

Универзитет у Београду

Шумарски факултет

Мастер рад

**ПРИМЕНА ПРОТИВЕРОЗИОНИХ РАДОВА У СЛИВУ ПОТОКА
НЕНАДОВАЦ У ФУНКЦИЈИ ЗАШТИТЕ ЗЕМЉИШНИХ И ВОДНИХ РЕСУРСА**

Ментор: др Тијана Вулевић

Студент: Ненад Јаник 2021/10

Београд, 2022.

Апстракт

У овом раду анализирана је проблематика ерозије слива и обала водотока. Деградација земљишта на истраживаном подручју је анализирана применом методе Потенцијала ерозије. Метод се одликује високим степеном поузданости за утврђивање интензитета ерозије и прорачуне продукције и проноса ерозионих наноса. Основна предност овог метода у односу на друге је њена мања захтевност према квантитету улазних параметара, једноставност као и да је могућа њена примена у ГИС окружењу. Осим тога, метода има предност избора, јер је развијена на нашем подручју. Метод полази од аналитичке обраде података о чиниоцима који утичу на ерозију. Како је ерозија просторна појава, приказује се на карти према класификацији на основу аналитички израчунатог коефицијента ерозије (Z), који зависи од карактеристика тла, вегетационог покривача, рељефа и видљиве заступљености ерозије. Применом методе Потенцијала ерозије израђена је карта ерозије, на којој је приказана просторна расподела ерозионих процеса на сливу потока Ненадовац. Карта ерозије пружа увид у стање ерозионих процеса различитог интензитета и карактера. На истраживаном сливу, се манифестује у скоро свим својим видљивим појавним облицима са средњим коефицијентом ерозије $Z_{sr}=0,18$. На основу вредности коефицијента ерозије и претходно урађених пројеката предложене су мере и радови којима се могу умањити или у потпуности отклонити последице ерозионих процеса на подручју слива потока Ненадовац.

Кључне речи: Карта ерозије, методе Потенцијала ерозије, коефицијент ерозије, противерозионе мере и радови

Abstract

In this paper, the problem of erosion of watersheds and banks of watercourses is analyzed. Soil degradation in the research area was analyzed using the Erosion Potential method. The method is characterized by a high degree of reliability for determining the intensity of erosion and calculations of the production and transfer of erosion sediments. The main advantage of this method in relation to others is its lower demand for the quantity of input parameters, its simplicity and the fact that it can be applied in a GIS environment. In addition, the method has the advantage of choice, because it was developed in our area. The method starts from the analytical processing of data on the factors that affect erosion. As erosion is a spatial phenomenon, it is shown on the map according to the classification based on the analytically calculated erosion coefficient (Z), which depends on the characteristics of the soil, vegetation cover, relief and the visible presence of erosion. Using the Erosion Potential method, an erosion map was created, showing the spatial distribution of erosion processes in the Nenadovac stream basin. The erosion map provides an insight into the state of erosion processes of different intensity and character. In the studied watershed, it manifests itself in almost all its visible forms with an average erosion coefficient $Z_{sr}=0.18$. On the basis of

calculated erosion coefficient and previous projects, soil erosion measures and works were proposed to reduce or completely eliminate the consequences of erosion processes.

Key words: Erosion map, Methods of erosion potential, Erosion coefficient, Erosion control measures and works

Резиме

Ерозија као процес одношења површинских делова земљишта је природна појава, али додатно интензивирана утицајем човека може бити деструктивна. Изналажење решења проблематике везаних за ерозионе процесе треба да буде свеобухватно. У овом раду приказана је примена метода за прорачун ерозионих процеса као и пронос наноса у циљу примене противерозионих радова који се односе на слив потока Ненадовац у ГО Барајево. На овом подручју до сада нису вршене никакве анализе, а задњих година је долазило до изливања воде и појаве ерозионих процеса на сливу, што је угрожавало житеље овог места, стамбене и економске објекта, као и пругу Београд-Бар.

Бујични карактер овог водотока доприноси стварању наноса кроз ерозионе процесе што условљава примену низа како техничких, биотехничких и биолошких радова. Док се радови изводе у кориту водотока, биолошки, где спада пошумљавање, затрављивање се изводе речног корита. У ситуацијама у којима примена биолошких мера није могућа или не би довела до жељених резултата користе се техничке мере. Неке од техничких мера које се користе су: ојачавање обале, постављање структура (попречних и подужних објеката) у корито ради скретања или успоравања тока воде, померање стазе или пута од ивице обале или у екстремним случајевима померање корита реке, промена протицајног профила (проширење корита).

Када се планира заштита обала најбоље је прво одредити узрок проблема, а затим испитати све могућности за његово отклањање, односно анализирати сва могућа решења.

Могућност минимизирања деструктивности потока Ненадовац предочена је активностима као што су: планирање и коришћење простора на потенцијално ризичним сливовима; пошумљавање голети и мелиорације деградираних шума, ливада и пашњака; примена одговарајућих техника обраде земљишта; примена мера агрошумарства; противерозиона заштита сливова. Биоинжењерски радови на падинама сливова доводе до побољшања ефеката интерцепције, инфилтрације и ретенције. Успешно изведени противерозиони радови значајно редукују утицај природних фактора и знатно смањују неповољне антропогене утицаје.

Ерозија земљишта је комплексан процес који је повезан са карактеристикама земљишта, топографијом, покривачем земљишта и антропогеним активностима. Са циљем да се процени интензитет ерозије земљишта као и да се предложи мере за смањење деградационих процеса, развијени су многи ерозионе методе за процену губитка земљишта.

Примена аналитичке обраде података односно коришћење ГИС апликације у многоме је допринела побољшању и примени Методе потенцијала ерозије. У овом раду су осим коефицијента ерозије како аналитички тако и картографски добијени резултати и других параметара који су чиниоци поменуте методе. Коефицијенти ерозије су одређени по Методи потенцијала ерозије која је показала да је ерозија на сливу слаба.

