерећење загађењем. У недостатку процене протока и концентрација измерених у односу на проток, процене загађења се заснивају прорачунима по глави становника или по хектару.

## 6.6. ПОДАЦИ О НОРМАЛИЗАЦИЈИ ОПТЕРЕЋЕЊА У ПРОТОКУ

Варијације у протоку су обично главни узрок временских варијација у загађењу из дифузних извора. То значи да је тешко упоређивати оптерећења ако се не објасне разлике у речном протоку. Проток углавном зависи од падавина и температуре, али и остали климатски фактори могу имати утицаја.

Подаци о нормализацији протока пружају бољу могућност да се направи исправнија процена трендова укупног оптерећења у оквиру речног слива. Релативно једноставан начин да се израчуна, на основу нормализације протока, годишње оптерећење реке ( $L$ ) у одређеном временском периоду (нпр. 10 година) је да се израчуна линеарна регресија између забележених вредности оптерећења и протицаја у току овог периода. Тако добијамо нагиб линије ( $b$ ) и одсечак на  $Y$  оси ( $a$ ). Просечни проток за тај период ( $q$  просек) се потом уноси у једначину регресије, која се онда дели са истом једначином уз помоћ забележене вредности за одређену годину ( $q$  година  $n$ ) и тако добијамо следећу једначину за годину 1:

$$L(\text{normalized\_year 1}) = L(\text{year 1}) * \frac{a + b * q(\text{average})}{a + b * q(\text{year 1})}$$

Применом ове једначине за свих 10 година, а потом поновном трансформацијом вредности оптерећења које добијемо, израчунавамо вредности оптерећења у односу на нормализовани проток.

Постоје и софистициранији методи нормализације протока; преглед тих метода дају Silgram & Shoumans (2004) у пројекту EUROHARP. Постоји такође више статистичких алатки, које обухватају нормализацију протока. Алатка лака за употребу је MULTITREND, која се заснива на EXCEL формату и која истовремено врши и нормализацију протока и анализу трендова. Ова алатка и приручник могу се преузети са *website* универзитета Linköping.

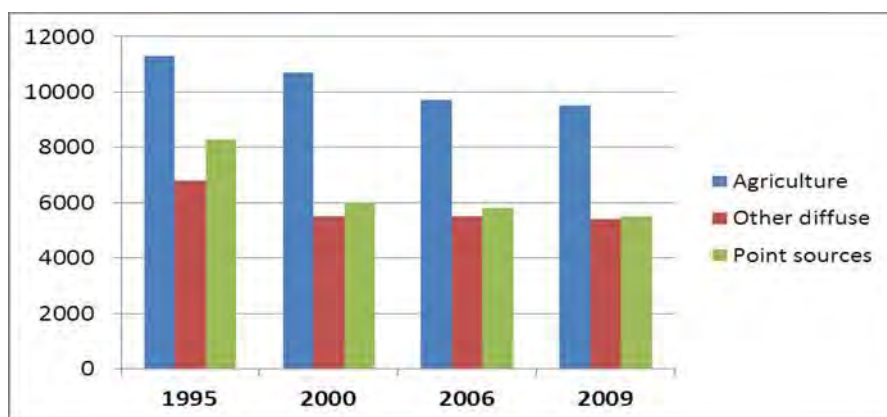
## 7. РАСПОДЕЛА ИЗВОРА ЗАГАЂЕЊА И МЕРЕ УБЛАЖАВАЊА

### 7.1. РАСПОДЕЛА ИЗВОРА ЗАГАЂЕЊА

У циљу доношења мера за смањење загађености вода важно је познавати оптерећење из свих извора загађења који доприносе загађењу одређеног водотока. Потребно је дакле узети у обзир утицаје и из тачкастих извора и из дифузних извора. Поред тога, потребно је прикупити основне податке о сливу и различитим изворима загађивања.

У малом сливу са неколико извора загађења могуће је израчунати оптерећење из сваког извора уз помоћ методологије описане у поглављима 5-8. За веће сливове са много извора неопходно је поделити слив у под-сливове, као основу за организацију информација о коришћењу земљишта, хидролошким условима, тачкастим изворима и коефицијентима испирања. Да бисмо извршили расподелу извора, потребно је такође моделирати оптерећење јер би праћење свих извора било скупо и такође тешко, нарочито за дифузне изворе. Могуће је у EXCEL-у израчунати и бруто и нето оптерећења, али је згодније да се користи постојећи модел (види поглавље 8). Ако је неопходно, оптерећења из дифузних извора треба поделити у антропогено и основно загађење.

Како бисмо закључили да ли се оптерећење из неког посебног извора у сливу с временом повећава или смањује, процену је потребно поновити неколико пута, обично у периоду од 5-10 година (види [Слику 29](#) као пример овога). Ако добијемо више од три упоредиве процене истог објекта, могуће је направити анализу статистичких трендова. То нам пружа бољу основу за процену промена..



Слика 29. Антропогено оптерећење азотом из различитих извора од Шведске до пролаза Каттегат израчунато у четири наврата уз помоћ исте методологије, користећи прорачуне дуготрајног оптерећења загађењем из дифузних извора. Изгледа да се оптерећење пољопривредним активностима смањује у току овог периода, док се загађење из тачкастих извора углавном умањило у периоду 1995-2000. (Извор: Ejhed et al. 2011).



У пројекту Колубара коришћен је модел FyrisNP за израчунавање оптерећења азотом и фосфором. Сви улазни подаци су ускладиштени у EXCEL-фајлу и овај модел израчунава ретензију и бруто и нето оптерећење за све изворе и под-сливове, као и за читав слив.

## 7.2. УТИЦАЈ МЕРА УБЛАЖАВАЊА

---

Поновљеним проценама оптерећења загађењем из једног или неколико извора, могуће је израчунати ефекте примењених мера ублажавања. За тачкасте изворе ова процена је прилично једноставна, посебно ако постоје подаци за појединачна постројења или објекте.

Дифузни извори су у том погледу већи проблем, јер због неколико фактора ова процена је још увек несигурна. Као прво, може бити тешко да се у опис оптерећења загађењем у оквиру модела унесу и одређене мере. Ако се у пољопривреду уводи нова мера, као нпр. техника обраде земљишта, могу се узети у обзир физички и хемијски утицаји овог третмана модификацијом процеђених коефицијента. Поред тога, требало би такође описати размере нове технике која се уводи у одређеној области, и ако је могуће, земљишта и културе на којима се она примењује. Ово захтева експерименталне податке за комбинацију свих утврђених неочекиваних променљивих, што можда неће бити могуће спровести за недавно уведене мере.

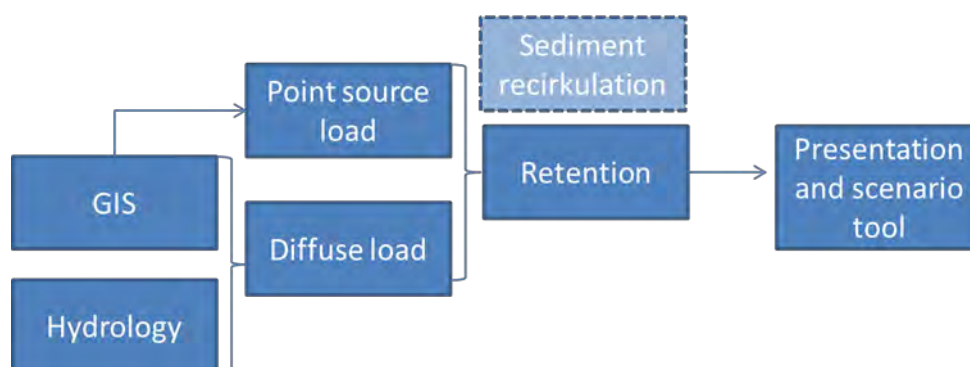
Други проблем је то што се оптерећење из дифузних извора често разликује од једне године до друге, у зависности од отицаја. Велики губитак нутријената из обрадивог земљишта се обично везује за висок отицај и проузрокован је површинским отицајем и ерозијом тла. На основу података о оптерећењу након нормализације протока (подпоглавље 6.6) могуће је смањити ову варијацију, а тиме се повећава могућност да се извуку закључци на основу статистичке анализе.

Процена ефеката мера ублажавања је скопчана са одређеним тешкоћама, и њих није лако решити. Често је немогуће да се утицаји неке одређене мере укључе у модел процене или други алати за прорачун. У таквим случајевима постоји алтернатива да се проуче промене у оптерећењу анализом самих података мониторинга. Али у сваком случају алати за моделирање су веома корисни за утврђивање који су главни извори загађења које треба редуковати (контролисати).

## 8. АЛАТИ ЗА МОДЕЛИРАЊЕ

### 8.1. ПОЛАЗНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ

Приликом моделирања оптерећења из дифузних извора основни захтев је да се организују улазни подаци у бази података са географским референцама о сливу. GIS апликације као алати који омогућавају кориснику да прави интерактивне упите, попут ArcGIS-а, могу се користити за делинеацију сливова и креирање мреже водотокова. Све улазне податке за моделирање потребно је географски повезати са сливовима преко базе података у GIS апликацији. Када су улазни подаци организовани у оквиру једног слива, могу се применити неки од алата за моделирање.



Слика 30. Илустрација основних оквира са алатима (tool boxes) за процену оптерећења и анализу притиска.

Заједничко свим алатима моделирања је да се процес израчунавања оптерећења врши на исти начин, тако што се прво одређује отицај из слива (Слика 30.). Отицај се може утврдити на следећи начин; а) мониторингом протока, б) преко израчунатог отицаја калибрисаног на основу података мониторинга или с) моделирањем отицаја услед климатских утицаја и ситуације у сливу. Овај метод утврђивања отицаја утиче на излазне податке модела, пошто утврђује временску и географску скалу прорачуна оптерећења.

Када се утврди отицај, оптерећење из дифузних извора се израчунава на основу статистичких података о сливу, у смислу земљишног покривача у комбинацији са подацима о земљишту и клими, коефицијенту испирања земљишног покривача у комбинацији са зоном GIS, података о отицају и атмосферској депозицији. Оптерећење из тачкастих извора је обично листа оптерећења из појединачних објеката (годишњи просек или временска дистрибуција) који су географски повезани са сливом.

Постоји више начина да се категоризују алати за моделирања који се користе за процену оптерећења нутријентима у сливу. Заједничка карактеристика већине модела је да се отицај у једној области мора описати на основу података мерења или калибрацијом модела у односу на измерени временски низ. Ако се не врше мерења, отицај се може моделирати уз помоћ климатских података и карактеристика слива.

## 8.2. КЛАСИФИКАЦИЈА МОДЕЛА СЛИВА

Модел слива би требало да буду у стању да моделирају како хидрологију у једној области, тј. динамику протока у времену, тако и транспорт загађења. Модел намењен израчунавању оптерећења и ретензије полутаната, и симулације ефеката примењених мера, треба да буде: (а) детерминистички, (б) дистрибуиран или полу-дистрибуиран, и (в) не-стационаран. Детерминистички модел има ту карактеристику да увек доноси исти резултат за одређени низ улазних података, за разлику од стохастичког модела. Модел са дистрибуираним параметрима решава једначине за просторно дефинисане тачке у домену модела, а не-стационарни модел дозвољава могућност варијације протока током времена.

## 8.3. КОНЦЕПТУАЛНИ ИЛИ ФИЗИЧКИ ЗАСНОВАНИ МОДЕЛИ

Концептуални модел омогућава поједностављен опис одређеног хидролошког процеса, док физички заснован модел може да опише релевантне процесе на физички исправан начин. Физички заснован модел се често користи у спречи са дистрибуираним моделом слива, јер ови модели могу да опишу варијацију у улазним подацима и параметрима у одређеном домену модела.

Подела на концептуални и физички заснован модел у контексту хидрологије је корисна ради практичне класификације модела слива. Примера ради, опис хидролошких процеса који се заснива на процесу и параметрима који нумерички описују земљиште, вегетацију и карактеристике земљишта пружа бољу прилику да се детаљније опишу проток воде и путеви азота и фосфора. Концептуални модел користи далеко мање параметара и једначина за описивање путања воде из падавина, њихов транспорт кроз слив и коначно улазак у реципијент. Физички заснован модел такође пружа више прилика за опис процеса спровођења мера за смањење оптерећења, и на тај начин омогућава евалуацију ефеката тих мера.

Физички модели су погодни за употребу на локалној скали, од неколико km<sup>2</sup> до 5000-6000 km<sup>2</sup>. Они међутим захтевају детаљније улазне податке од концептуалних модела, који се често заснивају на принципу коришћења одређеног коефицијента испирања помноженог са отицајем у циљу добијања оптерећења на реципијент.

Велика разлика између концептуалног и физички заснованих модела речног слива је количина улазних података потребних за извођење симулације. Многе вредности параметара потребне за физички заснован модел понекад не постоје за нови регион који је предмет проучавања, и због тога се морају применити параметарске вредности засноване на искуству или вредности из референтних извора. Када се ради са концептуалним моделом, лакше је добити улазни податак (читај: коефицијенте испирања/концентрације испирања/процеђене концентрације) на нивоу слива, али је теже интерпретирати резултате због поједностављеног описа, како процеса транспорта, тако и ефеката примењених мера.

#### 8.4. Модели хидролошког оптерећења и оптерећења нутријентима

Да би се изабрала најадекватнија алатка моделирања за одређену апликацију потребно је усредсредити се на:

- сврху моделирања и очекивани циљ,
- просторну и временску резолуцију,
- захтеве модела за подацима и расположивост података,
- тестирање модела у сличним условима,
- различите модуле модела као резултат развоја,
- кориснички интерфејс са моделом и компетентност корисника.

Избор између *freeware* модела и комерцијалног производа заснива се на аспектима подршке, расположивости, развоја и трошкова апликације модела.

Пројекат EUROHARP EU FP6 евалуирао је и тестирао моделе ради упоређивања различитих приступа коришћених у моделима за међународне обавезе извештавања у Европи, у циљу усклађивања процедура извештавања о дифузним изворима нутријената (EUROHARP 1-2003). Тестирано је девет модела у седамнаест различитих земаља. Само четири модела је имало хидролошко моделирање (ANIMO, TRK, SWAT, EveNFlow), а само четири модела је користило довољно процеса да би се могли класификовати као адекватни за процену сценарија (MONERIS, NL-CAT, TRK, SWAT). Од девет EUROHARP модела, само SWAT и TRK су изабрани као погодни за сврхе моделирања еутрофикације.

Важно је напоменути да се еколошко моделирање веома брзо развија и да се опис модела и његовог капацитета може променити са временом. Презентације модела у доњем тексту се заснивају на информацијама добијеним у периоду 2009-2010.

#### 8.5. Хидролошки модели - примери

Број криве SCS је једноставан, широко распрострањен и ефикасан метод за утврђивање апроксимативне количине отицаја због падавина, чак и у мањој области. Број криве SCS се често укључује у више дистрибуираних хидролошких модела ради процене површинског отицаја (нпр. SWAT). Мада је метод креиран за једну епизоду падавина, може се подесити тако да утврђује просечне годишње вредности отицаја. Захтеви за подацима у овом моделу су веома мали: потребна је само количина падавина и број криве. Број криве се заснива на хидролошкој групи земљишта којој припада та област, начину коришћења земљишта, начину обраде земљишта и хидролошким условима. Аутор модела је Министарство пољопривреде SAD-а.

HBV модел је модел падавина-отицаја, који омогућава концептуални нумерички опис хидролошких процеса на нивоу слива. Модел је примењен у више размера, почевши од лизиметарских парцела до читавог слива Балтичког мора. HBV се може користити као полу-дистрибуирани модел поделом слива на под-сливове. Сваки под-слив се потом дели на зоне, према надморској висини, језерској области и вегетацији. Модел се обично пушта према дневним вредностима падавина и температура ваздуха, и на основу

дневних и месечних процена потенцијалног испаравања. Модел се користи за прогнозирање поплава у нордијским земљама, и у многе друге сврхе, као што је симулација излива за време поплава, евалуација водних ресурса, процена оптерећења нутријентима. Власник модела: SMHI, <http://www.smhi.se/sgn0106/if/hydrologi/hbv.htm>

---

## **8.6. МОДЕЛИ ОПТЕРЕЋЕЊА НУТРИЈЕНТИМА**

---

WARMF – Оквир за управљање ризиком и анализу сливова: комбинује моделирање слива и моделирање квалитета воде, ретензију и динамику у језерима, укључујући интерно оптерећење. Такође је могуће утврдити адекватност средине за различите организме, као нпр. врсте риба. WARMF такође прави упоређења оптерећења, његовог утицаја и пропуста у поштовању одређених државних стандарда, што би могло бити интересантно из перспективе Оквирне директиве о водама. Овај софтвер је бесплатан и може се преузети са *website* U.S. EPA.

SWAT – средство за процену воде у земљишту (везано за сливове): израчунава симулацију оптерећења и одговарајуће реакције за дифузне и тачкасте изворе. Посебно је погодан за анализу утицаја пољопривредних мера. Израчунавање ретензије има својих слабости, а то заједно са великом потражњом за улазним подацима, сведочи о томе да овај модел треба користити у комбинацији са Aquatox-ом или WASP-ом. Овај софтвер је бесплатан и може се преузети са *website* U.S. EPA.

HSPF - Програм хидролошке симулације - Fortran (везан за сливове): исти тип модела као и SWAT, израчунава оптерећење, ретензију, интерно оптерећење и његово дејство. Овај софтвер је бесплатан и може се преузети са *website* U.S. EPA.

WATSHMAN – Систем управљања вододелницама: израчунава оптерећење на основу хидролошког моделирања и коефицијената процеђивања. Треба га користити у комбинацији са моделом воде, који израчунава унутрашње оптерећење. Власник модела: IVL, Шведска.

AVGWLF-PREDICT - Arview Generalized Watershed Loading Function – алатка за упоређивање дејства мера за смањење полутаната: AVGWLF израчунава укупно оптерећење на нивоу под-слива. Овај модел је намењен за релативно велике области, са ниском просторном резолуцијом. Ретензија и интерно оптерећење се израчунава на поједностављен начин. Ако се AVGWLF користи заједно са PREDICT-ом, који је напредни модел софтверске симулације, могуће је анализирати ефекте примењених мера. Овај софтвер је бесплатан и може се добити од Универзитета државе Пенсилваније.

FYRISQ-FYRISNP: ово је концептуални модел који може израчунавати оптерећења и ефекте различитих мера, нарочито у области пољопривреде. Коефицијенти испирања могу се добити на основу ICECREAM / SOILNDB. Овај модел израчунава ретензију али не анализира интерно оптерећење, у виду ерозије, у речном каналу. Власник модела: SLU, Шведска.

HYPE Хидролошка предвиђања за животну средину: - заснива се на централној националној бази података у SMHI. Могуће је израчунати



оптерећење и ретензију, али не и интерно оптерећење. Сценарија могућих решења се могу пуштати за изабране под-сливове. Власник модела: SMHI, Шведска.

MIKE BASIN: Израчунава оптерећење и ретензију. Аутор је DHI, који га је и изнео на тржиште. Цена и оперативни трошкови овог модела су знатно већи од напред поменутих модела. Власник модела: DHI, Дански хидролошки институт, Данска.