Такође су детерминисане карте са подацима о педолошком саставу тла истраживаног подручја као и начин коришћења земљишта у циљу добијања резултата досадашњих радова и као добра подлога за предлог нових радова како у сливу тако и у водотоку.

С А Д Р Ж А Ј

| | |
|--|----|
| 1. Увод | 6 |
| 2. Материјал | 10 |
| 2.1. Опште карактеристике истраживаног подручја | 10 |
| 2.2. Климатски услови на истраживаном подручју | 11 |
| 2.3. Педолошке карактеристике истраживаног подручја | 11 |
| 2.4. Начин коришћења земљишта | 13 |
| 2.5. Опис изведених радова | 15 |
| 3. Метод | 16 |
| 3.1. Метод Потенцијала ерозије | 16 |
| 3.2. Прорачун ерозионе продукције и проноса наноса на сливу | 19 |
| 4. Резултати и дискусија | 19 |
| 4.1. Физичко – географске карактеристике истраживаног подручја слива потока Ненадовац | 19 |
| 4.2. Коефицијент отпора земљишта на ерозију (Y) | 21 |
| 4.3. Коефицијент уређења слива ($X \cdot a$) | 21 |
| 4.4. Коефицијент видљивих и јасно изражених ерозионих процеса (ϕ) | 21 |
| 4.5. Средњи нагиб терена (I_{sr}) | 22 |
| 4.6. Коефицијент ерозије (Z) | 23 |
| 4.7. Годишња продукција и пронос ерозионог материјала | 25 |
| 5. Закључак | 27 |
| 6. Литература | 28 |
| Прилог 1 | 30 |

1. Увод

Природни ресурси представљају део националног богатства једне земље и врло су значајан фактор њеног развоја. Земљиште као природни ресурс, представља непроцењиво добро читавог човечанства, никако једне генерације, нације, групе или појединца.

Земљиште се сматра необновљивим ресурсима јер се јако споро образује, а лако губи квалитет и продуктивност услед дејства природних фактора (нпр. кише, ветра), као и антропогених фактора (нпр. прекомерне урбанизације). Тај процес је у литератури познат као деградација земљишта. Појави и развоју процеса деградације земљишта доприносе обешумљавање услед сече шума, урбанизације, поплава и суше, прекомерна испаша, примена пестицида и вештачких ђубрива, начин обраде земљишта, употреба тешке механизације и др. (Dragović, Vulević, 2020). Постоји више видова деградације земљишта, а један од најзаступљенијих како у Европи, тако и у Србији је ерозија земљишта.

Под појмом ерозије подразумевамо промене на површинском слоју земљишног рељефа, које настају као последица деловања кише, снега, мраза, температурних разлика, ветра и текућих вода, или услед рада антропогених чинилаца (Гавриловић, 1972).

Ерозија земљишта се сматра једним од најчешћих облика деградације и као таква утиче на животну средину. Ерозија је комплексан природан процес који је условљен физичким и хемијским карактеристикама земљишта, топографијом, покривачем земљишта и људским активностима. За процену интензитета ерозије земљишта и предлог мера за смањење деградационих процеса, развијени су многи ерозиони модели који се могу класификовати у емпиријске, концептуалне и физичке (Merritt et al. 2003; Половина, 2022). Преглед тих модела који су публиковани у периоду од 1994 – 2017. године и за коју је направљена база података су дали (Borelli et al. 2020).

Иако је ерозија природан геоморфолошки процес она је интензивирана људским утицајем и као таква представља све већу бригу како са економског и социјалног тако и са аспекта заштите земљишта и вода и природе уопште. Најзначајније активности које доводе до интензивирања ерозионих процеса су сеча шума и изградња путева (Imaizumi et al., 2008), неправилни начини обраде земљишта, неконтролисана испаша као и нестручни и неконтролисани грађевински радови (Bradford and Huang, 1994).

Према Карти ерозије Србије (Карта ерозије Србије, Институт за шумарство и дрвну индустрију, Београд, 1983), рађеној у периоду 1966–1971. године, различитим интензитетом ерозије захваћено је 76354,43 km² или 8,39% Републике Србије, док зони

акумулације припада 12024,71 km² или 13,61%. У протеклом периоду промењен је однос између појединих категорија ерозије (Лазаревић, 2009), (Табела 1.).

Табела 1. Површине захваћене ерозијом, по категоријама ерозије према Гавриловићу

| Карта Ерозије | Површина према процени из 2009. год. | | 1971. у % |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| | km ² | У % од укупне површине под ерозијом | |
| I | 513,50 | 0,67 | 1,16 |
| II | 2.918,96 | 3,82 | 13,21 |
| III | 14.750,19 | 19,32 | 12,67 |
| IV | 21.764,42 | 28,51 | 18,16 |
| V | 36.407,35 | 47,68 | 41,19 |
| Укупно: | 76.354,43 | 100,00 | 86,39% од укупне територије Србије |
| Акумулација наноса | 12.024,71 | | 13,61 |
| Укупно: | 88.379,14 | | 100,00 |

У протеклом периоду површина под екцесивном ерозијом (претераном–I категорија), смањила се за 50–70%, односно прешла у неку нижу категорију. Од I категорије, 50% површина укључено је у III категорију. Површине под јаком ерозијом (II категорија) су редуковане и 75% су прешле у III категорију (средња ерозија).

Што се површина под средњом ерозијом тиче, она је задржала 75% својих површина, а 25% је прешло у IV категорију (слаба ерозија). Највеће увећање површина под ерозијом добила је IV категорија која је мешовитог коришћења (шуме, траве, оранице, воћњаци). Без промена је остала само V категорија (врло слаба или латентна ерозија) којој припадају равнице са падовима испод 3° (Војводина), као и шумско-травни комплекси. Испод V категорије постоји само акумулација наноса–суфицит или пораст топографске површине. Према садашњем стању ерозије у Републици Србији, може се закључити да је јачим категоријама ерозије (I–III) захваћено 18182,65 km² или 23,81% од укупне површине захваћене ерозијом.