Са изузетком HSPF-а модели не рачунају унутрашње оптерећење. Интерно оптерећење се може израчунати спољашњим моделом језера, нпр. LEEDS, Viola или било који други модели SAD-а, а резултат се може прикључити оптерећењу у одређеној тачки у речном сливу. Ово се може учинити у свим моделима који не израчунавају интерна оптерећења. Преглед изложених модела оптерећења нутријентима дат је у (Табела 19.).

Премда се посебни детаљи примене модела разликују у зависности од конкретног модела који се примењује, постоје стандардне процедуре које би требало применити у свим применама модела. Примера ради, број верзије модела и улазне податке требало би забележити и задржати, а кључне (тј. осетљиве) параметре који се користе у применама модела требало би документовати уз упућивање на одговарајуће референце (нпр. суд стручњака, научна литература, мерења итд). Детаљније о захтевима праксе доброг моделирања корисници модела могу видети на <http://www.info.wau.nl/research%20projects/gmp.htm>

Табела19. Преглед карактеристика модела (Извор: Ekstrand et al. 2009)

Модел		Прорачун		Висока географска резолуција	Мере у пољопривреди	Мере у тачкастим изворима
		Оптерећења	Ретенције			
AWGWLF-PREDICT	Концептуални	х				х
FyrisNP	Концептуални	х	х		х	(х)
HSPF	Физички	х	х	х	х	х
HYPE	Полу-физички	х	х			х
MIKE BASIN	Концептуални	х	(х)			х
ArcSWAT	Физички	х	(х)		х	х
WARMF	Физички	х	(х)			
WATSHMAN	Концептуални	х	х			х

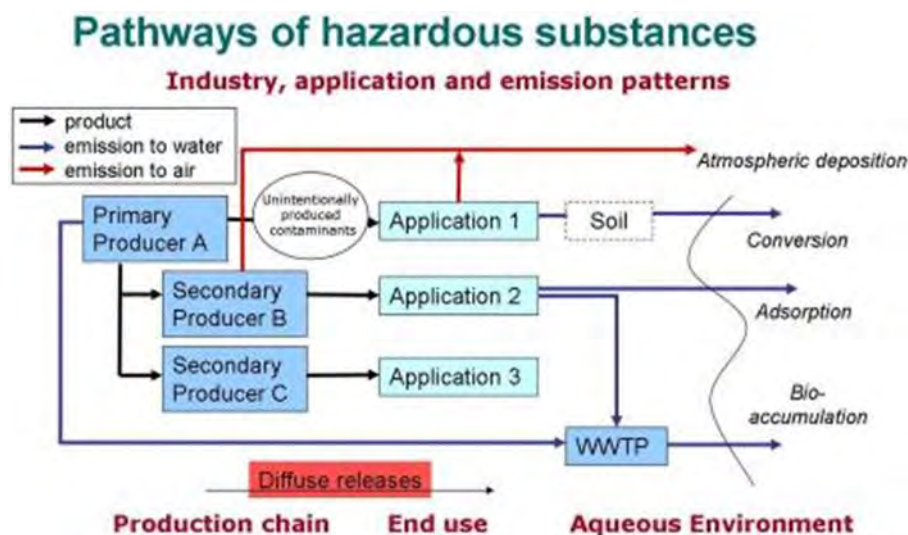
## 8.7. ПРИОРИТЕТНЕ МАТЕРИЈЕ - WFD

Оквирна директива ЕУ о водама (WFD) (2000/60/EG) и 'ћерка' директива, (2008/105/EC) о стандардима еколошког квалитета у области политике о водама, садрже класификацију хемијског статуса и анализу притиска који врше приоритетне материје и приоритетне опасне материје. У листу приоритетних материја у WFD улазило је првобитно укупно 33 метала и органских загађујућих супстанци, а потом је додато још 8 других супстанци у ћерку директиву. Ова листа се ажурира сваке четврте године и предложено је да се уврсти још 15 нових материја, нпр. неколико производа фармацеутске индустрије као и Перфлуороктан сулфонска киселина и њени деривати (PFOS). Нова листа је у процесу разматрања и коначна верзија ће ускоро бити усвојена. У складу са WFD, статус и циљеви приоритетних материја у водотоцима постављени су према нивоима ризика. Ови нивои ризика заснивају се на осмотреном дејству у контексту еко-токсиколошких процена ризика. Ове еко-токсиколошке процене ризика се врше утврђивањем односа концентрација-ефекат за различите хемијске компоненте и појединачне тестиране врсте (тестови токсичности на појединачним врстама и мерење ефеката).

Мониторинг који се врши у сврхе утврђивања појављивања и извора свих приоритетних материја је обично скуп и захтева знатно ангажовање, а није нужно најбољи и једини начин утврђивања њиховог присуства у животној средини и притиска на њу. Мониторинг који се врши у циљу истраживања присуства и трендова приоритетних материја требало би увести у оквиру мониторинга у сврхе надзора у контексту WFD, у форми провере уз процену које материје треба укључити у национални програм надзора праћења трендова. Овај програм провере требало би да се заснива на географској дистрибуцији оптерећења на животну средину из познатих или претпостављених извора загађења. Он такође треба да преиспита резултате хемијског моделирања у комбинацији са претходним знањем о појављивању циљног једињења у животном окружењу. Fate модели описују фрагментацију материја услед деловања различитих медијума (ваздух, вода, седимент, биота), као и где се ове материје могу наћи у животној средини (види наставак). Програм мониторинга провере се завршава изградом препорука за непрекидно праћење трендова полутаната. Оперативни мониторинг треба вршити да би се утврдио статус органа за које је утврђено да су под ризиком да не испуне своје еколошке циљеве, као и да би се процениле евентуалне промене у статусу таквих органа као резултат програма мера.

Извори загађења се прво утврђују на основу анализе протока материја, која описује главне путање и резервоаре те материје ([Слика 31.](#)). Када се као основа анализе притиска према WFD користи расподела извора загађења, потребно је повезати специфичне концентрације протока одређене материје из главног извора са географском дистрибуцијом извора, аналогно расподели извора нутријената. Органски полутанти се често везују за градску средину због употребе производа и материјала који садрже ту загађујућу материју, а канализациони системи могу често бити чвор загађења јер они сакупљају градску кишницу и отпадне воде. Међутим, транспорт загађења на великим удаљеностима, као и супстанце које се користе у сеоским областима као пестициди могу се наћи у отицају са различито коришћеног земљишта и у депозицији. Други важни извори

приоритетних материја у води могу бити индустрија, загађена земљишта, рударство, шумарство, друмски саобраћај, аеродроми, вежбе противпожарне заштите (сулфонска киселина и њени деривати), хемикалије које се користе у домаћинствима, производи фармацеутске индустрије и производи за личну употребу из сеоских отпадних вода и депонија, као и ненамерно произведени полутанти, као што су полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), као продукт процеса сагоревања.



Слика 31. Илустрација путања као део анализе протока материја

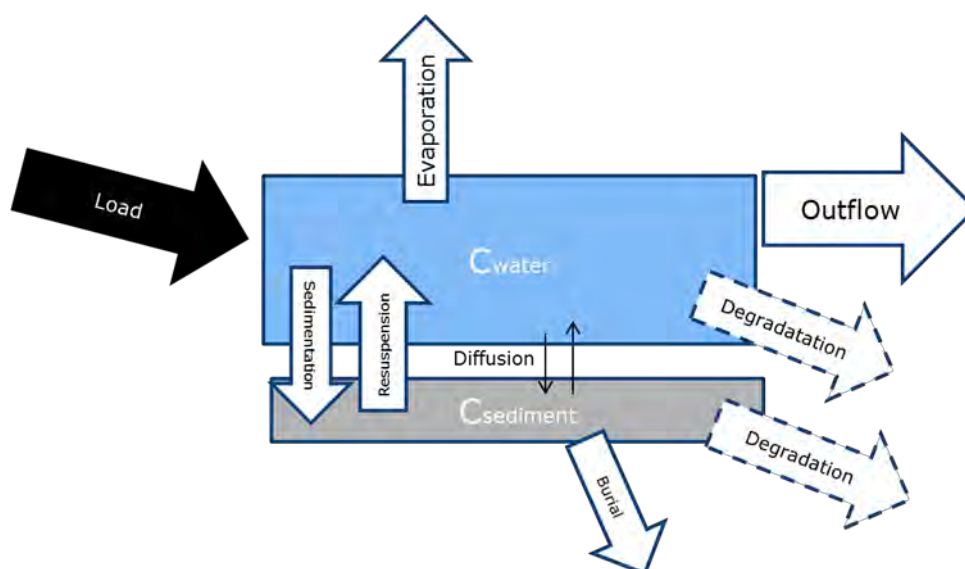
### 8.7.1. ХЕМИЈСКИ FATE МОДЕЛИ

Fate модели описују фракционисање материја услед деловања различитих медијума (ваздух, вода, седимент, биота), тј. места на којима се могу наћи одређене материје у животној средини. Употреба ових модела у комбинацији са мониторингом је економично решење. Приоритетне материје имају афинитет према одређеним медијумима, као што је седимент или биота и можда неће увек бити лако открити их у воденој средини. Афинитет неке материје према различитим медијумима зависи од физичких и хемијских карактеристика те материје, њене хемијске структуре и активних група. У циљу утврђивања присуства приоритетних материја у воденој средини, могу се користити хемијски fate модели, засновани на хемијским и физичким својствима те материје, стопи пропадања и подацима о емисији.

Хемијски fate модели се користе ради утврђивања начина фрагментације (распарчавања) једне материје услед деловања различитих медијума као што је нпр. ваздух, вода, седимент, земљиште и биота. Неки модели обухватају и додатне елементе као што су градске површине, биљке /шуме, или читаве системе речне хране. У својој најједноставнијој варијанти, резултати оваквог модела могу се користити, примера ради, за добијање информација о концентрацији слободне воде и стога о токсичном притиску на екосистем или информација о општој еколошкој судбини неке материје за потребе мониторинга. Хемијски fate модели се често заснивају на концентрацији или испарљивости (непостојаности). Ови модели могу пружити драгоцене информације о дистрибуцији одређене материје између

различитих фаза („compartments“) у животној средини. Ови модели такође пружају информације о времену задржавања, акумулацији и концентрацијама.

Fate модели су још коришћени за опис ретензије одређене материје од извора до водене средине у циљу анализе притиска. У Шведској, IVL у сарадњи са Шведском управом за воде и SMHI, развијају систем у којем се ретензија третира на основу једначина модела равнотеже масе, којима се утврђује афинитет одређене материје према различитим медијумима. На слици 32. приказани су процеси ретензије у језерима и рекама. Једначине за ретензију земљишта су описане уз мање процеса али на сличан начин. Највеће разлике у описивању ретензије органских приоритетних супстанци и ретензије нутријената су процеси испаравања и деградације који зависе од физичко-хемијских својстава те супстанце. Модел за нутријенте је сличан томе, али умногоме зависи од времена стајања воде, а честице и органски садржај у честицама су важнији за тешке металне и органске полутанте него за ретензију нутријентата.



Слика 32. Илустрација процеса описаних у државном IVL fejt моделу ретензије у језерима и рекама. Оптерећење обухвата тачкасте изворе, дифузне изворе и/или транспорт у слив или језеро, а изливање (outflow) је транспорт ван слива у следећи слив или море

Линк за модел фугацитета нивоа III EQC (Mackay et al, downloadable freeware) <http://www.trentu.ca/academic/aminss/envmodel/models/VBL3.html>

### 8.7.2. QSAR модели

За многе супстанце можда неће бити могуће добити хроничну токсичност, а за нове супстанце ни физичко-хемијска својства која су потребна за хемијски fate модел. Модел квалитативног односа структура-активност (QSAR) је однос између хемијске структуре и својства хемијског једињења. Својства хемијске структуре се описују такозваним хемијским дескрипторима који се могу везати за токсиколошке ефекте познатих супстанци. Квантум хемијски модели могу се користити за утврђивање физичко-хемијских својстава нових материја.

## 8.8. Однос између мониторинга и моделирања

Моделирање је поступак за процену и разумевање процеса и извора загађења у сливу, и оно представља допуну физичком мониторингу. Ако модел не може да представи податке мониторинга постоји потреба за дубљим истраживањем услова у одређеном сливу. Ово може указивати и на потребу да се провери квалитет података мониторинга. Међутим, чак и ако модел садржи добру динамику и квантификује оптерећење које тачно одговара подацима мониторинга, и даље је потребно да се донесе стручно мишљење и критички преиспитају резултати. Већини модела потребна је одређена калибрација, а резултат процеса калибрације су веома важне информације. Требало би то узети у обзир ако се параметри калибрације налазе у разумним границама.

## 8.9. ИЗБОР МОДЕЛА ЗА ПРОЦЕНУ ДИФУЗНОГ ЗАГАЂЕЊА ВОДА У СРБИЈИ

У процесу побољшања система за процену дифузног загађења вода у Србији, у пројекту за слив Колубаре примењен је FyrisNP модел који је развијен на шведском Универзитету пољопривредних наука у Упсали (*Department of Aquatic Science and Assessment at Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala*). Овај модел има само два параметра који се користе за калибрацију прорачуна ретензије:  $c_0$  који подешава зависност од температуре и  $kvs$  који подешава зависност од хидрауличке проводљивости (проток/област).  $c_0$  би требало да варира између 0 и 1, док би  $kvs$  требало да буде 0 или већи, али вредности изнад  $kvs = 30$  су неуобичајене. Резултате калибрације изван ових граница могуће је даље истраживати, критички процењујући улазне податке о оптерећењу из различитих извора или процењујући капацитет за ретензију језера и река у сливу.

Друга карактеристика FyrisNP модела је осетљивост која може послужити као смерница на које информације и податке треба додатно обратити пажњу и дорадити их. Анализа сензитивности се најлакше ради путем варирања улазних података (нпр. 10%) и упоређивања резултата бруто и нето оптерећења у под-сливу.

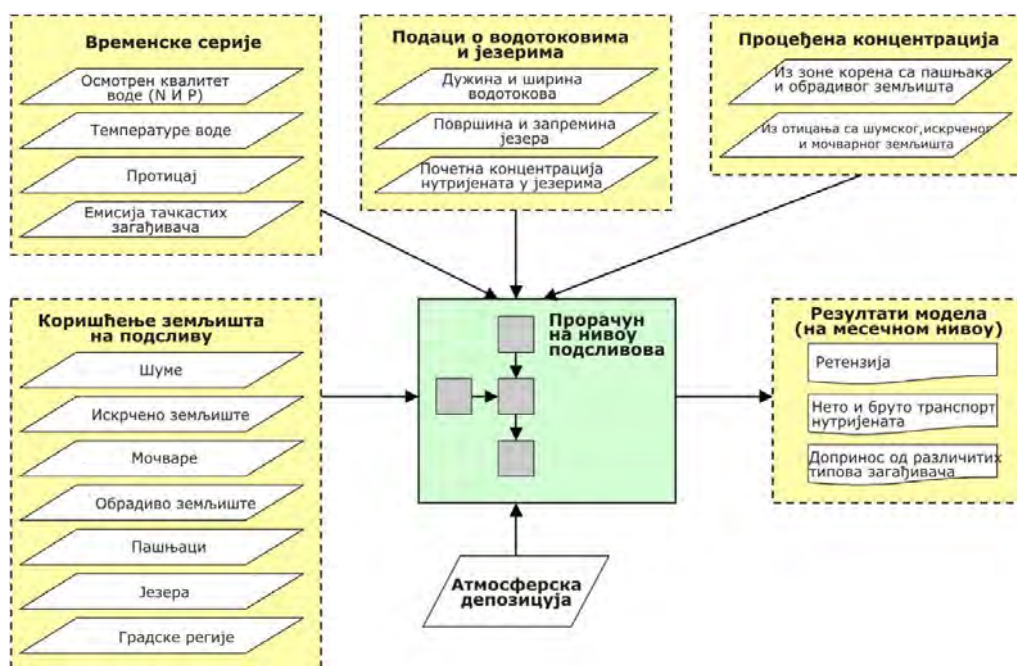
Значајно је схватити да не постоји савршен модел за представљање слива. Корисност једног модела веома зависи од потребе модела за подацима у односу на расположиве улазне податке. Може бити од користи да се исти низ података примени у неколико модела, то је тзв. ансамбл моделирање, како би се добила боља идеја о томе колико се резултати разликују и како су представљени.



## 9. УЛАЗНИ ПОДАЦИ СА СЛИВА КОЛУБАРЕ КОРИШЋЕНИ ЗА FYRISNP МОДЕЛ

FyrisNP модел симулира оптерећења нутријентима на нивоу слива, израчунавајући доприносе узводних подсливова по изворима загађења. Основна сврха модела је да процени ефекат различитих мера, предузетих у циљу редукције нутријената на нивоу слива. У моделу је за прорачун најчешће захтеван временски корак од једног месеца, док је просторна подела на нивоу подсливова. Ретензија, односно губитак нутријената у рекама и језерима настаје таложењем, захватањем од стране биљака и денитрификацијом. Ретензија је у функцији од температуре воде, присуства азота и фосфора у води, протицаја и површине воденог огледала језера и водотокова. Модел је калибрисан у односу на временске серије измерених концентрација азота и фосфора у води река и језера, подешавањем два параметра.

Подаци коришћени за калибрацију и прорачун моделом подељени су у временски зависне податке, као што су временске серије осмотрених концентрација азота и фосфора, температура воде, протицаја и испуштања тачкастих извора загађења, и временски независне податке као што су информације о коришћењу земљишта, површини језера, дужини и ширини водотокова. (Слика 33.).



Слика 33. Генерална структура улазних и излазних података у FyrisNP модел (Hansson et al, 2008).

Да би се извршила симулација, FyrisNP моделом, потребно је припремити Excel фајл који садржи све улазне податке. Excel фајлу се може доделити било које име али је важно да има xls екстензију. Excel фајл садржи између осам и десет радних прозора, зависно од реалне ситуације на терену.

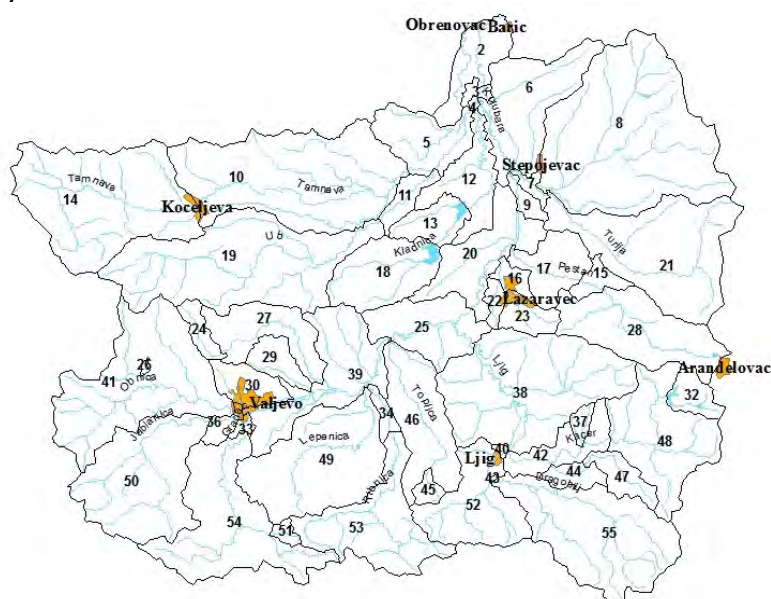
## 9.1. ОСНОВНА СТРУКТУРА ПОДАКА ЗА FYRISNP МОДЕЛ ЗА СЛИВ РЕКЕ КОЛУБАРЕ

Улазни подаци за FyrisNP обухватају просторне подлоге и алфанумеричке податке који су груписани у осам главних категорија: а) делинеација подсливова, б) коришћење земљишта, с) ЕМЕР/МСС-*W* модел за депозицију азота, д) процеђена концентрација азота и фосфора у отицају са ораница и пашњака, е) акумулације, ф) мали тачкасти загађивачи – Разуђена домаћинства на руралном подручју, г) мањи тачкасти загађивачи – одлагалиште стајњака и х) велики тачкасти загађивачи – урбани и индустријски канализациони системи. Осим ових, у модел улазе и низ других: резултати мониторинга квалитета површинских вода, специфични отицај са подсливова, специфичне концентрације азота и фосфора у отицају са непољопривредних површина, итд. Сви ови подаци се могу поделити у две велике групе, у временски зависне и независне податке.

### 9.1.1. ДЕЛИНЕАЦИЈА ПОДСЛИВОВА

За делинеацију/идентификацију подсливова у сливу Колубаре коришћене су следеће платформе:

1. Дигитални модел терена- растер 100x100 m (ArcGis);
2. Векторски слој са хидрографском мрежом у сливу Колубаре (ArcGis);
3. Векторски слој са просторном расподелом тачкастих загађивача: испусти комуналних канализационих система и индустријских загађивача (ArcGIS);
4. Векторски слој са просторном расподелом хидролошких станица у сливу Колубаре на којима се мере водостај и протицај (ArcGis);
5. Векторски слој са просторном расподелом станица у сливу Колубаре на којима је вршен мониторинг квалитета воде водотока у посматраном периоду.



Слика 34. Подсливови слива Колубаре добијени делинеацијом

Делинеација подсливова је извршена на бази просторних података о испустима тачкастих загађивача, хидролошким станицама и станицама за мониторинг квалитета вода. Дефинисане су тачке у односу на које се одређују подсливови, односно формиран је нови векторски слој са тачкама у односу на које је извршена делинеација слива Колубаре. Коришћењем ArcGis алата у процесу делинеације добијена су 54 подслива. (Ознаке подсливова 2....55). Анализом добијених резултата установљено је да су подсливови 31 и 35 занемарљиво малих површина, тако да је извршено њихово припајање суседним подсливовима. На овај начин формирано је укупно 52 подслива. За сваки подслив су одређени: Површина слива (km<sup>2</sup>), ID низводног подслива, Дужина водотока (m), Површина водотока (km<sup>2</sup>), Надморска висина (m), Површина језера (km<sup>2</sup>) (Табела 20.).

**Табела 20. Променљиве које су коришћене у worksheet-у**

Назив променљиве	Јединица	Опис
Catchment_ID	-	Шифра подслива (број)
Station_ID	-	Шифра најближе низводне хидролошке станице за мерење протицаја (број)
Downstream_ID	-	Шифра низводног подслива
Area	km <sup>2</sup>	Укупна површина подслива
Lake area	km <sup>2</sup>	Површина језера
Stream Lenght	m	Дужина тока
Stream area	km <sup>2</sup>	Површина тока
Mountain	km <sup>2</sup>	Површина под планинама (изнад линије дрвећа)
Forest	km <sup>2</sup>	Површина под шумама
Clearcuts	km <sup>2</sup>	Површина где су исечене шуме
Mire	km <sup>2</sup>	Површине под мочварама/барама
Arable	km <sup>2</sup>	Површине под обрадивим земљиштем
Pasture	km <sup>2</sup>	Површине под пашњацима
Open	km <sup>2</sup>	Друга отворена земљишта
Settlements	km <sup>2</sup>	Површине насеља
Urban	km <sup>2</sup>	Површине градова
c_Arable	mg/l	Специфична концентрација од обрадивог земљишта
c_Pasture	mg/l	Специфична концентрација од пашњака
Altitude	m	Надморска висина
Lake Model	-	1 = да, 0 = не
Dep Lake	kg/mesec/km <sup>2</sup>	Депозиција азота на површину језера (0 за Фосфор)
Dep Clearcut	kg/mesec/km <sup>2</sup>	Депозиција азота на површину где су исечене шуме (0 за Фосфор)
Model Lake Name	-	Назив језера које је укључено у модел
Model Lake Area	km <sup>2</sup>	Површина језера
Model Lake Depth	m	Средња дубина језера
Model Lake Volume	km <sup>3</sup> *10 <sup>6</sup>	Запремина језера
Initial Lake Concentration	mg/l	Иницијална концентрација азота у језеру



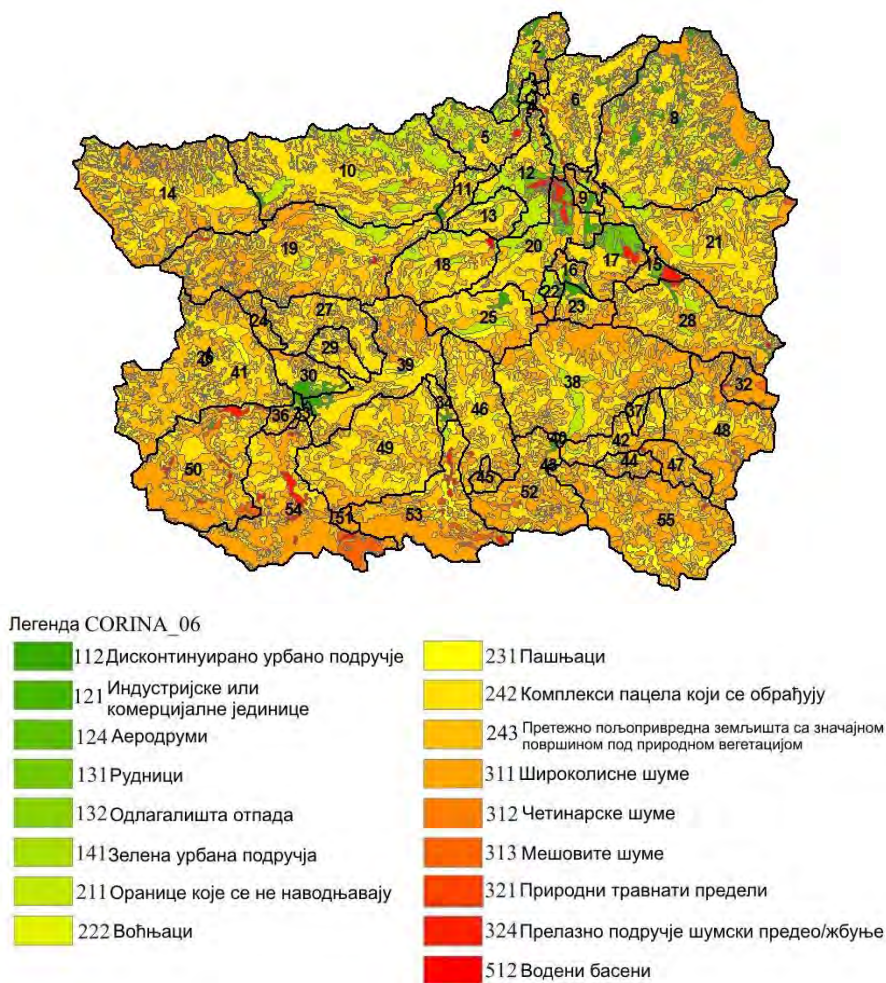
Слика 35. Предео села Беомужевић, општина Ваљево

---



### 9.1.2. КОРИШЋЕЊЕ ЗЕМЉИШТА

Начин коришћења земљишта и одговарајуће површине за сваку класу (CORINE land cover classes) на 52 подслива добијени су преклапањем слојева CORINE LAND COVER 2006 и векторског слоја свих подслива. База података CORINE LAND COVER је коришћена због немогућности обезбеђења одговарајућих сателитских снимка и њихове интерпретације. Коришћењем сателитских снимка добили би се прецизнији подаци о начину коришћења површина и распореду пољопривредних култура.

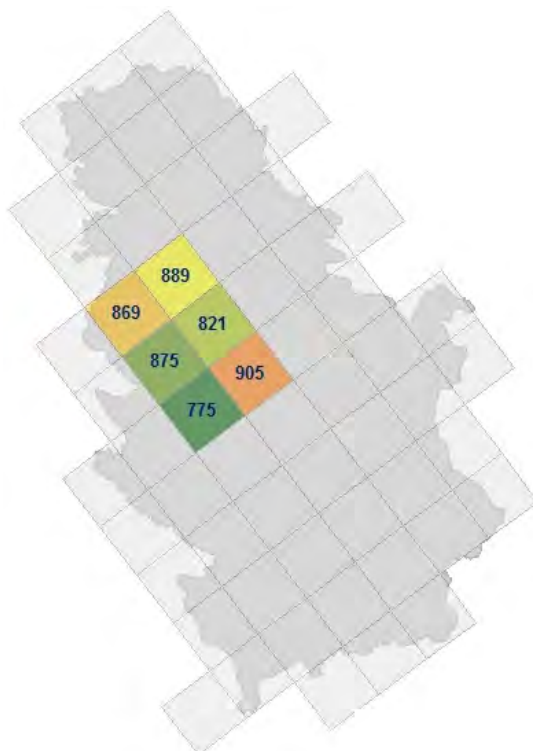


Слика 36. Начин коришћење земљишта на сливу Колубаре

### 9.1.3. ЕМЕР/МСС-В МОДЕЛ ЗА ДЕПОЗИЦИЈУ АЗОТА

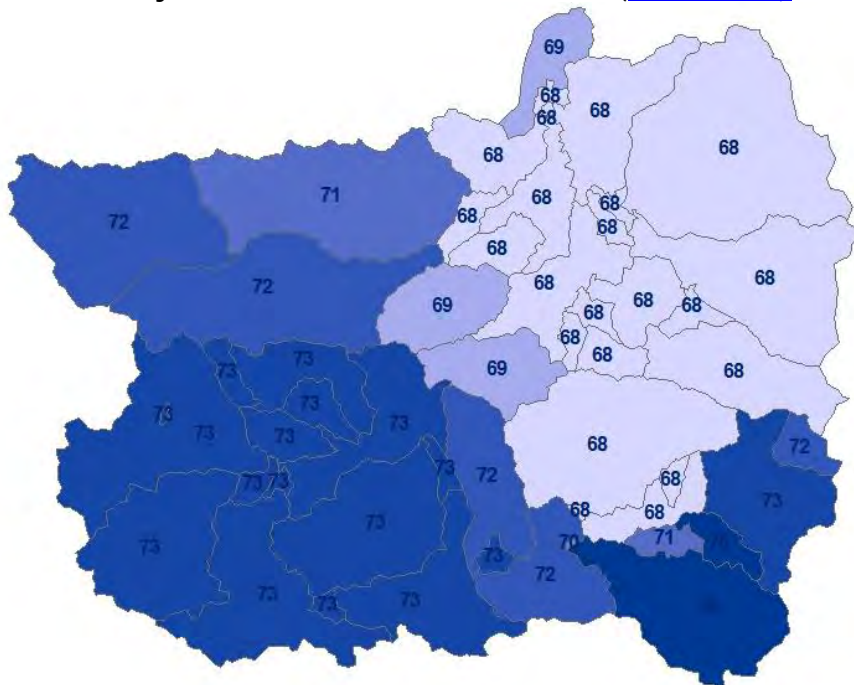
Депозиција (deposition) азота на нивоу подслива је урађена коришћењем резултата ЕМЕР модела доступних на сајту ([www.emep.int](http://www.emep.int)) у виду грид мапа (50x50 km). (Слика 37.)





Слика 37. ЕМЕР грид 50x50 km и просечна депозиција азота у  $\text{mgN/m}^2$  (2006-2010)

Годишње депозиције азота на територији Србије приказане ЕМЕР мрежом (грид 50x50km) преклопљене су слојем подсливова Колубаре и добијене су вредности депозиције азота за сва 52 подслива. (Слика 38.)

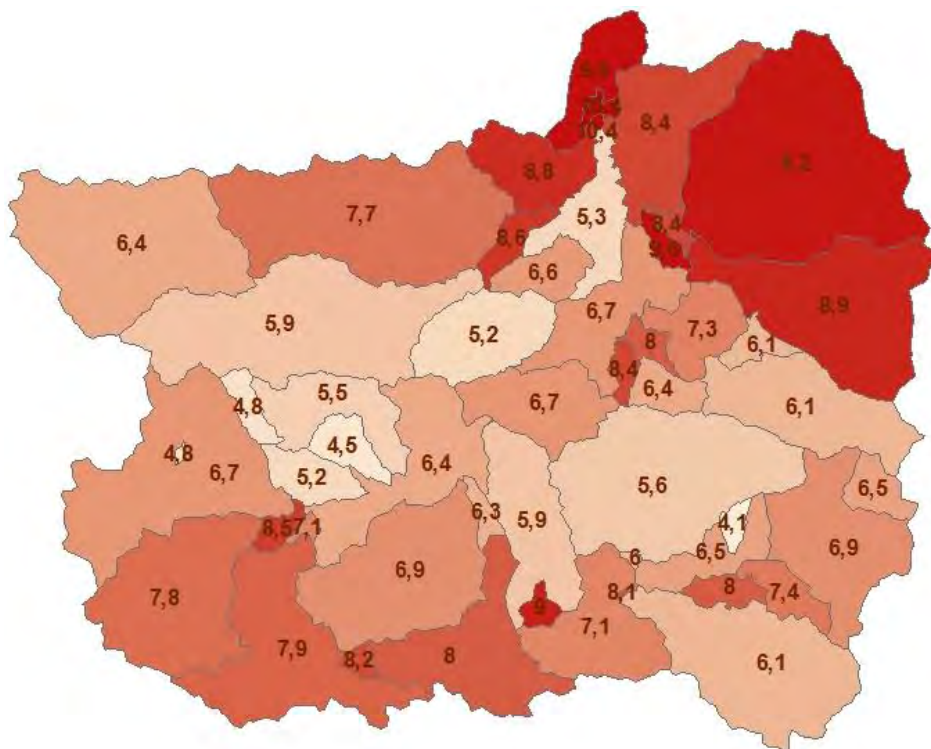


Слика 38. Депозиција азота на нивоу подсливова Колубаре у  $\text{kg/km}^2/\text{месец}$  (2006-2010)

#### 9.1.4. ПРОЦЕЂЕНА КОНЦЕНТРАЦИЈА АЗОТА И ФОСФОРА У ОТИЦАЈУ СА ОРЕНИЦА И ПАШЊАКА

Текстурна мапа израђена је на бази педолошке мапе земљишта за слив Колубаре и података о просечном механичком саставу земљишта за одређену групу земљишта за целу територију Србије према класификацији *World Reference Base (WRB)*.<sup>1</sup> Преклапањем слојева подсливова, CORINE и текстурне мапе дефинисана је површина пољопривредног земљишта по типу земљишта и  $\text{km}^2$  (*arable land per soil type*) за сваки подслив. Ово је прва улазна табела за модел SOILNDB (*Swedish University of Agricultural Sciences*).

Друга улазна табела за модел добијена је преклапањем слојева подсливова, CORINE и процента пољопривредних култура по општинама,<sup>2</sup> чиме је дефинисан проценат пољопривредних култура по подсливовима. Трећа улазна табела за модел добијена је на основу концентрација азота одређених експерименталним мерењима са слива Капошвар у Мађарској из EUROHARP пројекта. Табела садржи податке процеђене концентрације (*leaching concentration*) азота ( $\text{mgN/l}$ ) у отицају са пољопривредног земљишта у зависности од врсте пољопривредних култура и текстуре земљишта. Излаз из модела SOILNDB је просечна вредност процеђене концентрације (*leaching concentration*) азота ( $\text{mgN/l}$ ) по подсливу и представља улазни податак за FyrisNP модел. (Слика 39.) Исти поступак је поновљен за фосфор.



Слика 39. Просечна вредност процеђене концентрације (*leaching concentration*) азота ( $\text{mg/l}$ ) по подсливу

<sup>1</sup> Основна педолошка карта Србије 1:50000 са пратећом базом података

<sup>2</sup> Статистички годишњак 2007-2011 подаци за 2006-2010

Нема информација или резултата научних истраживања о процеђеним концентрацијама из земљишта коришћених у друге намене у сливу реке Колубаре, које се користе у FyrisNP моделу (шуме, планине-голети, искрчено земљиште, мочваре, жбунолике шуме (шикаре), урбано земљиште). Учешћа различитих типова употребе земљишта по CORINI у сливу Колубаре су: 72% обрадива и пашњаци, 25% - шуме, 2,7% - урбано, 1,2% - шикаре и природне ливаде и 0,1%-водене површине. Из литературе<sup>1,2</sup>, су преузете вредности процеђених концентрација азота и фосфора за све класе употребе земљишта осим за обрадиво земљиште и пашњаке (Табела 21). Процеђене концентрације су упоређене са подацима мониторинга у малим сливовима, успостављеног током овог пројекта. Подаци мониторинга су потврдили изабране вредности нутријената за просторе где доминирају шуме и износиле су 0,8 mg/l укупног азота и 0,076 mg/l укупног фосфора.