Израдом дигиталних мапа чији је основ постојећа карта ерозије, добијено је да подручја под јаким потенцијалом ерозије заузимају 3320,80 km², односно 3,76% територије Србије (Драгићевић и сар., 2011).

На подручју Београда процесима ерозије различитог интензитета захваћено је 98,09% укупне површине под претежно пољопривредним и шумским културама. Доминантна категорија разорности је слаба ерозија која захвата 51,73% површине подручја.

На подручју општине Барајево, евидентирани су ерозиони процеси различитог интензитета и то:

-површинска ерозија која се појављује на подручју КО Гунцати, КО Вранић, КО Баћевац, КО Велики Борак и КО Бождаревац, у виду малих површина које су често ограничене само на омање платое или благе стране падина;

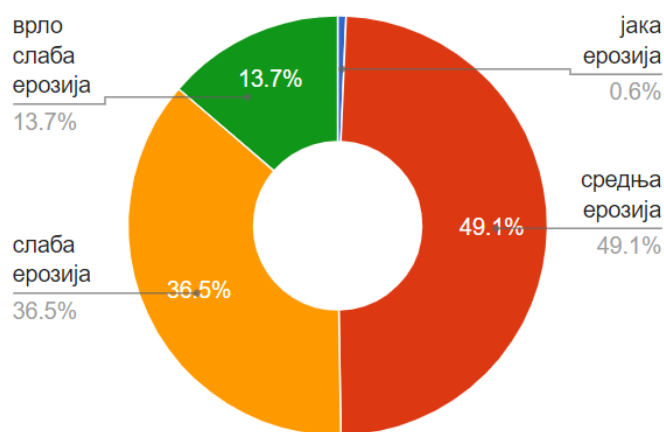
-браздаста ерозија је изражена на свим странама потока веома разуђеног рељефа на подручју МЗ Барајево и Лисовићи, у сливу Суве реке. Браздаста ерозија слабог интензитета јавља се на падинама подручја КО Барајево и КО Манић, а површинска ерозија средњег интензитета јавља се на свим падинама стрмијим од 5% које су под ораницама и виноградима.

-јача јаружаста ерозија појављује се једино у атару села Лисовићи - КО Лисовић, на падини под проређеном, деградираном шумом и

-јаружаста ерозија средњег интензитета јавља се на стрмим падинама Хајдучког потока (КО Гунцати) и у сливовима бујичних токова на подручју КО Барајево, КО Шиљаковац, КО Арнајево, КО Лисовићи, КО Велики Борак и КО Мељак.

На подручју општине Барајево више од 90% површина под пољопривредним културама захваћено је процесима слабе, средње и јаке ерозије. Појава јаке ерозије, јаружасте ерозија, изражена је око потока и стрмих падина у следећим катастарским општинама: Шиљаковац, Бождаревац, Манић, Арнајево, Гунцати и Барајево (слив Дубоког потока).

На подручју општине Барајево преовлађују процеси средње ерозије (104,67 km² или 49,26% од укупне површине КО) и процеси слабе ерозије (77,45 km² или 36,45% од површине КО). Процеси врло јаке ерозије нису регистровани. Средњи коефицијент ерозије за подручје КО износи $Z=0,474$ што значи да припада III категорији разорности. (Графикон 1).



Графикон 1. Површине заступљености ерозије у општини Барајево

Појам интегрална одбрана од штетног дејства вода подразумева предузимање одређених активности, радова и мера који, у условима који се третирају елементарним непогодама, као што су бујичне кише и бујични феномени. Одбрана од ових појава се

третира као одбрана од поплава уз посебне мере које се предузимају на подручју које је потенцијално угрожено приливом бујичног наноса (бујичне лаве), клизишта и одрона.

Поред поменутих бујичних феномена, у пратеће појаве штетног дејства вода спадају и ерозиони процеси. Ови процеси су предмет посебних планова – планова заштите од ерозије (који су посебна обавеза општина). Општинским плановима за одбрану од бујичних поплава услед ерозионих процеса, се и ове појаве морају третирати, с обзиром да њихове последице (нанос у одводницима, у зони мостова и пропуста), могу бити потенцијални узрок поплава. Заштита од ерозије има карактер превентивних активности, у циљу смањења интензитета ерозионих процеса. Контрола ерозионих процеса обухвата следеће активности:

- идентификација локалитета ерозионих жаришта,
- идентификација подручја које може бити угрожено ерозионим процесима,
- систематско спровођење санационих мера и радова на овим локалитетима и
- превентивно планирање начина коришћења простора на угроженом подручју.

Ове мере су предмет планова за заштиту подручја од ерозије, док се плановима за одбрану од поплава предвиђају мере благовременог обезбеђења услова за отицање вода, интервенцијом на познатим критичним местима.

Са циљем да се изврши адекватна процена ерозија земљишта и да се пронађу мере за њено спречавање, последњих године су развијени различити модели за процену губитка земљишта услед ерозионих процеса и транспорта наноса (Awwunudiogba and Hudson, 2014). Ове методе се могу класификовати на емпиријске, концептуалне, физичке и хибридне моделе који настају комбинацијом претходно наведених (De Vente, Poesen, 2005; De Vente, 2009). Методе за процену губитка земљишта представљају алтернативно средство помоћу кога је могуће проценити количину еродираних земљишта на неком подручју или количину наноса која пристиже до неког реципијента. Ове информације су важне при планирању мера за заштиту земљишта од ерозије.

Избор одређеног модела зависи од врсте и циља истраживања, доступних података, временског ограничења и др. Једна од најпримењенијих метода код нас је метода Потенцијала ерозије (Kostadinov i sar. 2006, Брауновић 2013, Стефановић 2016, Половина и сар. 2016).