Table 21. Процеђене концентрације укупног азота и укупног фосфора за наведене класе употребе земљишта

Параметар	Планине-голети	Шуме	Искрчена земљишта	Мочваре	Шикаре	Урбано
Укупни азот (mgN/l)*	0.00	0.75	0.00	0.00	0.90	1.50
Укупни фосфор (mgP/l)*	0.000	0.08	0.000	0.000	0.056	0.087

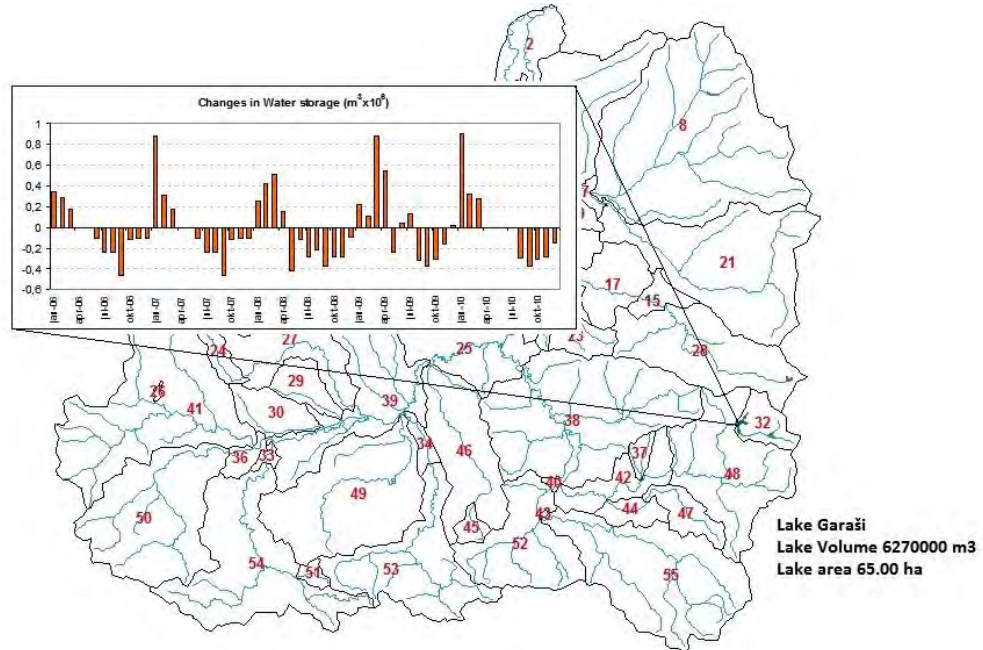
\* Није узета у обзир сезонска варијабилност ових параметара јер не постоје резултати оваквих мерња

<sup>1</sup> National calculation of gross load from storm water in Sweden, Mikael Olshammar, IVL

<sup>2</sup> Modelling the importance of baseflow in the runoff and transport of pollution in stormwater ditches and stormwater pipes, Maria Arwidsson, School of Earth, Atmospheric and environmental sciences, 2011

### 9.1.5. ЈЕЗЕРА

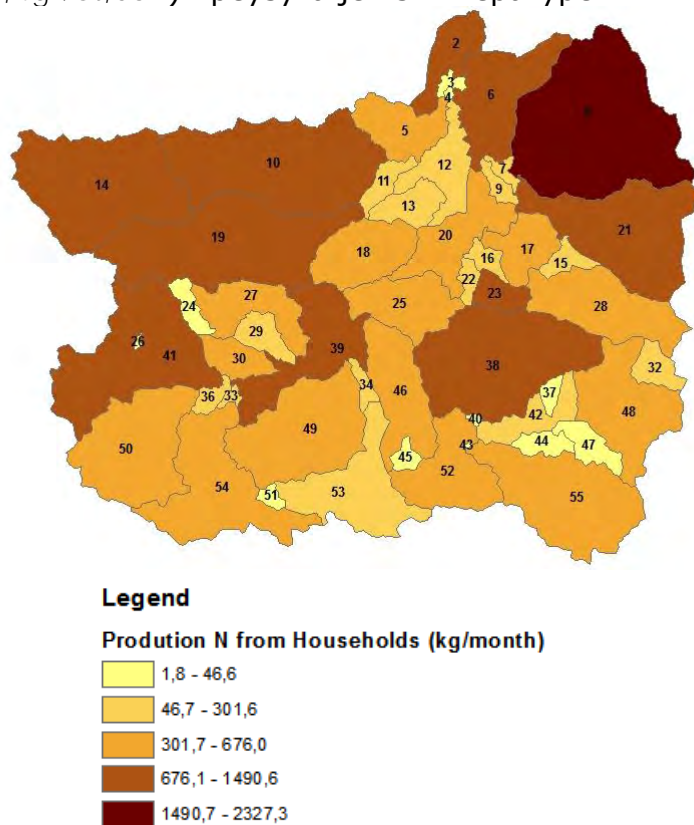
Акумулације имају велики утицај на низводни транспорт нутријената. Улазни подаци за модел заснивају се на подацима осматрања запремине воде у акумулацији. Промена запремине на месечном нивоу добијена је на основу осматрених запремина на дневном нивоу. Ове промене унешене у модел узимају у обзир степен утицаја масеног протока (water mass flow) (Слика 40.).



Слика 40. Акумулација Гараши – дијаграм промене запремине ( $m^3 \times 10^6$ )

### 9.1.6. МАЛИ ТАЧКАСТИ ЗАГАЂИВАЧИ – РАЗУЂЕНА ДОМАЋИНСТВА НА РУРАЛНОМ ПОДРУЧЈУ

Утицај домаћинства са руралног подручја на загађење водотокова срачунат је на бази статистичких података о броју становника у насељима и података о степену прикључености на канализационе системе у насељима,<sup>1</sup> тако што је одређен број становника по насељима који нису прикључени на канализациони систем. Дељењем тог броја становника са површином насеља одређен је број становника који нису прикључени на канализациони систем по  $\text{km}^2$ , уз претпоставку да је становништво равномерно распоређено по површини насеља. Коришћењем GIS алата, за сваки подслив одређен је удео површине насеља у површини подслива, а потом и број становника који нису прикључени на канализациони систем на нивоу подсливова. Добијени број становника који нису прикључени на канализациони систем за сваки подслив множен је са *коэффицијентом оптерећења* и одређено је укупно оптерећење N и P које потиче од ове врсте загађивача у  $\text{kg}/\text{mesec}$ . (Слика 41.) Величина *коэффицијента оптерећења* за срачунавање притисака од становништва без прикључка на канализацију (Укупни азот =  $3,1\text{gr}/\text{st,dan}$ , укупни фосфор =  $0,4\text{gr}/\text{st,dan}$ ) преузута је из литературе.<sup>2</sup>



Слика 41. Укупно оптерећење азотом које потиче од домаћинства на руралном подручју на нивоу подсливова

<sup>1</sup> Анализа притисака и процена утицаја на водне ресурсе, Институт за водопривреду Јарослав Черни, Београд, 2011.

<sup>2</sup> План управљања водама за слив реке Дунав, део 1: Анализа карактеристика слива Дунава у Србији - Нацрт, Институт за водопривреду Јарослав Черни, Београд, децембар 2011.



### 9.1.7. Мањи тачкасти загађивачи – одлагалиште стајњака

Коришћењем дигиталних подлога (карта слива реке Колубаре са дефинисаним подсливовима и карте општина у сливу), статистичких података о броју домаћих животиња у општинама изражених преко сточне јединице (*Animal Unit, AU*), продукције стајског ђубрива по *AU* и просечне вредности азота и фосфора у стајском ђубриву одређена је продукција азота и фосфора од домаћих животиња по општинама.<sup>1,2</sup>



Слика 42. Типично чување стајњака у Србији – Село Баталаге, Општина Коцељева

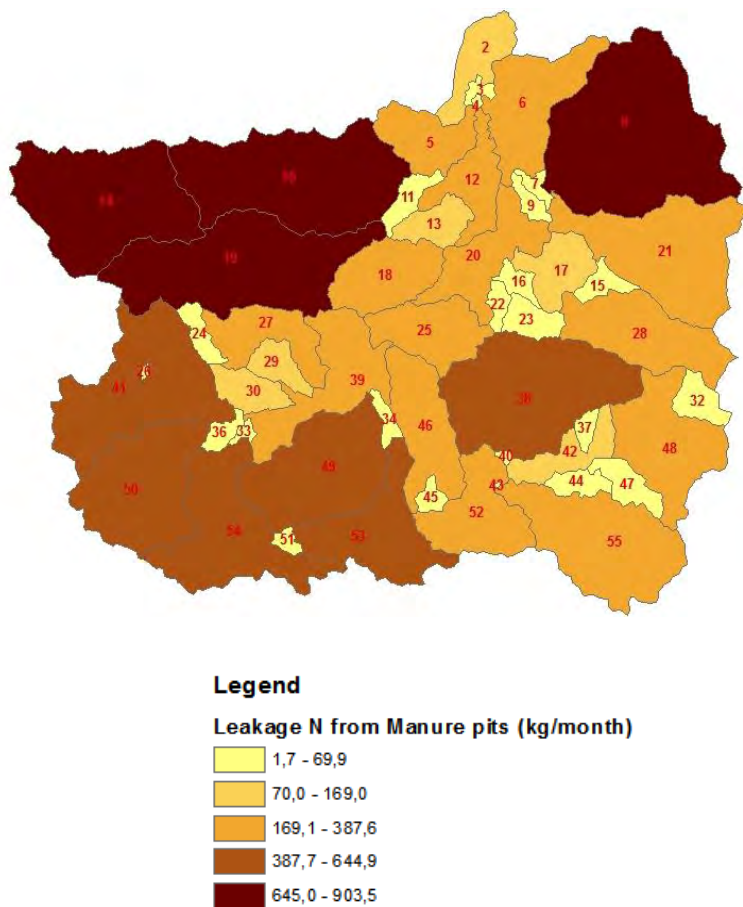
Преклапањем векторских слојева подсливова и општина одређено је процентуално учешће општина по подсливовима и онда одређена продукција азота и фосфора од домаћих животиња по подсливовима. Множењем ових

<sup>1</sup> Републички завод за статистику, Статистички годишњак 2006,2007,2008.

<sup>2</sup> Усвојени коефицијенти оптерећења:

- a) 1 крава или коњ = 1 (*Animal Unit, AU*), 1 свиња = 0,12 (*Animal Unit, AU*), 1 овца или коза = 0,1 (*Animal Unit, AU*), живина = 0,00312 (*Animal Unit, AU*), где је (*Animal Unit, AU*) сточна јединица годишње (Публикација Анализа притисака и процена утицаја на водне ресурсе – институт за водoprивреду Јарослав Черни Београд 2011)
- b) Продукција стајског ђубрива по *AU* годишње је 10 тона (Reduction of Pollution Releases through Agricultural Policy Change and Demonstrations by Pilot Projects Tabela 2. Стандард стајског ђубрива -просечна вредност за краве)
- c) Просечне вредности хранљивих материја просечно чуваног стајског ђубрива су: 0,5% N и 0,3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Извор EU CARDS Регионални програм 2003, Пилот план управљања сливом реке Саве, Карактеризацијски извештај за слив реке Колубаре, 2007)

вредности са процентом процуривања из стајњака<sup>1</sup> добијено је коначно оптерећење подсливова од процуривања из стајњака. (Слика 43. )

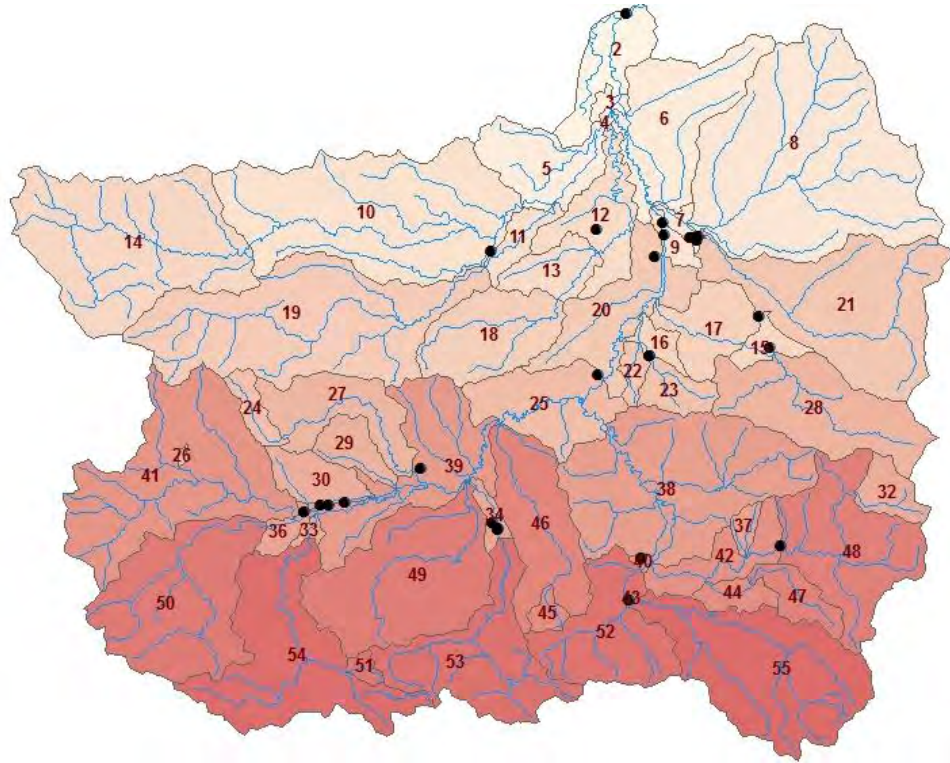


Слика 43. Оптерећење подсливова азотом од процуривања из стајњака

<sup>1</sup> Процент процуривања из стајњака 2% (модел *Србијаводе*) (Percent of leakage from manure pits 2%)

### 9.1.8. Велики тачкасти загађивачи – урбани и индустријски канализациони системи

Подаци о комуналним и индустријским загађивачима обухватају координате испуста, емисионе концентрације и запремине изливених отпадних вода. Ови подаци служе за прорачун оптерећења азотом и фосфором у одговарајућим подсливовима.



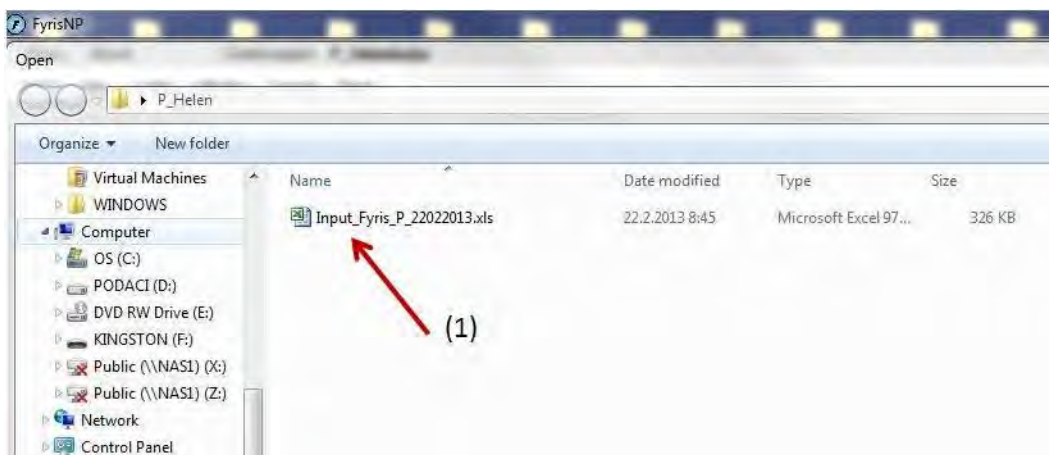
Слика 44. Велики тачкасти загађивачи – урбани и индустријски канализациони системи на сливу реке Колубаре

## 9.2. МОДЕЛИРАЊЕ ОПТЕРЕЋЕЊА КОРИШЋЕЊЕМ FYRISNP – СЛИВ КОЛУБАРЕ

### 9.2.1. УЧИТАВАЊЕ УЛАЗНИХ ПОДАТАКА

У току реализације пројекта урађена је обимна припрема и обрада просторних и алфанумеричких података коришћењем различитих апликација опште и посебне примене, као што су: MScExcel, MSAccess, ArcGis AutoCad, одређене су вредности неопходних улазних параметара (Видети поглавље 9.1.). Подаци су систематизовани у форми улазног фајла (input file) у xls формату са 8 worksheets-ova: Catchment, COBS, Major point sources, Minor point sources, Temperature, Type specific concentration, Specific runoff, Storage.

#### a) Учитавање улазних података - Load the input file

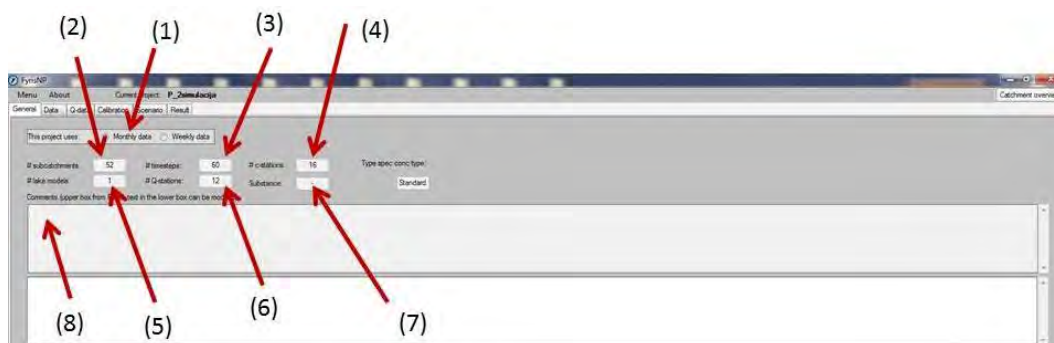


Симулација са FyrisNP започиње дефинисањем радног директоријума, радног простора и пројекта, односно учитавањем фајла са улазним подацима (1).

#### b) Провера података - The *General tab*

Прозор *General tab*, омогућава да се дефинише временски корак симулације (месец, недеља) (1). Такође, омогућава да се провери број учитаних подсливова (2), дужина учитаних временских серија (3), број станица на којима је вршено испитивање квалитета воде односно одређиване су концентрације укупног азота и укупног фосфора на бази којих ће се извршити калибрација модела (4), број језера која су укључена у модел (5), број хидролошких станица на којима је мерен протицај (6). Прозор нам омогућава да дефинишемо параметар за који се ради симулација (7), као и додавање неопходних коментара, који се уписују у предвиђено поље (8), а могу бити значајни приликом тумачења излазних резултата.





За слив Колубаре су учитани подаци за 52 подслива. Временске серије средње месечних концентрација укупног азота и фосфора за период од 5 година (2006-2010) са временским кораком од месец дана, односно 60 временских корака. У модел је укључена једна акумулација (Гараши), док су хидролошки подаци (протицаји) били доступни за 12 станица.

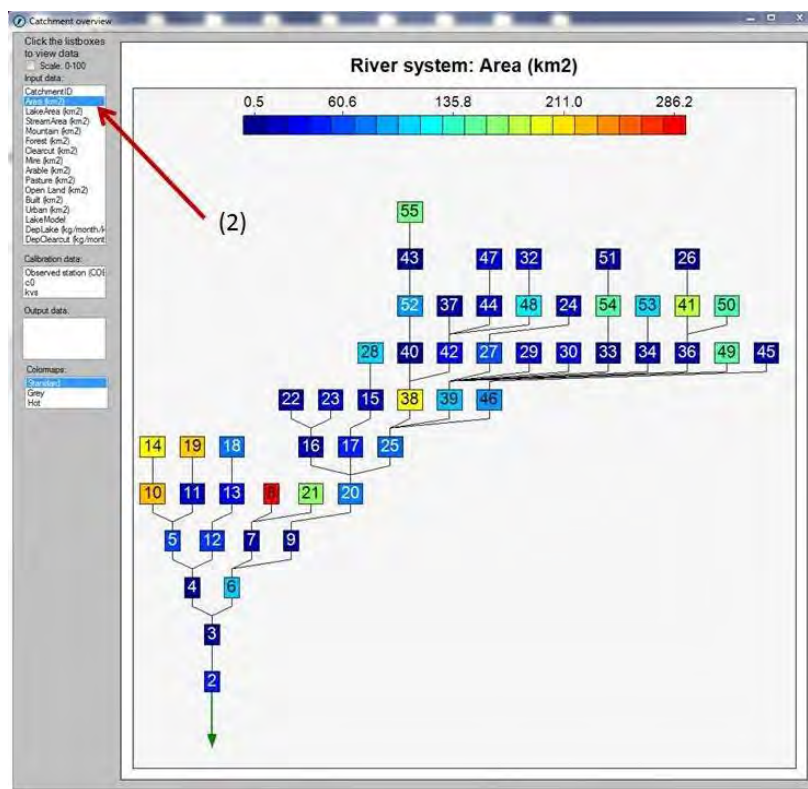
с) **Преглед слива- Catchment overview**

Софтвер омогућава визуелизацију улазних података (1) .



(1)

Положај подсливова приказан је у структури стабла, са тачно дефинисаним узводно/низводним поретком подсливова и међусобним везама.



(2)



d) Табела података- *The Data tab*

Прозор *Data* омогућава преглед свих улазних податка неопходних за рад модела у табеларном облику у структури дефинисаној улазним фајлом.

CatchmentID	StationID	DownstreamID	Area (km <sup>2</sup> )	LakeArea (km <sup>2</sup> )	StreamLength (m)	StreamArea (km <sup>2</sup> )	MixArea (km <sup>2</sup> )	Forest (km <sup>2</sup> )	OpenLand (km <sup>2</sup> )	Mea (km <sup>2</sup> )	Arable (km <sup>2</sup> )	Pasture (km <sup>2</sup> )	Open Land (km <sup>2</sup> )	Bulk (km <sup>2</sup> )	Urban (km <sup>2</sup> )
2	45920	-1	45.030867602744	0	25417.813471	0	3.75793277278	0	36.67083439278	0	0	0	0	0	0.143321
3	45920	2	5.53386047029	0	3252.50853	0.002350093	0	0.31028991048	0	0	4.60770388103	0	0	0	0
4	45920	3	1.248350045326	0	2175.907951	0.00217960191	0	0.38028414304	0	0	0.80232427605	0	0	0	0
5	45920	4	57.735776416472	0	33153.457912	0.00345457992	0	2.18924894963	0	0	42.72979164205	0	1.511979193576	0	1.291762
6	45920	3	103.5248272986...	0	50410.067269	0.00410057069	0	6.04658473932	0	0	90.80131406157	0	2.88033044706	0.312117644756	4.268369
7	45920	6	7.11253532439	0	5488.718675	0.00480119675	0	1.39120493873	0	0	5.3888272331	0	0	0.00181008796	0.288817
8	45920	7	286.1541259641...	0	117618.574615	0.117618574615	0	63.762335514717	0	0	207.472697700	0	0.272428132428	0.27126869106	1.417837
9	45920	6	9.744948803387	0	4885.174682	0.00480119675	0	1.77911460236	0	0	6.262058791217	0	0.103060418331	0.183716751431	1.462081
10	45917	5	223.7258124628...	0	101554.23363	0.10155423363	0	18.212404957967	0	0	202.3476982748	0	0.457338058185	0	2.768121
11	45920	5	17.464139249737	0.254445343784	9527.602066	0.00527602066	0	0.681514729562	0	0	15.312041645465	0	0	0	1.216677
12	45920	4	53.363271695088	0	26665.172958	0.00665172958	0	1.09332231808	0	0	44.81401171888	0	1.91578402878	5.526786867758	0
13	45920	12	30.214060853371	0	15119.919912	0.015119919912	0	1.63694606274	0	0	28.57014932071	0	0	0	0
14	45914	10	202.4359047909...	0	91244.91114	0.09124491114	0	58.183956427776	0	0	142.32469115305	0	0	0.57627205811	0.837885
15	45920	17	14.187224883241	0	3039.099019	0.00303909019	0	2.21748946038	0	0	7.321991570812	0	2.873456236442	1.47014882111	0.304126
16	45920	20	11.296686827493	0	4375.195873	0.004375195873	0	1.89957696913	0	0	7.94591164622	0	0	0.022911456775	1.729885
17	45920	20	45.895141910389	0	9814.667365	0.00814667365	0	5.23880641472	0	0	24.36448702854	0	2.41892826236	13.784328790677	0.078603
18	45920	13	74.419855326077	0.775677462826	26203.006454	0.002620006454	0	6.9132407830405	0	0	66.78920306006	0	0.04219433823	0	0

Овај прозор садржи податке о: подсливовима (1), емисији великих тачкастих загађивача (2), емисији малих тачкастих загађивача (3), специфичним концентрацијама азота/фосфора у процедурним водама са различито коришћеног земљишта (4), средње месечној температури воде у сливу (5), осредњеним вредностима измерених концентрација укупног азота/фосфора на месечном нивоу (6).

d.1) Примар података подсливова - *The Data tab (Пример Catchment-data)*:

Табела у прозору *Catchment* (1) садржи податке о 52 подслива који су потребни за квантификацију транспорта нутријената. Они укључују информације о хидрографској мрежи и коришћењу земљишта на нивоу подсливова, депозицији, процеђеној концентрацији азота и фосфора у отицају са обрадивих површина и пашњака и податке о језеру укљученом у модел.

(1)

CatchmentID	StationID	DownstreamID	Area (km <sup>2</sup> )	LakeArea (km <sup>2</sup> )	StreamLength (m)
2	45920	-1	45.030867602744	0	25417.813471
3	45920	2	5.53386047029	0	3252.50853
4	45920	3	1.248350045326	0	2175.907951
5	45920	4	57.735776416472	0	33153.457912
6	45920	3	103.5248272986...	0	50410.067269
7	45920	6	7.11253532439	0	5488.718675
8	45920	7	286.1541259641...	0	117618.574615
9	45920	6	9.744948803387	0	4885.174682
10	45917	5	223.7258124628...	0	101554.23363
11	45920	5	17.464139249737	0.254445343784	9527.602066
12	45920	4	53.363271695088	0	26665.172958
13	45920	12	30.214060853371	0	15119.919912
14	45914	10	202.4359047909...	0	91244.91114
15	45920	17	14.187224883241	0	3039.099019
16	45920	20	11.296686827493	0	4375.195873
17	45920	20	45.895141910389	0	9814.667365
18	45920	13	74.419855326077	0.775677462826	26203.006454

Табела у прозору *Major point sources* (2) садржи податке о великим тачкастим изворима загађења као што су постројења за пречишћавање отпадних вода насеља и индустрија. Пример је дат за постројење за пречишћавање отпадних вода Ваљева (WWTP Ваљево) са масеним протоком укупног азота/фосфора, и kg/месец, за одговарајући месец и годину.

(2)

CatchmentID	Facility	Year	Month	Load (kg/month)
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	1	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	2	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	3	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	4	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	5	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	6	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	7	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	8	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	9	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	10	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	11	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2006	12	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2007	1	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2007	2	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2007	3	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2007	4	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2007	5	1950
39	WWTP Valjevo -Goric	2007	6	1950

Табела у прозору *Minor point sources* (3) садржи податке о оптерећењу од малих тачкастих извора загађења као што су разуђена насеља са септичким јамама и процењеном оптерећењу од домаћих животиња (говеда, свиње, живина....). Процењени масени протоци у kg/месец који потичу од домаћинства која нису прикључена на канализациони систем и одлагалишта стајњака приказани су на нивоу подсливова.

(3)

CatchmentID	Households	Minor 1	Minor 2
2	141.4132694570...	44.24373227475...	0
3	4.632251474789...	5.437129123616...	0
4	1.041802744342...	1.226529007074...	0
5	56.37331533834...	58.18409143446...	0
6	138.4470845867...	84.13718740043...	0
7	16.30771234617...	4.002855659386...	0
8	300.2924148134...	183.7271378581...	0
9	21.67392119161...	5.484348644892...	0
10	192.3369677680...	236.5845867573...	0
11	24.87675849647...	18.29905965169...	0
12	38.91637846563...	53.37582003058...	0
13	19.59306314876...	31.65071883204...	0
14	131.3005222578...	219.6518727941...	0
15	18.67093326505...	7.985698096928...	0
16	16.28307097415...	6.358777824648...	0
17	45.38282868729...	25.82927467570...	0
18	41.84543695357...	71.53899210162...	0
19	107.8460386142...	219.7291636630...	0



Табела у прозору *Type specific concentration* (4) садржи процењене (усвојене) податке о процеђеним специфичним концентрацијама (eng. *Type specific concentrations*) укупног азота/фосфора са различито коришћених земљишта. Подаци су дати у mg/l по месецима за одређену врсту коришћења земљишта.

(4)

	Mountain	Forest	ClearCut	Mire	Open Land	Urban
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087
0	0	0.08	0	0	0.056	0.087

е) **Специфични отицај** - *The Q-data tab - Specific Runoff (mm/month)*

Прозор Q-data страница садржи улазне податке о израчунатим специфичним отицајима, израженим у mm/month (1), израчунатих на бази измерених протицаја са 12 хидролошких станица као и податке о промени запремине акумулације Гараша (2) у периоду 2006-2010.

(1)

Qstation 1	Qstation 2	Qstation 3	Qstation 4	Qstation 5	Qstation 6
45902	45903	45904	45905	45906	45908
45.6	24.63	36.25	47.97	66.05	28.33
65.41	34.81	52.52	143.46	80	35.77
168.61	110.64 (2)	183.45	234.51	149.55	159.49
93.71	65.1	46.96	102.13	50.2	94.77
57.49	37.12	23.23	51.17	55.42	1.46
69	53.02	56.27	166.08	77.63	22.52
24.73	5.67	5.55	21	16.04	19.95
22.64	9.1	8.94	8.1	39.22	20.35
21.13	4.42	5.88	9.18	16.48	18.57
14.12	3.02	4.42	16.63	11.74	14.22
16.32	3.92	4.77	18.98	20.08	10.6
17.82	5.07	7.89	18.76	41.75	10.52
72.26	29.98	31.36	7.46	27.08	26.79
43.95	13.52	16.3	41.5	17.37	9.85
79.97	34.08	48.23	59.69	60.73	30.67
29.68	7.49	9.39	28.88	21.35	3.39

f) **Калибрација модела**

Један од најзначајнијих корака у процесу моделовања је калибрација модела. Калибрација подразумева хармонизовање резултата модела са мереним вредностима уз одређивање два емпиријска калибрациона параметра:  $C_0$  [-] од кога зависи подешавајући фактор температуре  $T_a$  [-] и  $kvs$  [ $LT^{-1}$ ] од кога зависи подешавајући фактор протока  $Q_a$  [-]. Помоћу оба параметра одређује се коефицијент ретензије  $R$  [-].

У циљу процене слагања симулираних и мерених вредности, користе се две статистичке мере у FyrisNP моделу: ефикасност модела  $E$  и коефицијент корелације  $r$ .  $E=1$  подразумева да су моделоване и мерене серије података идентичне,  $E=0$  подразумева да је моделована серија тачна као просечна вредност осмотрене серије. Модел обезбеђује кориснику три различита метода калибрације и/или евалуације осетљивости на појединачне вредности параметара.

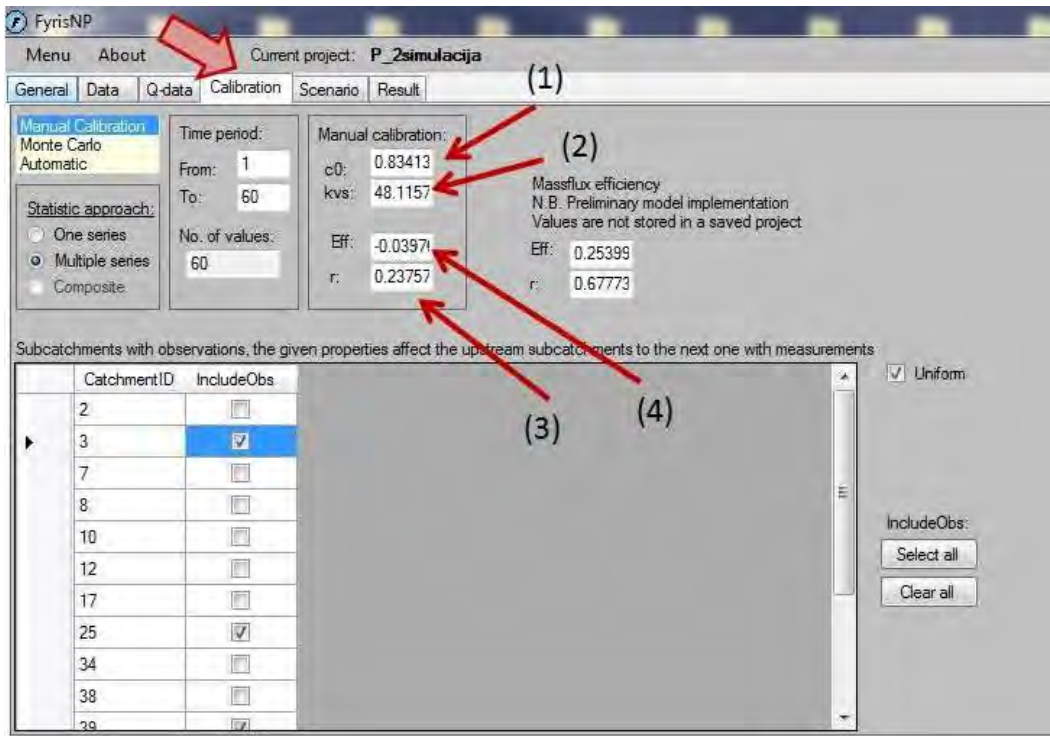
1. **Аутоматска калибрација**, користи Simplex алгоритам (Sorooshian, S., Gupta, V.K., 1995), да одреди оптималне вредности параметара ( $C_0$ ,  $kvs$ ) унутар унапред задатих интервала. Оптималне вредности параметара су оне које обезбеђују највишу вредност ефикасности модела  $E$  за задате интервале. Резултат је презентован оптималним вредностима параметара ( $C_0$ ,  $kvs$ ) и ефикасности модела  $E$ . Метода је једноставна, поуздана и брза због малог броја симулација.

2. **У Monte Carlo** симулацији, корисник задаје граничне вредности оба калибрациона параметра ( $C_0$ ,  $kvs$ ) и број појединачних симулација чији максималан број може бити 10000. Зато трајање прорачуна може бити дуго, али даје најпрецизније резултате. Резултат је презентован оптималним вредностима параметара ( $C_0$ ,  $kvs$ ) и ефикасношћу модела  $E$  и коефицијентом корелације  $r$ . Исход може бити анализиран графички у моделу путем scatter дијаграма.

3. **Ручна калибрација** дозвољава кориснику да експлицитно зада оба параметра ( $C_0$  и  $kvs$ ), након чега модел изврши једну симулацију за селектовани временски период. Користећи резултате мерења са изабраних мерних станица израчунава ефикасност модела  $E$  и коефицијент корелације  $r$ . Калибрација се мора завршити овом методом јер она обезбеђује излазне резултате. Корисник може прегледати резултате симулације на графицима временских серија или на графицима који приказују однос симулираних и осмотрених концентрација за изабране подсливове.

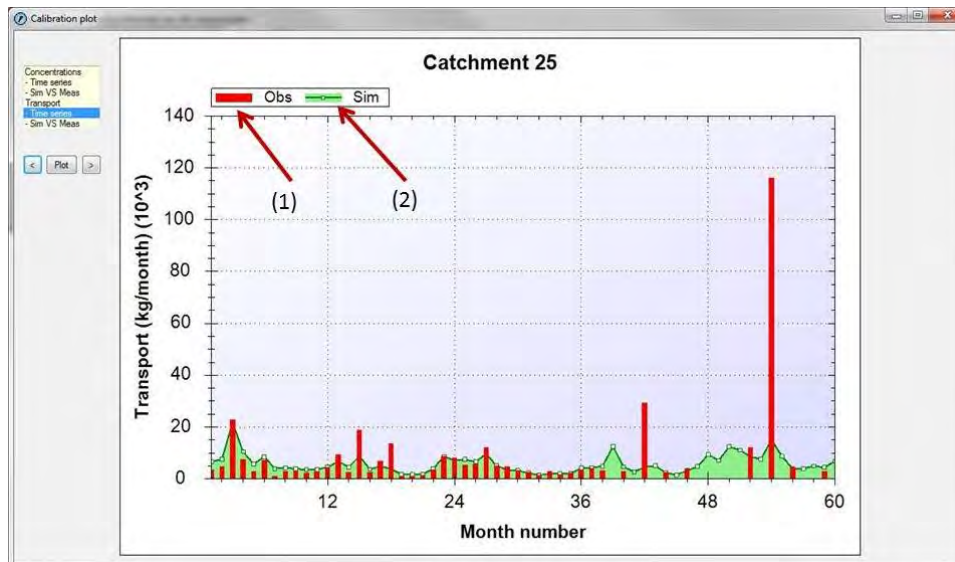
g) **Калибрациона табела**-The *Calibration* tab

Прозор Calibration омогућава да се да се кроз подешавање калибрационих коефицијената  $C_0(1)$  и  $kvs$  (2) добије задовољавајуће слагање између осмотрених и симулираних вредности концентрација односно масеног протока укупног азота/фосфора. Степен слагања одређују вредности коефицијента ефикасности  $Eff(3)$  и коефицијента корелације  $r(4)$ .



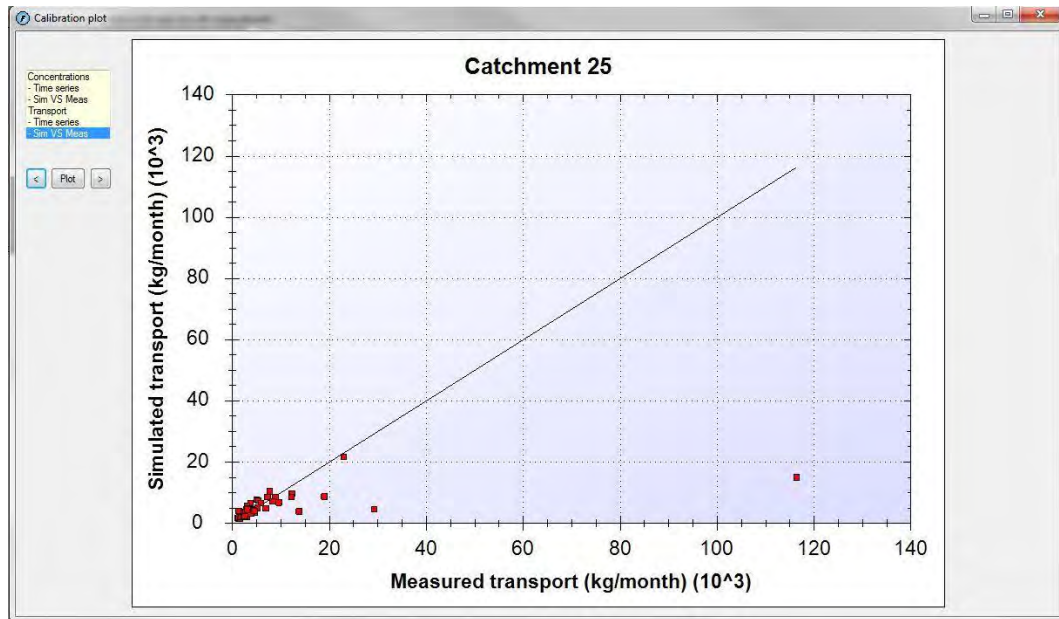
h) **Презентација калибрационих резултата**-*Presentation of the calibration results - Manual Calibration*

Дијаграмски приказ подударања вредности временских серија осмотрених концентрација или масених протока укупног азота/фосфора и израчунатих вредности применом FyrisNP, у посматраном периоду за изабрани подслив, приказан је у прозору *Calibrationi plot*.