Структура метода, посебно у ГИС окружењу, је погодна за међусобну хармонизацију и деривацију „хибридних просторних ентитета“, као комплексних база података, што доприноси креацији “универзалног” модела за идентификацију ерозионих процеса (Милчановић, 2021).

Предмет овог рада је процена ризика од ерозије, односно анализа изведених радова и предлог адекватних радова за редукацију ризика од ерозије.

2. Материјал

2.1. Опште карактеристике истраживаног подручја

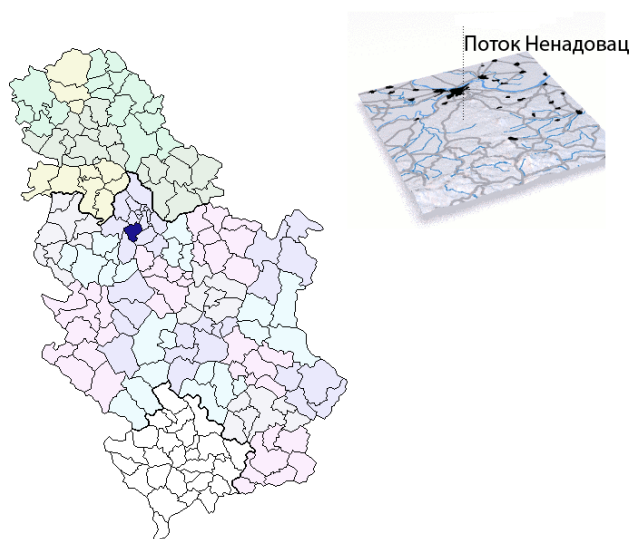
Градска општина Барајево је у целини изван градског подручја града Београда и просторно спада у приградске општине, а смештена је на правцу југ–југозапад у односу на Београд (Слика 1). Центар општине, насеље Барајево, удаљено је од центра Београда 27 km. Општина је формирана 1956. године, као једна од општина административног подручја Београда. Њене границе су утврђене током формирања комуналног система у периоду од 1956 – 1960. године.

Општина Барајево се са севера граничи са општинама Чукарица и Вождовац, на истоку је општина Сопот, на југу Лазаревац, а на западу Обреновац. Површина општине Барајево је 213 km², односно 21,312 ha, на којој се налази 14 насељених места подељених на 15 месних заједница.

Територија општине Барајево је део перипанонског појаса ниске Шумадије, са просечном надморском висином од 260 m. Највиша тачка у општини је Парцански вис (410 m), на источној граници општине, који доминира читавим подручјем.

Територију одликује брежуљкаст терен дуж долина већег броја малих река и потока који већином теку правцем од североистока ка југозападу и уливају се у Колубару, од којих су највеће Марица и Бељаница са притокама Барајевском и Сувом реком. Шуме покривају 4.106 ha, односно око 20% површине општине.

Поток Ненадовац представља један од три потока који код тунела „Ненадовац“ формирају Барајевску реку. Дужина потока је 2,0 km а површина слива 6,16 km². Поток Ненадовац настаје спајањем три безимена потока и потока Врело. Поток Ненадовац тече својом природном трасом и прелази преко катастарских парцела К.О. Барајево бр.: 789/1, 1155, 1154, 1036, 1038, 1037, 286.



Слика 1. Ненадовац, ГО Барајево (Извор: <https://nona.net/features/Nenadovac/>)

2.2. Климатски услови на истраживаном подручју

Београд се налази у зони умерено континенталне климе. Умерени појас се простире од 400 до 600 N, а у њему температуре постепено опадају од југа ка северу. Уколико се нека локација налази дубље у континенту разлике између лета и зиме се појачавају, то је климатолошка карактеристика континенталности. У нашем подручју интензитет континенталности расте у смеру према североистоку, тј. ка дубини континента Азије и Сибира. Унутар те, већ по себи сложене ситуације, имамо специфично "кошавско" подручје чије су карактеристике диктиране планинама Србије, Карпата и омеђеним делом Паноније. У таквом климатском региону налази се Београд са својим локалним специфичностима.

Клима Београда је умерено континентална, са четири годишња доба. Јесен је дужа од пролећа, са дужим сунчаним и топлим периодима тзв. михољско лето. Зима није тако оштра, са у просеку, 21 даном са температуром испод нуле. Јануар је најхладнији са просечном температуром 0,1°C. Пролеће је кратко и кишовито. Лето нагло долази.

Просечна годишња температура ваздуха је 11,7°C. Најтоплији месец је јул (22,1°C). Најнижа температура измерена је у Београду 10. јануара 1893. године (-26,2°C), а највиша 12. августа 1921. године и 9. септембра 1946. године (41,8°C). Од 1888. до 1995. године, регистровано је само шест дана са температуром изнад 40°C. Број дана са температуром вишом од 30°C тзв. тропских дана, у просеку је 31, а летњих дана са температуром вишом од 25°C је 95 у години.

Карактеристика београдске климе је и кошава, југоисточни и источни ветар, који доноси ведро и суво време. Најчешће дува у јесен и зиму, у интервалима од 2 до 3 дана. Просечна брзина кошаве је 25-43 km/h, а у појединим ударима може достићи брзину до 130 km/h. Кошава је највећи пречишћивач ваздуха Београда.

На Београд и околину, годишње падне, просечно 669,5mm падавина. Највећу количину падавина имају мај и јун. Просечно трајање сунчевог сјаја је 2.096 сати. Највећа инсолација, око 10 часова дневно, је у јулу и августу, док је највећа облачност у децембру и јануару, када сунце сија у просеку, 2 до 2,3 сата дневно. Просечан број дана са падањем снега је 27, дужина задржавања снежног покривача је 30 до 44 дана, а дебљина износи 14 до 25 cm.