Визуелна мера слагања измереног и симулираног масеног протока за подслив 25 приказана је дијаграмом корелације.





### 9.2.2 РЕЗУЛТАТИ – ПРОЦЕНА ОПТЕРЕЋЕЊА И РАСПОДЕЛА ИЗВОРА ЗАГАЂЕЊА

Апликацијски прозор *Result* омогућава преглед излазних података из модела који се добијају извршењем упита (*Query*): *Internal load, Sources, Apportionment and Catchment control*.

#### а) Интерно оптерећење-*Internal Load*

У прозур у апликације *Results*, након извршења упита (*eng. query*) *Internal load* (1), приказани су бруто и нето масени протоци укупног азота/фосфора засебно по сваком подсливу. Модел омогућава да се добијени подаци прикажу графички .

Catchment ID	Gross contribution (kg)	Net contribution (kg)
2	56397.2319106478	55194.1712321088
3	711.272463708618	709.333946518997
4	165.890717887241	164.214259086184
5	7918.03938625157	6722.09335790381
6	15607.3803208563	14870.924884802
7	4330.07180020036	3799.44527119247
8	37663.6531193123	12957.4455269803
9	73793.0875513443	73372.1947528422
10	45253.049925399	22235.5673849415
11	37007.723011745	9941.88509437033
12	8122.5452764257	4018.16289509237
13	3860.10689627972	1962.28512211502
14	34019.8788492437	14664.2101965326
15	2074.72184676461	1607.50244766222
16	76867.2217915247	35356.98306913
17	5798.84356773613	4015.43538526072
18	9308.00414052041	870.859468005561
19	34739.7894624324	7806.95346150431

### b) Извори загађења-Sources

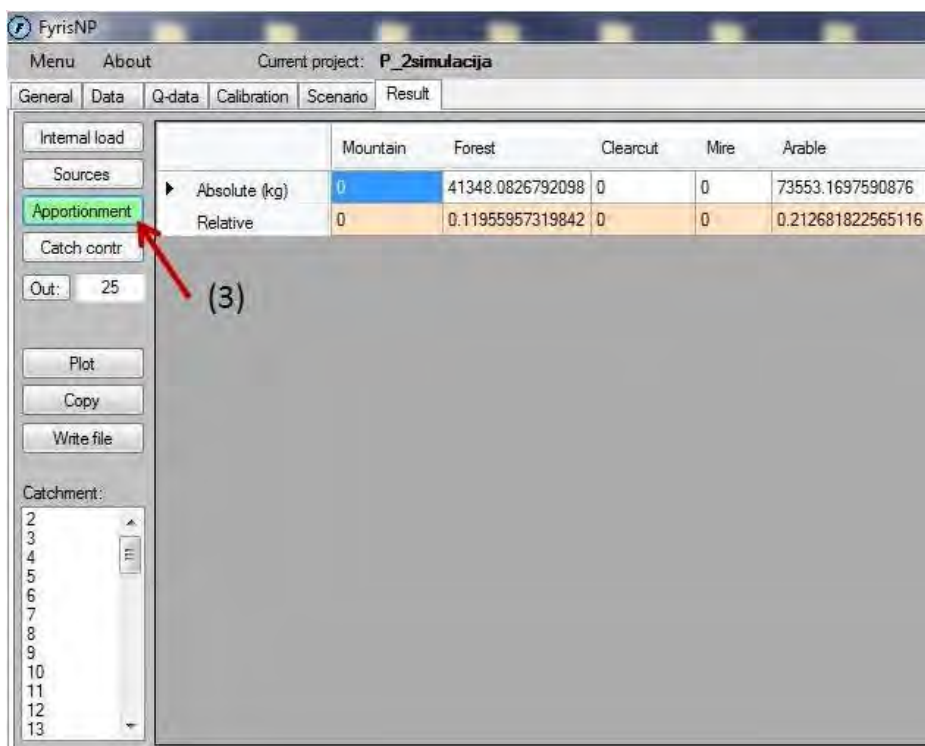
У прозору апликације *Results*, након извршења упита *Sources* (2) приказани су бруто доприноси укупног фосфора, од појединачних извора загађења (*Arable, Forest, Urban, Major point sources, Households*) на нивоу подсливова. Модел омогућава да се добијени подаци прикажу графички .

Catch ID	Mountain	Forest	Clearcut	Mire	Arable
2	0	175.266488125992	0	0	493.768667918819
3	0	38.2991826938598	0	0	63.0033775319293
4	0	18.1889187583862	0	0	11.6018940438423
5	0	103.172091420801	0	0	824.915546262873
6	0	285.285678482447	0	0	1663.49824194898
7	0	65.5520837185056	0	0	77.8163193908562
8	0	3003.90804571664	0	0	4858.79430401145
9	0	83.8241753784832	0	0	93.8279660586529
10	0	844.414512449306	0	0	4871.94931885687
11	0	32.1335579277679	0	0	272.747505917399
12	0	49.9140398312221	0	0	888.200731419524
13	0	77.2292295826768	0	0	708.250747848362
14	0	3988.33403135771	0	0	8868.76963881566
15	0	104.483635947803	0	0	185.148294242519
16	0	75.3686094035974	0	0	143.608700293143
17	0	246.848135377454	0	0	488.607085151633
18	0	320.989850881818	0	0	2182.55782857277
19	0	4645.8013901114	0	0	10237.9089993029

### с) Расподела оптерећења-*Apportionment*

У прозору апликације *Results*, након извршења упита *Apportionment* (3) приказане су апсолутне и релативне вредности масеног протока укупног азота/фосфора, од појединачних извора загађења (*Arable, Forest, Urban, Major point sources, Households*) на излазу из селектованог подслива укључујући и утицаје са свих узводних подсливова. Модел омогућава да се добијени подаци прикажу графички .





#### d) Контрола слива-Catchment control

У прозору апликације *Results*, након извршења упита (*eng. query*) *Catchment control* (4) приказани су бруто (*contribution at source, kg*) и нето доприноси (*Contribution at outlet, kg*) од сваког узводног подслива у односу на излаз из селектованог подслива укључујући и селектовани подслив, одговарајуће просечне вредности коефицијената ретензије (*mean retention coefficient*) и коефицијент нето оптерећења (*delivered fraction*). Модел омогућава да се добијени подаци прикажу графички.

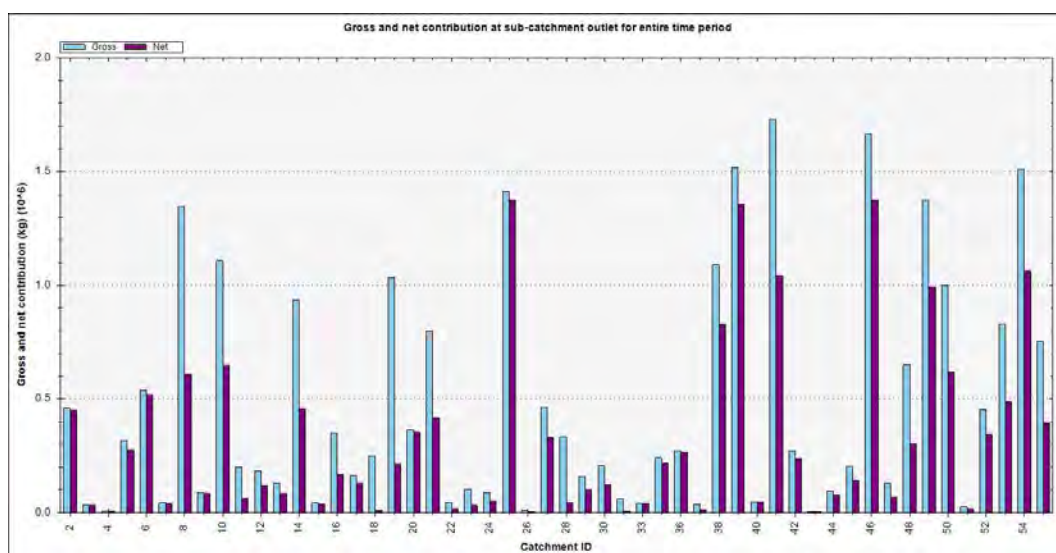
Catchment ID	Mean retention coefficient (-)	Contribution at source (kg)	Contribution at outlet (kg)	Delivered fraction (-)
25	0.0305760774251115	19036.8731371967	18454.8002302218	0.969423922574889
38	0.270640009119013	33475.308028259	23669.0186000993	0.707059023329031
39	0.133370912707321	139474.483838386	117176.833288709	0.840130969220765
46	0.186550449429371	24783.1888435661	19543.4639635062	0.788577454130959
40	0.0180360273877607	8905.51299698383	6183.1554476046	0.694306487419505
42	0.145438729688796	5660.16051213994	3420.01194102061	0.604225257161056
27	0.335990481800761	11816.1840156617	6591.71686255034	0.55785496009654
29	0.415014880127319	4999.9535630422	2457.2977565934	0.49146411573836
30	0.465072294933233	9568.8318109501	4300.32230568011	0.449409331320782
33	0.0174134843890692	1959.70966544801	1617.74299737078	0.825501361703465
34	0.128618660948216	41844.5788332558	30633.3469904178	0.732074448938463
36	0.0257672549351589	5154.05902949201	4218.51021388641	0.818483100357931
49	0.339503781955912	27829.1247601568	15442.4739400637	0.554903327832029
45	0.296431897129707	2661.80871446415	1476.81923660123	0.554817943369204
52	0.260112189810242	15662.8875701971	8046.1648475301	0.51370890657736
37	0.615002715195585	1677.62933270023	390.258663462627	0.232625083417256
44	0.228285004185315	2257.92727886294	1052.84821497046	0.466289691801171
48	0.527002707697772	17484.3548836434	4996.97460919111	0.285796910577797

### 9.2.3 РЕЗУЛТАТИ – ИЗЛАЗНИ ДИЈАГРАМИ ПРОЦЕНЕ ОПТЕРЕЋЕЊА И РАСПОДЕЛЕ ИЗВОРА ЗАГАЂЕЊА

Апликацијски прозор *Results* омогућава избор наредбе *Plot*, *Copy*, *Write file* за извоз излазних (срачунатих) података из модела и дијаграмских приказа процене оптерећења и расподеле извора загађења у жељеном формату (*txt*, *jpg*, *png*, *gif*...). Сви резултати се односе на период 2006-2010. Година. Програм омогућава и избор краћег временског периода, унутар периода истраживања, за приказ излазних резултата.

#### а) Излазни резултати за укупан азот

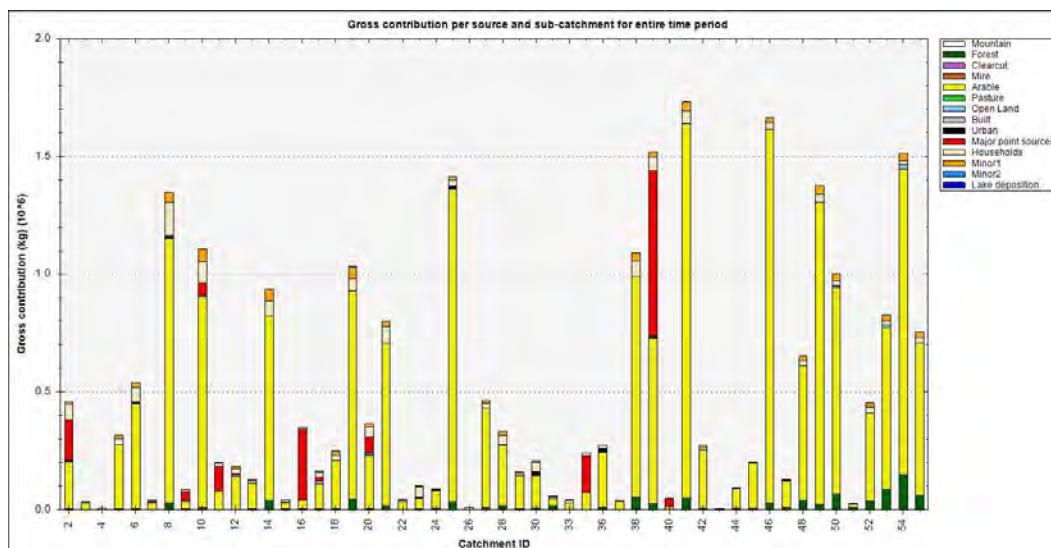
Након извршења упита *Internal load* графички су приказани излазни резултати, бруто и нето масеног протока укупног азота засебно по сваком подсливу. Из разлике бруто и нето масеног протока, уочава се величина ретензије (задржавања) укупног азота у сваком подсливу ([Слика 45.](#)).



Слика 45. Бруто и нето масени проток на излазима из подсливова

Након извршења упита *Sources*, графички су приказани бруто доприноси укупног азота, од појединачних извора загађења (*Arable*, *Forest*, *Urban*, *Major point sources*, *Households*), на нивоу подсливова. На дијаграму преовлађује жута боја која представља оптерећење од пољопривредног земљишта, црвена боја доминира у подсливовима где су испусти канализационих система већих градова (подслив 2-Обреновац, подслив 16-Лазаревац, подслив 39-Ваљево) ([Слици 46.](#)).

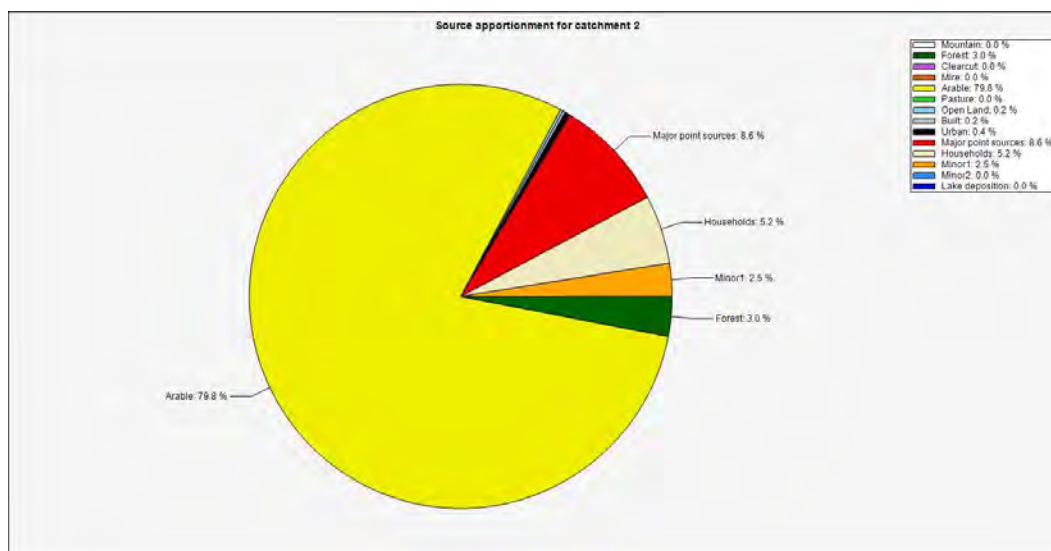




Слика 46. Бруто доприноси укупног азота, од појединачних извора загађења на нивоу подслива

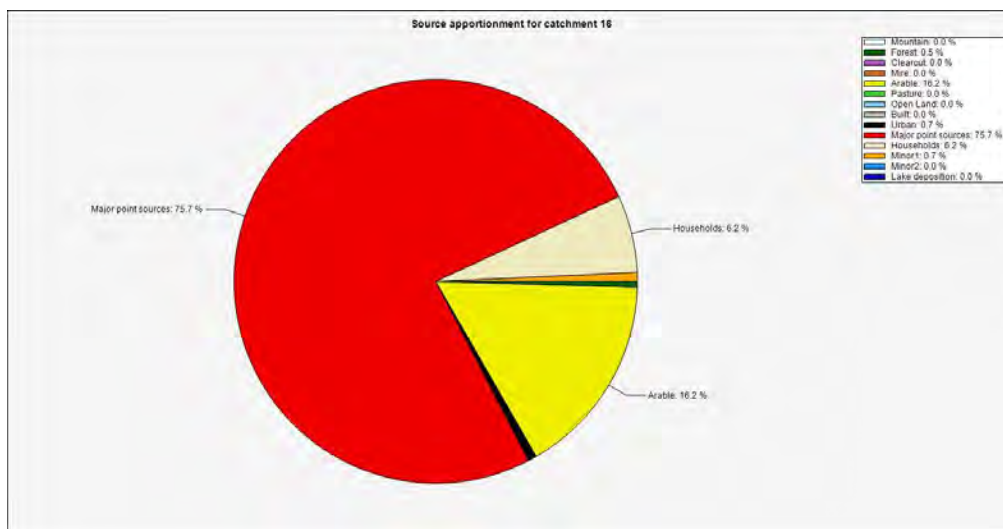
Након извршења упита Apportionment, за изабрани подслив, добијају се релативне вредности масеног протока укупног азота, од појединачних извора загађења (*Arable, Forest, Urban, Major point sources, Households*) на излазу из изабраног подслива укључујући утицаје са свих узводних подслива.

Из утицаја свих загађивача на најнизводнију тачку у сливу Колубаре (ушће реке Колубаре у реку Саву), уочава се да око 80% загађења потиче са пољопривредних површина као дифузног извора загађења (Слика 47.).



Слика 47. Релативне вредности масеног протока укупног азота, од појединачних извора загађења на излазу из слива Колубаре

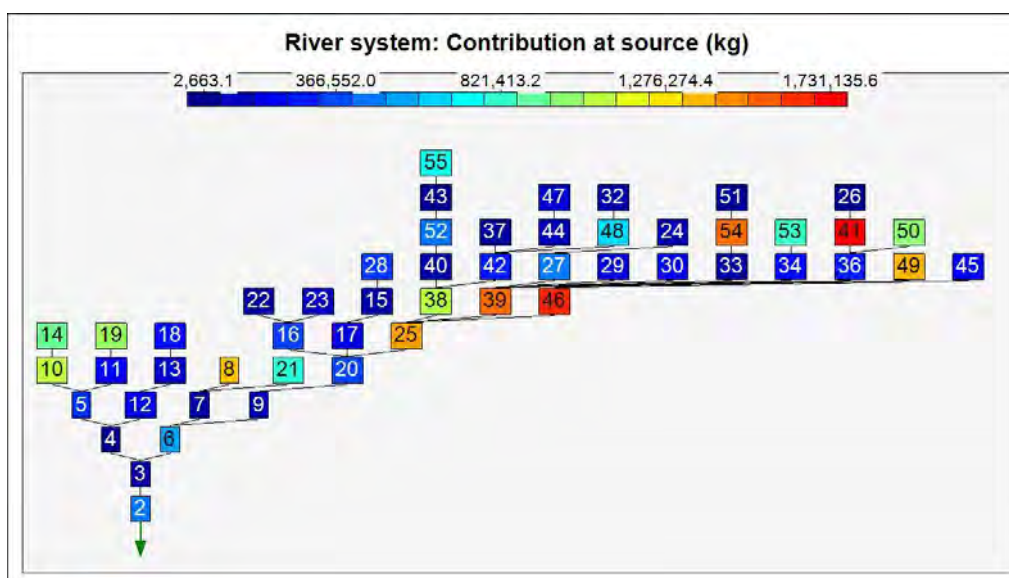
Из утицаја свих загађивача на најнизводнију тачку подслива 16 (ушће реке Очаге у реку Колубару), уочава се да око 76% загађења потиче од великог тачкастог загађивача (канализационог система града Лазаревца) (Слика 48.).