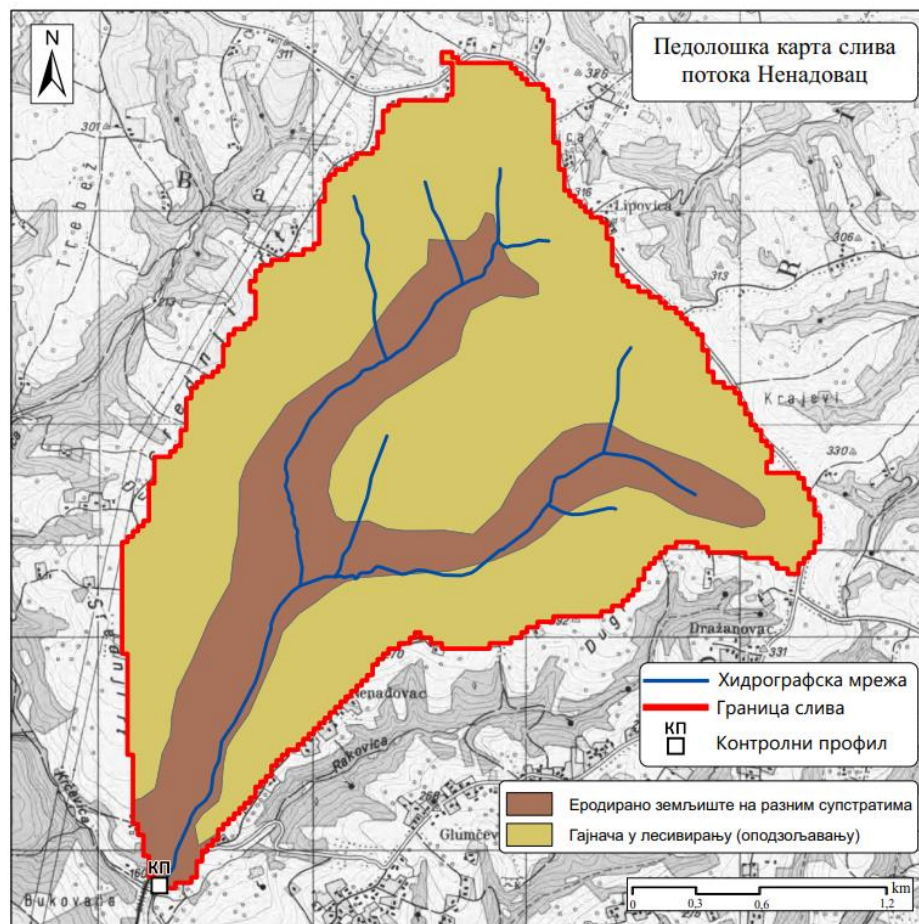
Средњи атмосферски притисак у Београду је 1001 mb, а средња релативна влажност ваздуха је 69,5%.

2.3. Педолошке карактеристике истраживаног подручја

Постојећа геолошка подлога условила је доминантан правац педогенезе и појаву одређених типова земљишта на истраживаном подручју. Према коришћеној педолошкој карти размере 1:50.000 (лист Београд 3, Педолошка карта СФРЈ, Институт за проучавање земљишта Топчидер – Београд, 1972), на истраживаном подручју заступљена су два типа

земљишта: гајњача у лесивирању и еродирано земљиште на разним супстратима (Табела 2). Просторна диспозиција издвојених типова земљишта на истраживаном подручју представљена је на одговарајућој генерисаној педолошкој карти (Слика 2).

Гајњача. Ова земљишта се најчешће образују на терцијерним иловастим карбонатним и бескарбонатним седиментима, али и на магматским и метаморфним стенама. Међу седиментним стенама су најважније: старији алувијални и делувијални наноси, лес, лапоровити седименти, терцијерни растресити седименти, а од магматских метаморфних стена: андезит, базалт, габро, неки гнајсови и амфиболитски шкриљци.



Слика 2. Педолошке карактеристике Потока Ненадовац, ГО Барајево, Извор: Аутор

Табела 2. Типови земљишта на истраживаном подручју

| Тип земљишта | Површина у km ² | Површина у % |
|--|----------------------------|--------------|
| Гајњача у лесивирању (оподзољавању) | 4,447 | 72,2 |
| Еродирано земљиште на разним супстратима | 1,712 | 27,8 |
| | 6,160 | 100 |

Особине гајњаче зависе пуно од особина супстрата на коме је образована тј. од његове боје, механичког и минералног састава, богатства базама и др. Текстура у горњим слојевима је најчешће тешка иловача. У природним условима имају стабилну структуру. Добро су оцедна и топла. Обрадом се карактеристике погоршавају и постају збијенији, агрегати нестабилнији у води, а ваздушни режим неповољнији. Садржај хумуса код обрађених гајњача просечно износи 2-3%, а под шумом око 4-5%. Хумус се добро минерализује. Неутралне су до слабо киселе реакције. По производним особинама гајњача спада у земљишта средње производне вредности (по потенцијалној плодности иза чернозема и смоница), али услед антропогених утицаја, долази до погоршања њених карактеристика, до смањења садржаја хумуса и биогених елемената, нестабилности структурних агрегата, кварења водног и ваздушног режима, као и појачане еродибилности на нагибима.

Еродирано земљиште на разним супстратима. Овај тип земљишта припада класи глејних земљишта. Главна карактеристика ове класе је прекомерно влажење претежно доњег дела профила из доњих подземних вода. Мочварно-глејно земљиште настаје у рељефским депресијама у којима се налази подземна вода чији се ниво мало мења. Обично су то речне или језерске депресије у којима су присутне подземне воде и њихов висок ниво (око 40 см испод површине земљишта) се одржава током целе године. Највећи утицај на педогенетске процесе имају смене суве и мокре фазе. Физичке особине су углавном неповољне. По текстури су најчешће глинуше – у контакту са водом јако бубре и постају непропусне за воду, а у сувој фази пуцају и постају водопрпусна и слабо аерисана земљишта. Реакција је најчешће неутрална до слабо алкална, а дистричне варијанте могу бити киселе.

2.4. Начин коришћења земљишта

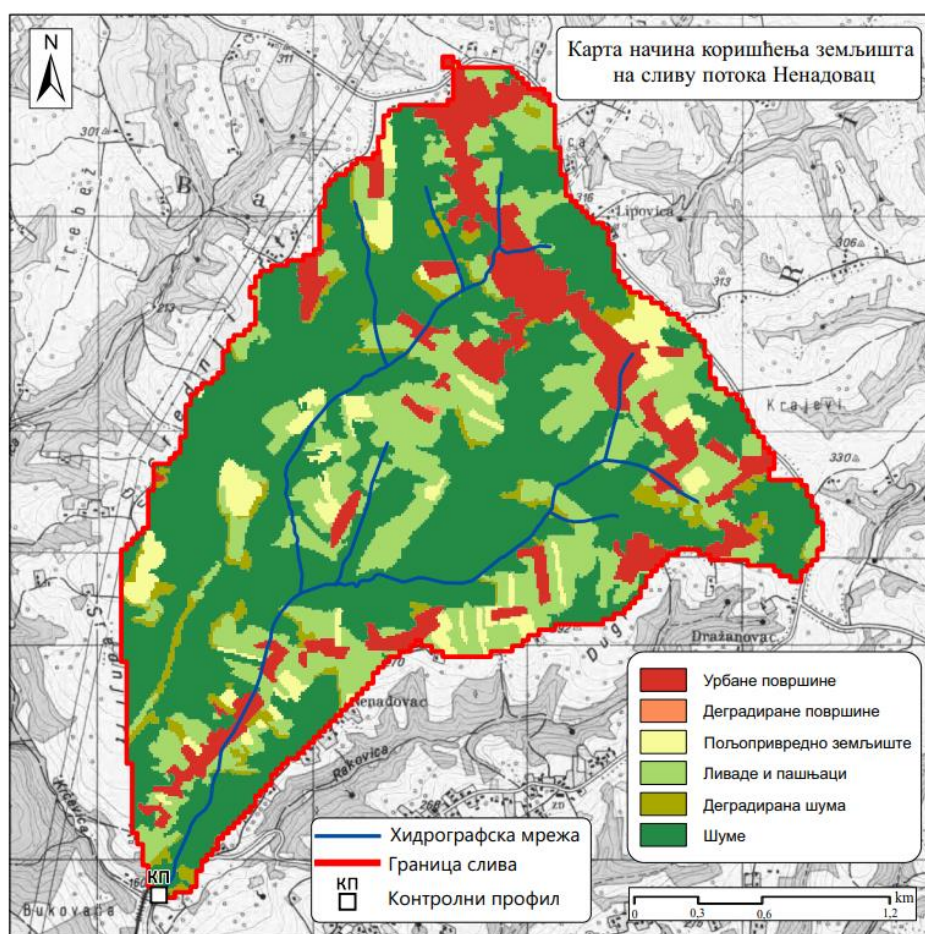
Начин коришћења простора на истраживаном подручју је детерминисан на основу теренског истраживања, коришћења топографских подлога, орто-фото снимака, сателитских снимака, као и релевантног документационог материјала. Структура површина, исказана у бројчаним вредностима, представљена је у (Табела 3). Просторна диспозиција издвојених типова начина коришћења земљишта на истраживаном подручју представљена је на одговарајућој генерисаној карти (Слика 3).

На основу добијене карте начина коришћења земљишта (Слика 3), а према дефинисаним коефицијентима за уређење слива, сливно подручје потока Ненадовац је претежно покривено шумама и то углавном листопадним (53%), док гола земљишта односно деградирани површине изостају у потпуности. Ливаде и пашњаци заузимају готово четвртину подручја, тј. 23,3%, док је мањи део земљишта прекривен жбуњем од (4,6%) и пољопривредним земљиштем (5,6%). Преостали део од 13,4% представља подручје под кућама и зградама као и економским објектима.

Табела 3. Начин коришћења простора на истраживаном подручју

| Име класе | Површина ha | Површина % |
|------------------------|--------------|------------|
| Вештачке површине | 8,26 | 13,42 |
| Гола земљишта | 0,023 | 0,04 |
| Пољопривредна земљишта | 3,46 | 5,63 |
| Травнате површине | 14,35 | 23,29 |
| Жбуње | 2,82 | 4,59 |
| Листопадне шуме | 32,66 | 53,03 |
| Сума | 61.60 | 100 |

Извор: Аутор



Слика 3. Начин коришћења простора на истраживаном подручју Потока Ненадовац, ГО Барајево, Извор: Аутор

2.5. Опис изведених радова

Противерозиони радови дефинишу низ радова како на санацији тако и на предузимању радова на превенцији од ерозије непосредно у зони водотока.

Противерозионе мере представљају акције које утичу на начин обраде, одржавање и управљање земљиштем, шумама и водама, док се под противерозионим радовима подразумева материјална изградња, односно извођење техничких радова (преграде, прагови, консолидациони појасеви, прагови и др.), биолошки радови (пошумљавање, затрављивање), биотехнички радови (израда тераса, контурних ровова) и агротехничких радова (наводњавање, поправка структуре земљишта) (Костадинов, 2008).

Извршени су радови како на санацији и на обезбеђењу обала од даље ерозије и то (Слика 4):

- Израда стабилизационих облога од ломљеног камена на косини водотока,
- израда стабилизационих облога од ломљеног камена у зони пропуста узводно и низводни,
- израда АБ плочастих пропуста у димензијама 240/240 и 300/300,
- уклањање дрвенасте и зељасте вегетације из корита потока,
- измуљивање дна корита од неподесног материјала и
- садња насипске смеше трава и легуминоза.



Слика 4. Изведени радови у сливу (Извор: Аутор)

Цртежи планираних радова у оквиру *Идејног пројекат санације плочастих пропуста и отварање протицајног профила са осигурањем обала и дна водотока – поток Ненадовац*.(2018) су дати у Прилогу 1.