Слика 48. Релативне вредности масеног протока укупног азота, од појединачних извора загађења на излазу из подслива 16– у ком су испусти канализационог система града Лазаревца

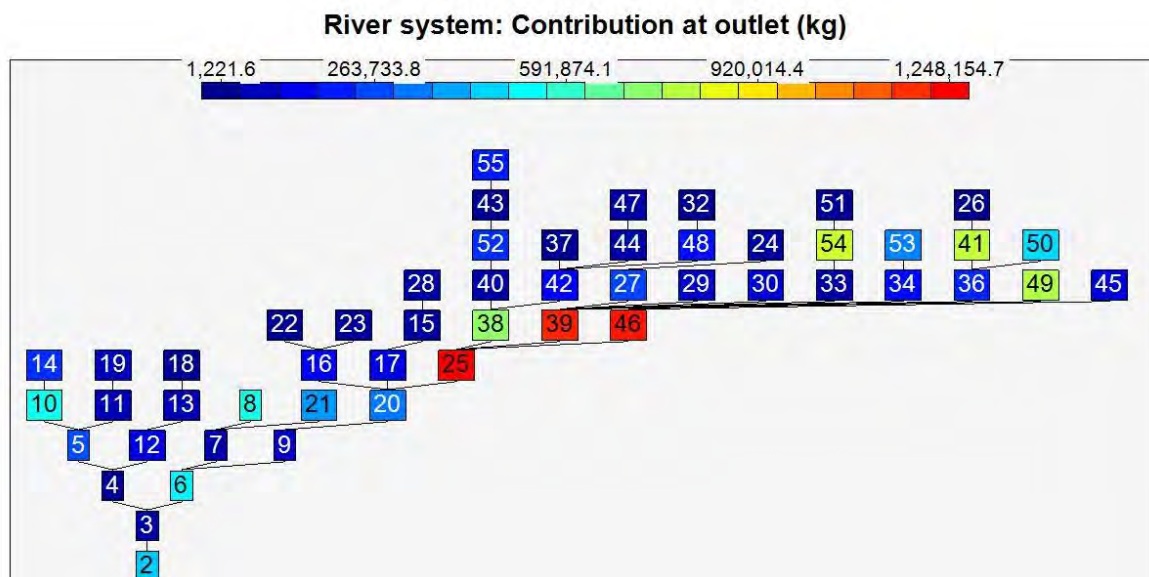
Излазни резултати, добијени након извршења упита *Catchment control*, приказани су структуром стабла, са тачно дефинисаним међусобним везама и узводно/низводним поретком подсливова. Бојом су визуелизовани интензитети оптерећења укупног азота за сваки подслив.

Бруто оптерећење укупног азота (kg) сумарно од свих извора загађења са сваког подслива засебно у односу на најнизводнију тачку слива Колубаре приказано је на (Слика 49.).



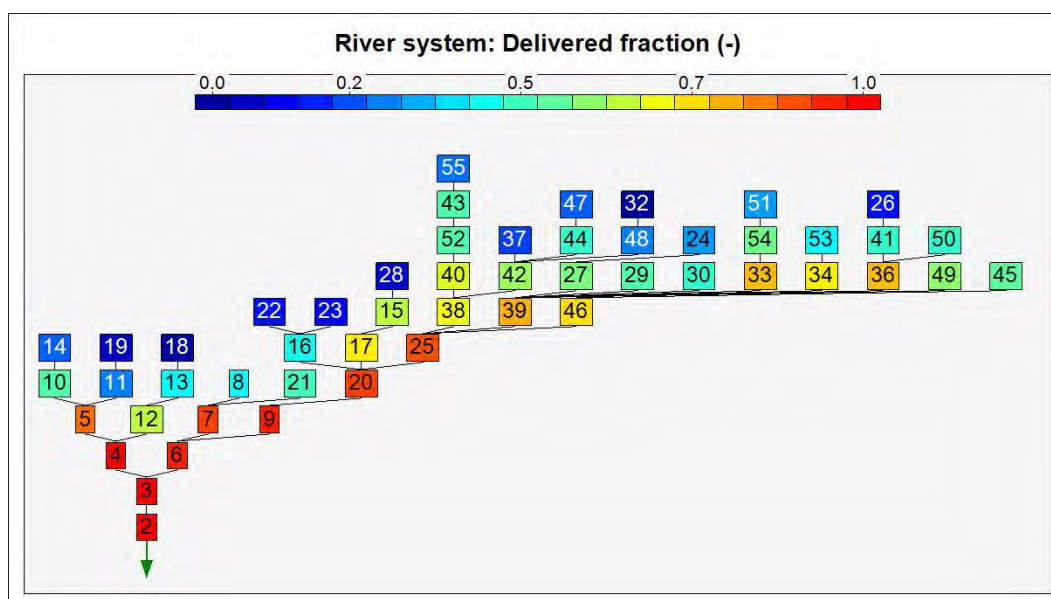
Слика 49. Допринос оптерећења укупног азота из извора загађивања

Нето оптерећење укупног азота (kg) са сваког подслива у односу на најнизводнију тачку слива Колубаре приказано је на (Слика 50.).



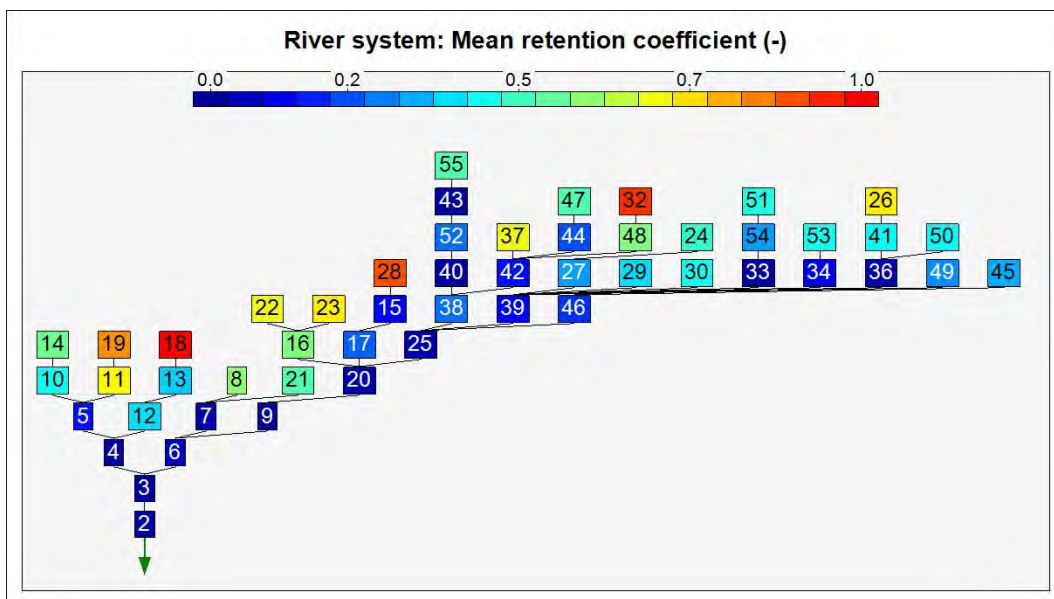
Слика 50. Допринос оптерећење укупног азота са сваког подслива

Релативне вредности нето оптерећења укупног азота са сваког подслива у односу на најнизводнију тачку слива Колубаре приказано је на (Слика 51.).



Слика 51. Релативне вредности нето оптерећење укупног азота са сваког подслива

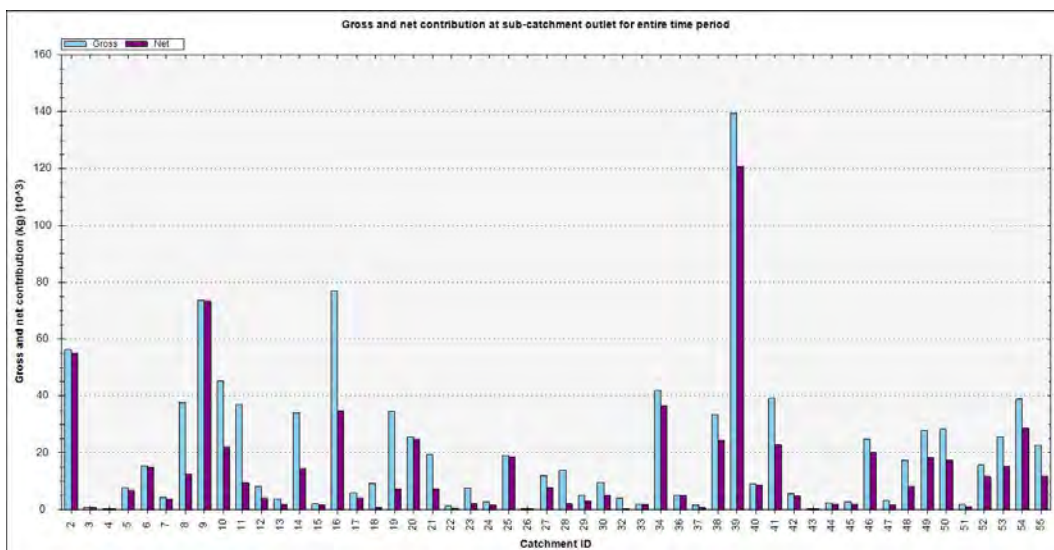
Просечне вредности коефицијента ретензије за сваки подслив у односу на најнизводнију тачку слива Колубаре приказани су на (Слика 52.). Највећа ретензија је у подсливу 18 (акумулација Паљуви Виш), и подсливу 32 (акумулација Гараши).



Слика 52. Просечне вредности коефицијента ретензије за сваки подслив

### b) Излазни резултати за укупан фосфор

Након извршења упита Internal load, графички су приказани односи бруто и нето масених протока укупног фосфора засебно по сваком подсливу. Из разлике бруто и нето масеног протока, уочава се величина ретензије (задржавања) укупног фосфора у сваком подсливу (Слика 53.).

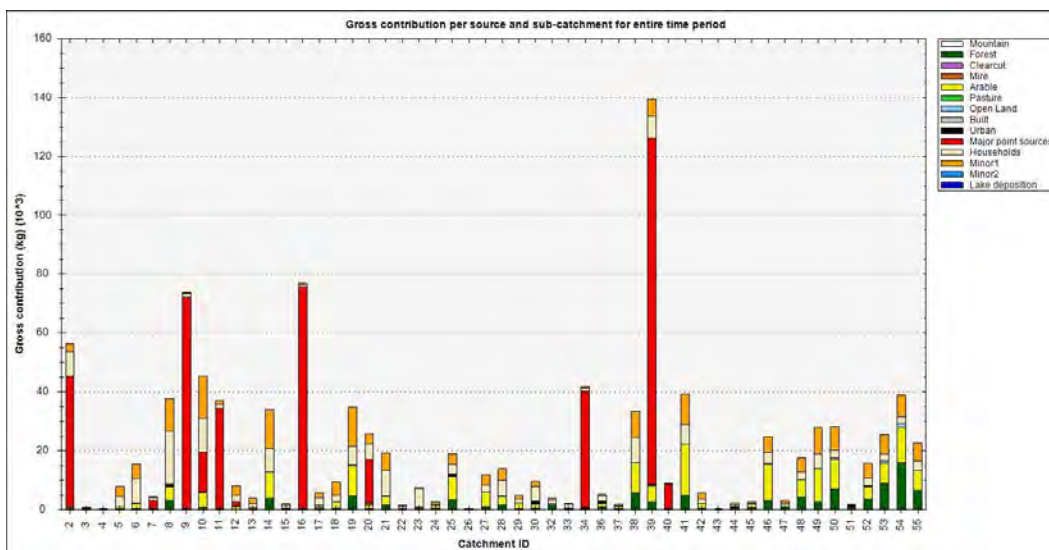


Слика 53. Бруто и нето масени проток на излазима из подсливова

Након извршења упита Sources, графички су приказани релативне вредности бруто доприноса укупног фосфора, од појединачних извора загађења (*Arable, Forest, Urban, Major point sources, Households*) на нивоу подсливова (Слика 54.). На дијаграму преовлађује црвена боја која представља оптерећење од великих тачкастих загађивача, где су испусти канализационих система већих градова (подслив 2-Обреновац, подслив 9- РБ



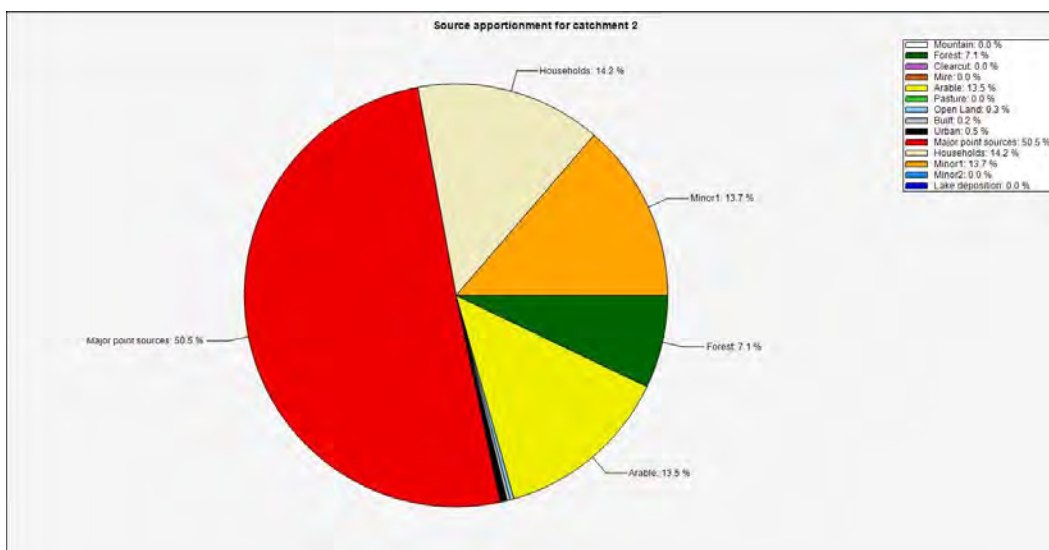
Колубара прерада, подслив 16-Лазаревац, подслив-34 Мионица, подслив 39-Ваљево).



Слика 54. Бруто доприноси укупног азота, од појединачних извора загађења на нивоу подсливова

Након извршења упита *Apportionment*, за изабрани подслив, добијају се релативне вредности масеног протока укупног фосфора, од појединачних извора загађења (*Arable, Forest, Urban, Major point sources, Households*) на излазу из изабраног подслива укључујући и утицаје са свих узводних подсливова.

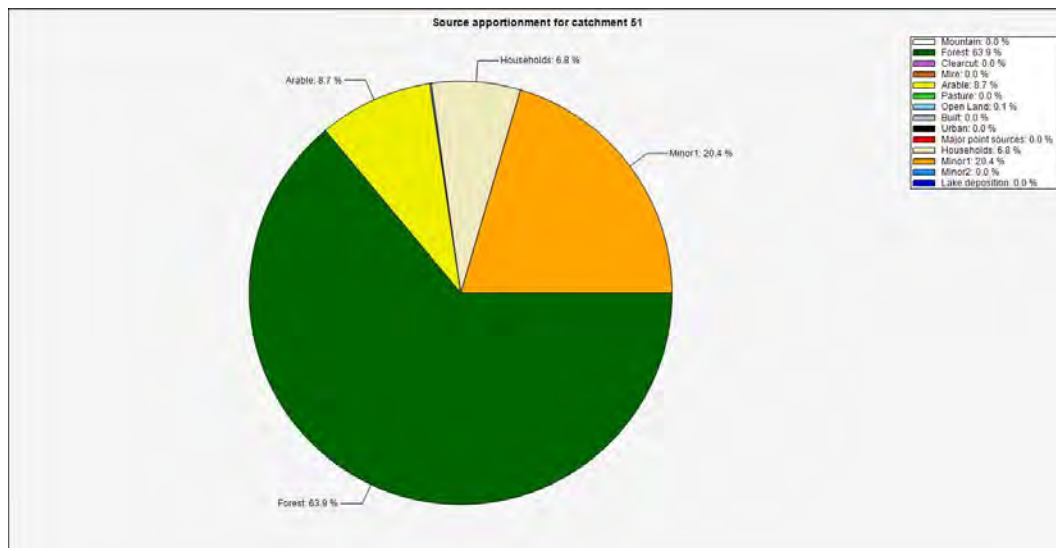
Из утицаја свих загађивача на најнизоводнију тачку у сливу Колубаре (ушће реке Колубаре у реку Саву), уочава се да око 50% загађења укупним фосфором потиче од великих тачкастих загађивача, док свега 7% потиче од шума као дифузног извора загађења (Слика 55.).



Слика 55. Релативне вредности масеног протока укупног фосфора, од појединачних извора загађења на излазу из слива Колубаре



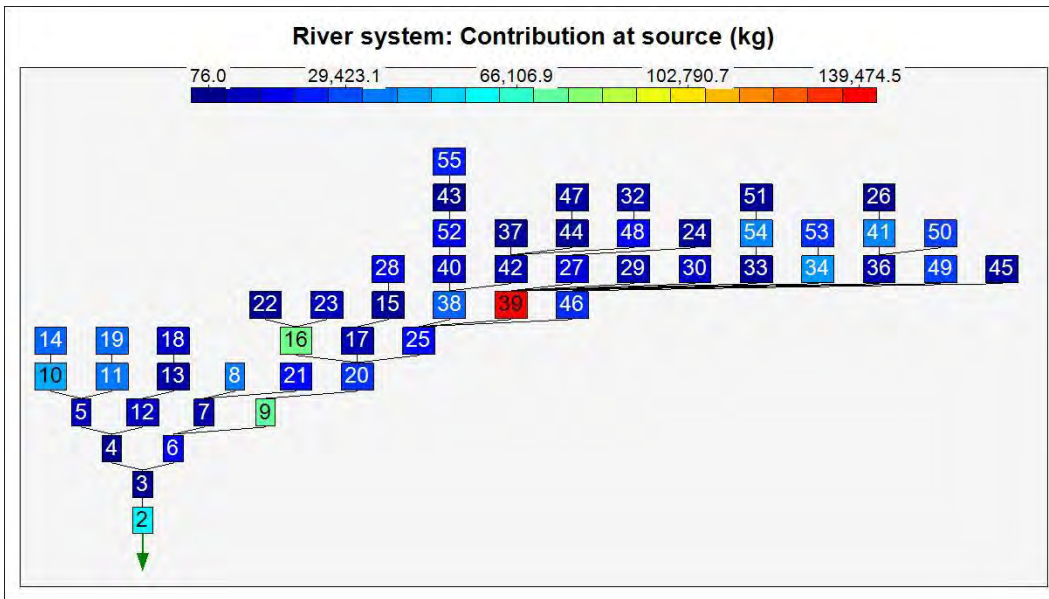
Из утицаја свих загађивача на најнизводнију тачку подслива 51 (ушће реке Козлице у Буковску реку) који је изабран као мали експериментални слив са доминантном површином под шумама, уочава се да око 64% загађења потиче од шума, што је било очекивано ([Слика 56.](#)).