3. Метод

3.1. Метод Потенцијала ерозије

Метод Потенцијала ерозије је емипирски модел за процену губитака земљишта који је развијен на основу дугогодишњих теренских истраживања, осматрања и мерења, на сливовима Јужне, Западне и Велике Мораве, Ибра, Тимока и Вардара (Гавриловић, 1972).

Метод полази од аналитичке обраде података о чиниоцима који утичу на ерозију. Како је ерозија просторна појава, приказује се на карти према класификацији на основу аналитички израчунатог коефицијента ерозије (Z), који не зависи од климатских карактеристика, већ од карактеристика тла, вегетационог покривача, рељефа и видљиве заступљености ерозије. Коефицијент ерозије (Z) добија се из следећег израза (Гавриловић, 1972):

$$Z=Y \cdot X \cdot a \cdot (\varphi + \sqrt{I_{SR}})$$

Где је:

Y – реципрочну вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију;

$X \cdot a$ – коефицијент уређења слива;

φ – бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије у сливу и

I_{SR} – средњи пад слива.

Према коефицијенту ерозије Z , дата је категоризација ерозионих процеса по Гавриловићу (Табела 4). Вредности се обично крећу од 0,1 до 1,5 и више тј. од очуваних, ерозијом слабо нападнутих сливова и подручја, до сливова који су екстремно угрожени процесима ерозије земљишта. Те вредности могу да буду изнад и испод наведених граница само у изузетним случајевима (Гавриловић, 1972).

Коефицијент отпора земљишта на ерозију - Y има распон вредности од 0,25 (голе и еруптивне подлоге) до 2,0 (пескове и невезана земљишта) (Табела 5). Коефицијент уређења слива Xa представља коефицијент који се одређује на основу начина коришћења земљишта на истраживаном подручју. Његова вредност се креће од 0,05 за шуме доброг склопа до 1,0 за потпуно голо земљиште до (Табела 6). Коефицијент φ представља бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије на сливном подручју и његове вредности се крећу од 0,1 (за подручја која су без видљивих трагова ерозије) до 1,0 (за подручја која су обухваћена дубинском ерозијом) (Табела 7).

Табела 4. Вредност коефицијента ерозије Z

| Категорија разорности (ерозивности) | Јачина ерозионих процеса | Тип владајуће ерозије | Коефицијент ерозије | Сред. вредност коеф.ерозије |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|
| I | Експесивна ерозија | дубинска | > 1,51 | 1,25 |
| | | мешовита | 1,21-1,50 | |
| | | површинска | 1,01-1,20 | |
| II | Јака ерозија | дубинска | 0,91-1,00 | 0,85 |
| | | мешовита | 0,81-0,90 | |
| | | површинска | 0,71-0,80 | |
| III | Осредња ерозија | дубинска | 0,61-0,70 | 0,55 |
| | | мешовита | 0,51-0,60 | |
| | | површинска | 0,41-0,50 | |
| IV | Слаба ерозија | дубинска | 0,31-0,40 | 0,30 |
| | | мешовита | 0,25-0,30 | |
| | | површинска | 0,20-0,24 | |
| V | Врло слаба ерозија | трагови ерозије | 0,01-0,19 и мање | 0,01 |

Извор: Гавриловић (1972)

Табела 5. Вредност коефицијента Y

| Типови земљишне творевине и сродне врсте | | Средњи коефицијент Y |
|--|---|----------------------|
| 1 | Пескови, шљунак и неvezана земљишта | 2,0 |
| 2 | Лес, туфови, слатине, степска земљишта и сл. | 1,6 |
| 3 | Распаднути кречњаци и лапорци | 1,2 |
| 4 | Серпентини, црвени пешчари, флишне наслаге | 1,1 |
| 5 | Подзоли и параподоли, распаднути шкриљци, микашисти, гнајшисти, агрилошисти и сл. | 1,0 |
| 6 | Једри и шкриљасти кречњаци, црвенице и хумусно силикатно земљишта | 0,9 |
| 7 | Гајњаче и планинска земљишта | 0,8 |
| 8 | Смонице, ритске оранице и мочварна земљишта | 0,6 |
| 9 | Чернозем и алувијални нанос добре структуре | 0,5 |
| 10 | Голи, компактни еруптиви | 0,25 |

Извор: Гавриловић (1972)

Табела 6. Вредност израза X_a

| Услови који утичу на вредност коефицијента X_a | | X_a |
|--|---|-------|
| 1. Слив или подручје пре антиерозионих радова | | |
| 1 | Потпуно голо, необрађено земљиште (голети) | 1,0 |
| 2 | Оранице са орањем уз и низ падину | 0,9 |
| 3 | Воћњаци и виногради без приземне вегетације | 0,7 |
| 4 | Планински пашњаци и сувати | 0,6 |
| 5 | Ливаде, детелишта и сличне пољопривредне културе | 0,4 |
| 6 | Деградиране шуме и шикаре саеродираним земљиштем | 0,6 |
| 7 | Шуме и шикаре доброг склопа и обраста | 0,05 |
| 2. Слив или подручје после антиерозионих радова | | |
| 1 | Оранице са контурним орањем | 0,63 |
| 2 | Оранице добре неге и заштићене малчирањем | 0,54 |
| 3 | Контурно-појасна обрада са плодоредом (оранице) | 0,45 |
| 4 | Контурни воћњаци и виногради | 0,315 |
| 5 | Терасирање ораница, терасе и градони | 0,36 |
| 6 | Затрављивање голих земљишта и мелиорације пашњака и сувати | 0,3 |
| 7 | Израда контурних ровова средње густине | 0,24 |
| 8 | Ретардациони водопутеви, микроакумулације | 0,27 |
| 9 | Обично пошумљавање на јаме или на пруге | 0,2 |
| 10 | Пошумљавање на градонима | 0,1 |
| 11 | Уређивање корита водотокова техничким објектима: каналисање, кинетирање, изградња преграда, габиона и сл, | 0,7 |

Извор: Гавриловић (1972)