Слика 56. Релативне вредности масеног протока укупног фосфора, од појединачних извора загађења на ушћу реке Козлице у Буковску реку (експериментални слив)

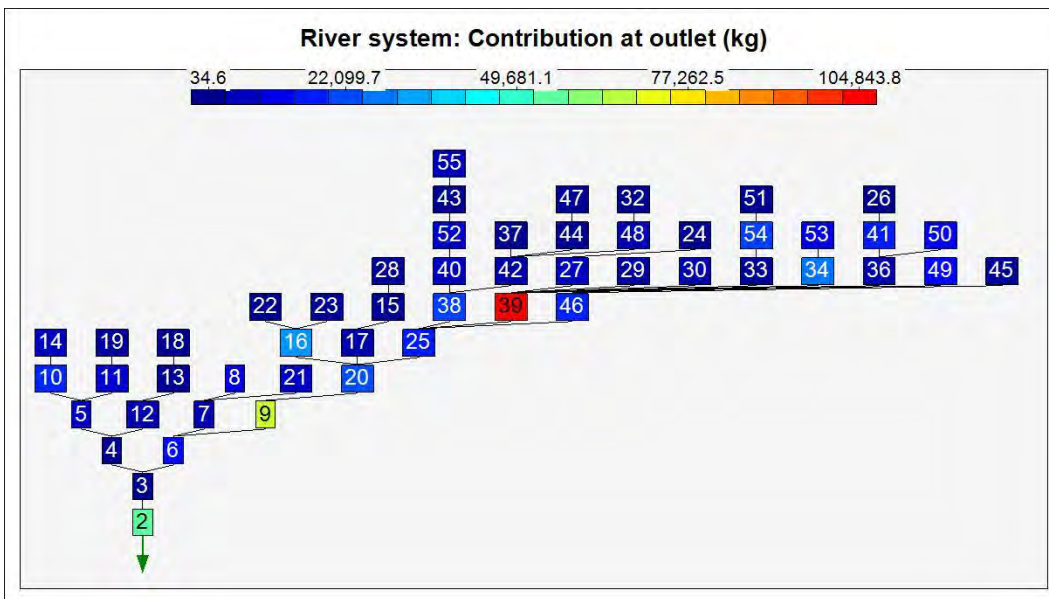
Изразни резултати, добијени након извршења упита *Catchment control*, приказани су структуром стабла, са тачно дефинисаним међусобним везама и узводно/низводним поретком подсливова. Бојом су визуелизовани интензитети оптерећења укупног фосфора за сваки подслив.

Бруто оптерећење укупног фосфора (kg) сумарно од свих извора загађења са сваког подслива засебно у односу на најнизводнију тачку слива Колубаре приказано је на ([Слика 57.](#)). Највеће бруто оптерећење укупним фосфором потиче из подслива-39 у коме се налази испуст канализационог система града Ваљева.



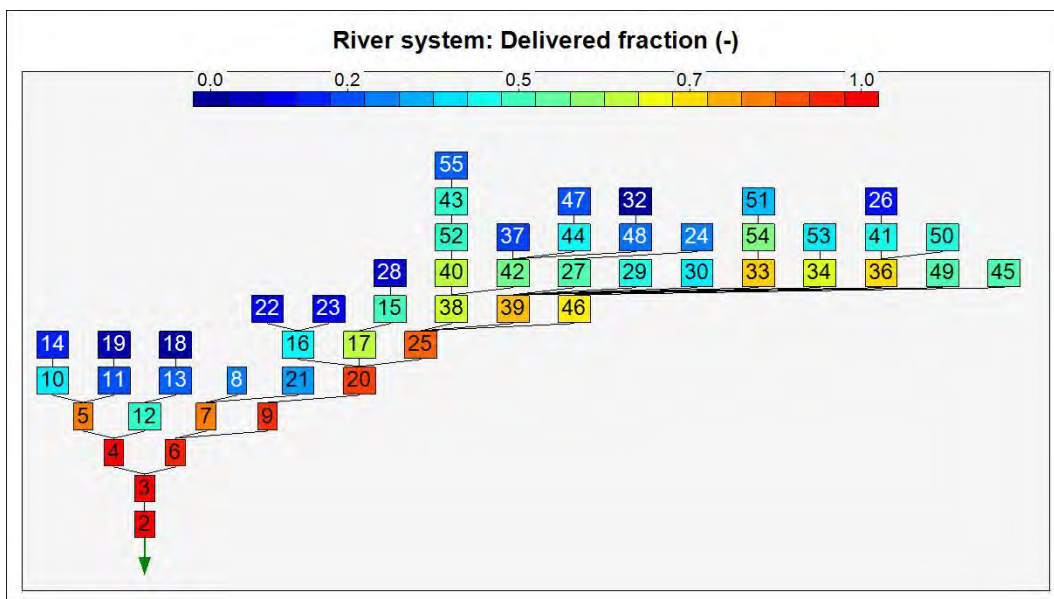
Слика 57. Допринос оптерећења укупног фосфор од извора загађења

Нето оптерећење укупног фосфора (kg) са сваког подслива у односу на најнизводнију тачку слива Колубаре приказано је на (Слика 58.).



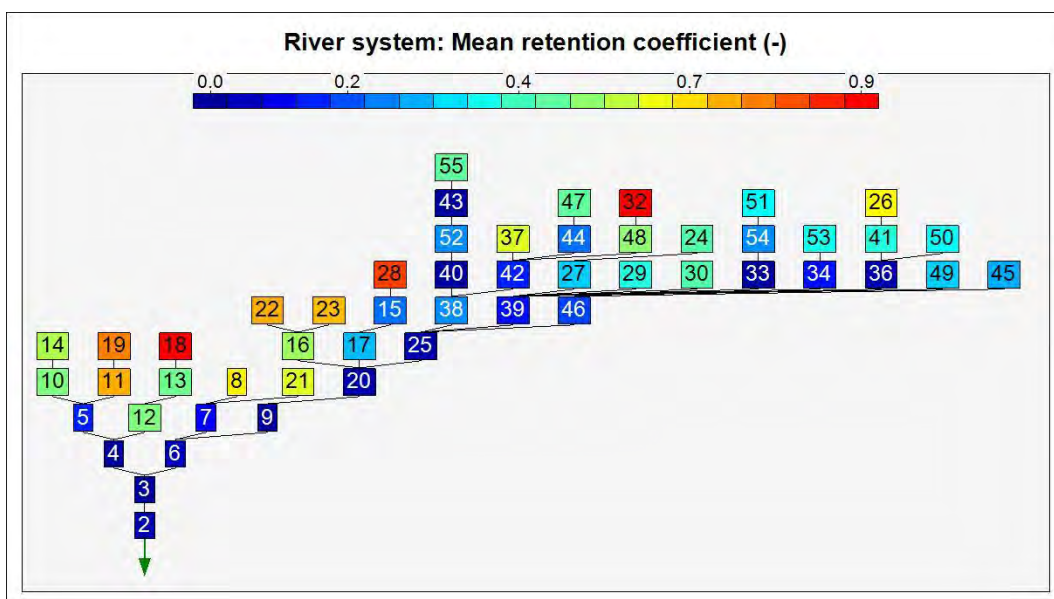
Слика 58. Допринос оптерећење укупног фосфора са сваког подслива

Релативне вредности нето оптерећења укупног фосфора са сваког подслива у односу на најнизводнију тачку слива Колубаре, приказане су на (Слика 59.).



Слика 59. Релативне вредности нето оптерећење укупног фосфора са сваког подслива

Просечне вредности коефицијента ретензије за сваки подслив у односу на најнизводнију тачку слива Колубаре, приказане су на (Слика 60.). Највећа ретензија је у подсливу 18 (акумулација Паљуви Виш), И подсливу 32 (акумулација Гараши).



Слика 60. Просечне вредности коефицијента ретензије за сваки подслив

## 10. ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕПОРУКЕ

Слив реке Колубаре је изабран као пилот слив за тестирање математичког модела за прорачун оптерећења нутријентима из дифузних и тачкастих извора. За сливно подручје постоје подаци и подлоге из претходних пројеката међународне сарадње, као што су „*Карактеризацијски извештај за слив реке Колубаре (2007)*“ и „*Пилот план управљања сливом реке Колубаре (2010)*“, који су били добра основа да се предложи наставак сарадње са Шведском Агенцијом за заштиту животне средине (*Swedish EPA*). За симулацију квалитета воде и оптерећења нутријентима (укупним азотом и укупним фосфором) у сливу реке Колубаре коришћен је FyrisNP model. Модел симулира транспорт нутријената оптерећења (азота и фосфора) на нивоу слива, израчунавајући доприносе оптерећења узводних подсливова, по изворима загађења. Квалитативном анализом улазних података и подлога за слив Колубаре који су коришћени у FyrisNP моделу и добијених резултата могу се издвојити основни закључци:

- Допринос оптерећења укупног азота од појединачних извора загађења у сливу Колубаре на најнизводнију тачку (ушће реке Колубаре у реку Саву), показује да око 80% загађења потиче са пољопривредних површина као дифузног извора загађења.
- Допринос оптерећења укупног фосфора од појединачних извора загађења у сливу Колубаре на најнизводнију тачку (ушће реке Колубаре у реку Саву), показује да око 50% загађења потиче од великих тачкастих загађивача, док свега око 7% потиче од шума као дифузног извора загађења.
- Допринос оптерећења укупног азота од свих загађивача на најнизводнију тачку слива реке Очаге (на месту ушћа у реку Колубару), показује да око 75% загађења потиче од великог тачкастог загађивача, канализационог система града Лазаревца чији је испуст у реку Очагу.
- Утицај свих загађивача на најнизводнију тачку слива реке Козлице која се улива у Буковску реку, а она у Колубару, показује да око 64% загађења укупног фосфора потиче од шума, што је било очекивано за сливно подручје са доминантном површином под шумама.
- Резултати симулирања оптерећења нутријентима коришћењем FyrisNP модела показују да се у овој фази истраживања добијају излазни резултати у границама реда величина који оправдавају даље коришћење овог модела и оправданост проширења истраживања на остале сливове у Србији.
- Поузданост резултата оптерећења нутријентима добијених коришћењем FyrisNP модела за слив Колубаре упућује да овај модел треба користити у поступку усвајања и примене Нитратне Директиве (Council Directive 91/676/EEC). Примена оваквог модела треба да буде

саставни део Плана управљања водним подручјем (члан 33 став 2, Закона о водама, Сл. гласник РС 30/10). Такође, процена дифузног загађења земљишта и вода са пољопривредних површина су континуирани циљеви 2010-2019. у складу са Националним програмом заштите животне средине („Сл. Гласник“ РС 12/2010).

Примена FyrisNP модела за слив Колубаре је показала да постојећи нумерички и просторни подаци који се прикупљају и обрађују у различитим институцијама и органима државне управе нису доступни у квалитативном и квантитативном облику за директну примену као улазни параметри за модел. FyrisNP model је развијен и примењује се у Шведској и прилагођен је земљи са развијеном статистиком пољопривреде и поузданим подацима о концентрисаним изворима загађивања. Искуство које је стечено у току прикупљања и обраде података и симулације указују да су могућности модела изнад квалитета и квантитета улазних података и да је за његову успешну примену, добијање поузданијих излазних резултата, потребно узети у обзир следеће препоруке:

- Успоставити стални мониторинг - праћење квалитета и квантитета воде на малим експерименталним сливовима са обимом најмање четири пута годишње у свим сезонама вегетације и при свим хидролошким условима (мале, средње и велике воде). На овај начин би се добили релевантни подаци о процеђеним концентрацијама азота и фосфора за различите типове земљишта и врсте усева.
- За побољшање процене процеђених концентрација азота и фосфора зависно од типа земљишта неопходно је предвидети додатна истраживања за израду прецизније мапе текстуре земљишта слива Колубаре, али и целе територију Србије.
- Тачнији подаци о просторном распореду усева по подсливима могу се добити коришћењем сателитских и аерофото снимака, што повећава тачност излазних резултата. Добијање података на основу ових подлога подразумева додатни буџет.
- Да би процена модела била тачнија, у односу на податке који се односе на употребу минералних и органских ђубрива према врстама и количинама, неопходно је увести вођење статистике о њиховој просторној и временској динамици употребе.
- Успостављање поузданог националног регистра комуналних и индустријских канализационих система, као концентрисаних загађивача, је предуслов за тачнију процену концентрација и нето и бруто масеног протока укупног азота и укупног фосфора коришћењем FyrisNP модела.



## ЛИТЕРАТУРА

Aertbjerg, G, Andersen, J.H, Hansen, O.J. (eds) (2003). Nutrients and eutrophication Danish waters. National Environmental Research Institute.

Анализа притисака и процена утицаја на водне ресурсе (2011), Институт за водопривреду "Јарослав Черни", Београд.

База нумеричких и просторних података за процену дифузног загађења земљишта и вода у сливу Колубаре (2011), Агенција за заштиту животне средине.

Директиве Европске Уније о водама (2005), МИНИСТАРСТВО ПОЉОПРИВРЕДЕ, ШУМАРСТВА И ВОДОПРИВРЕДЕ, Републичка дирекција за воде, Београд.

Драгићевић, С. (2007): Доминантни ерозиони процеси у сливу Колубаре, Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд.

Ejhed, H, et al. (2011). Beräkning av kväveoch fosforbelastning på vatten och hav för uppföljning av miljökvalitetsmålet Ingen Övergödning. Calculations of nitrogen and phosphorous load on inland waters and the sea to assess the environmental target "Zero Eutrophication". SMED Rapport 56, 2011 (In Swedish, English summary).

Ek, M. et al. 2011. Teknikenkät – enskilda avlopp 2009. SMED Report 44.

Ekstrand, S., Persson, T & Wallenberg, P. (2010). Available modeling tools for calculation of load, mitigation effects and retention – nitrogen and phosphorus. IVL Report B1915. (In Swedish).

Карактеризацијски извештај за слив реке Колубаре (EC CARDS Регионални програм 2003 "Пилот план управљања сливом реке Саве", 2007.

Lital, A & Tattari, S: (2012) Guidelines for surface and drainage water quality monitoring in agriculture dominated areas. The Finnish Environment Report 2: 2012. Finnish Environment Institute, Helsinki.

Mackay D (2001). Multimedia environmental models: the fugacity approach, 2nd ed. CRC, Boca Raton, FL, USA.

Mackay D, Paterson S (1991). Evaluating the multimedia fate of organic chemicals: A level III fugacity model. Environ. Sci. Technol., vol 25, pp 427-436.

MULTITREND; Linköping University. Department of Computer and Information Science, Division Statistics.  
(<http://www.ida.liu.se/divisions/stat/research/Software/index.en.shtml>)

Несторов, И., Протић, Д. (2009): CORINE картирање земљишног покривача у Србији, Грађевинска књига, Београд.

ОДЛУКА О УТВРЂИВАЊУ НАЦИОНАЛНОГ ПРОГРАМА ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ ("Сл. гласник РС", бр. 12/2010).

Општине и региони у Републици Србији, Statistical office of the Republic of Serbia, 2006-2010.

Пилот План управљања сливом реке Колубаре (2010), Swedish Environmental Protection Agency, Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, Републичка дирекција за воде, Београд.

План управљања водама за слив реке Дунав, део 1: Анализа карактеристика слива Дунав у Србији (радна верзија), Институт за водопривреду "Јарослав Черни", Београд, 2011.

PLC Water Guidelines. Helsinki Commission ([www.helcom.fi](http://www.helcom.fi))

Правила добре пољопривредне праксе (2010 DREPER пројекат), NIRAS AB, Stockholm, Švedska & Halifax Consulting, Београд, Србија.

Silgram, M. & Schoumans, O.F. (2004) (eds). Modelling approaches; Model parametrisation, calibration and performance assessment methods in the HARNUT project. EUROHARP report 8-2004, NIVA Report SNO4740—2003, Oslo.

Систематска контрола плодности обрадивог пољопривредног земљишта (2011), Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде. Statistical yearbook, Statistical office of the Republic of Serbia, 2006-2010.

Технички приручник за управљање залихама ђубрива у земљама централног и источног тока реке Дунав (2004), Политика контроле извора загађења у пољопривреди & Пилот пројекат смањења загађења у пољопривреди (Резултати пројекта 1.2 и 1.3), UNDP/GEF регионални пројекат за Дунав, GFA Terra Systems & Avalon.

Testing of nutrient load model (FyrisNP) for the River Mamonovka catchment (2012), Russian Academy of Sciences, Atlantic Branch of P.P. Shirshov Institute of Oceanology (ABIORAS), Laboratory for Coastal Systems Study, Kaliningrad, Russia.

The FyrisNP model Version 3.2 (Rapport 2012:8), A user's manual (Elin Widén-Nilsson, et al), Dept. of Aquatic Science and Assessment, SLU (former Dept. of Environmental Assessment), SLU water HUB, Uppsala, Sweden.

The FyrisNP model Version 3.2 (Rapport 2012:9), Technical description (Elin Widén-Nilsson, et al), Dept. of Aquatic Science and Assessment, SLU (former Dept. of Environmental Assessment), SLU water HUB, Uppsala, Sweden.

УПРАВЉАЊЕ ДИФУЗНИМ ЗАГАЂЕЊЕМ (2003), пројекат "Јачање контроле дифузног загађења у Федерацији Босне и Херцеговине", финансираног од стране програма LIFE-Third Countries Европске комисије, Сарајево.

WMO (1975) WMO Guide to Hydrological Practices, World Meteorological Organisation Report No. 168.

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

502.51(28)(497.11)

ПОБОЉШАЊЕ система за процену дифузног загађења вода у Србији - Студија случаја за слив Колубаре / [аутори Хакан Стааф ... ет ал. ; превод Александра Добрић-Станошевић]. - Београд : #Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине - #Агенција за заштиту животне средине Републике Србије, 2013 (Београд : Енергодата). - 115 стр. : илустр. ; 27 cm

На врху насл. стр.: Република Србија. -  
Тираж 100. - Библиографија: стр. 113-115.

ISBN 978-86-87159-08-2

1. Стаф, Хокан [аутор] [уредник]

а) Слив Колубаре - Загађење

COBISS.SR-ID 197505292

Република Србија  
Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине

АГЕНЦИЈА ЗА ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ  
Руже Јовановића 27а  
11160 Београд

Тел. +381 11 2861080  
Факс. +381 11 2861077

Web: [www.sepa.gov.rs](http://www.sepa.gov.rs)  
E-mail: [office@sepa.gov.rs](mailto:office@sepa.gov.rs)