Табела 7. Вредност коефицијента ϕ

| Услови који утичу на вредност коефицијента ϕ | | Средња вредност ϕ |
|---|---|------------------------|
| 1 | Слив или подручје потпуно обухваћено јаружастом ерозијом и урвинским процесима (дубинска ерозија) | 1,0 |
| 2 | Око 80% слива или подручја под браздастом и јаружастом ерозијом | 0,9 |
| 3 | Око 50% слива или подручја под браздастом и јаружастом ерозијом | 0,8 |
| 4 | Цео слив под површинском ерозијом: распадине и осулине, нешто мало бразди и јаруга(дубинска ерозија, као и јака крашка ерозија) | 0,7 |
| 5 | Цео слив под површинском ерозијом, али без видљивих дубинских процеса (бразде, јаруге, одрони и сл.) | 0,6 |
| 6 | Земљиште на 50 % површине обухваћено површинском ерозијом, а остали део слива очуван | 0,5 |
| 7 | Земљиште на 20 % површине обухваћено површинском ерозијом, док је 80 % слива или подручја очувано | 0,3 |
| 8 | Земљиште у сливу без видљивих трагова у ерозије, али у коритама водотока има мањих одрона и клижења | 0,2 |
| 9 | Слив без видљивих трагова ерозије, али претежно под ораницама | 0,15 |
| 10 | Подручје у сливу без видљивих трагова ерозије како у сливу тако и у кориту водотока, али претежно под шумама или вишегодишњом вегетацијом (ливаде, пашњаци и сл.) | 0,1 |

Извор: Гавриловић (1972)

3.2. Прорачун ерозионе продукције и проноса наноса на сливу

Прорачун ерозионе продукције и проноса наноса могуће је обавити применом методе Потенцијала ерозије. Поменути метод је најквалитетнија и најкоришћенија метода у Србији, а и данас се користи у свим државама бивше СФРЈ. Укупна продукција ерозионог материјала на сливу се добија применом формуле:

$$W_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot A \quad [m^3/god]$$

Где је:

W_{god} – укупна продукција ерозионог материјала на сливу;

T – температурни коефицијент подручја;

$$T = \sqrt{(tsr/10+0.1)};$$

tsr - просечна годишња температура ваздуха на сливу [$^{\circ}C$];

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

π – Лудолфов број (Архимедова константа) – 3,14159;

Z – коефицијент ерозије;

A – површина сливног подручја [km^2].

За одређивање годишње количине наноса у хидрографској мрежи (W_p), Гавриловић је дао формулу (1972):

$$W_p = W_{god} \cdot R_u \quad [m^3/god]$$

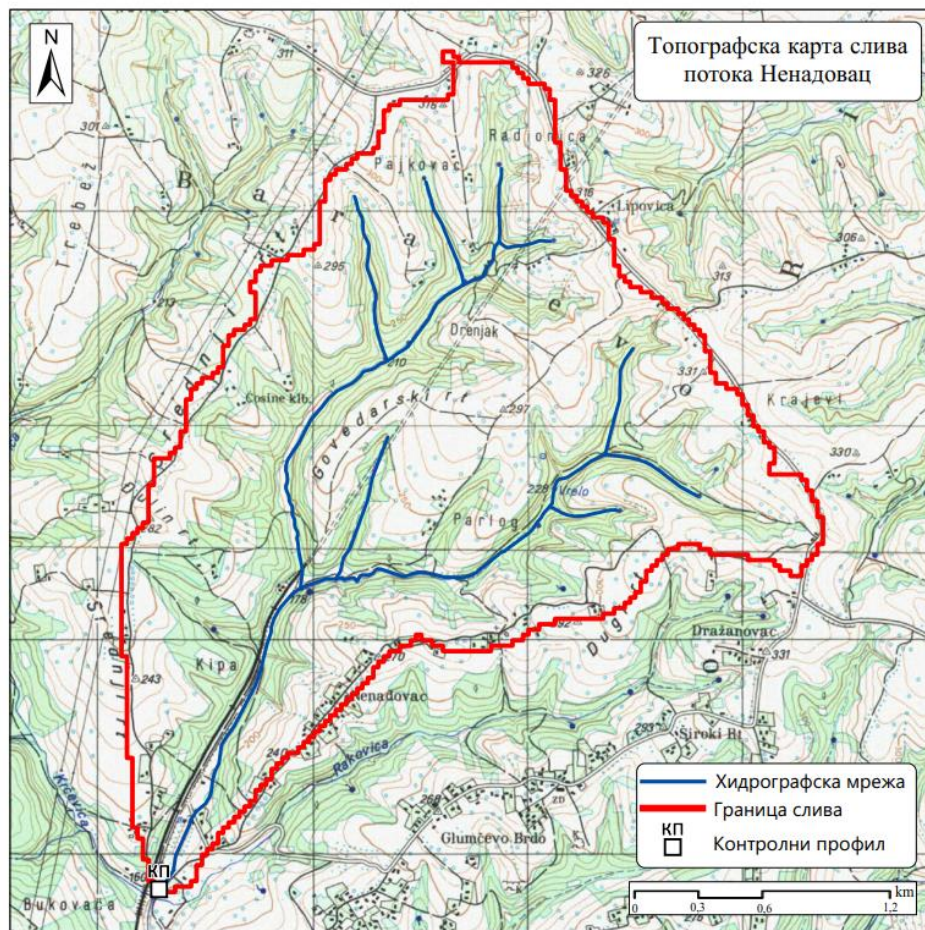
R_u представља коефицијент ретенције који зависи од обима слива (O), дужине слива (L) и средње висинске разлике слива (D), а рачуна се према формули (Гавриловић, 1972):

$$R_u = \frac{(O \cdot D)^{0.5}}{0.25 \cdot (L + 10)}$$

4. Резултати и дискусија

4.1. Физичко – географске карактеристике истраживаног подручја слива потока Ненадовац

За анализу основних физичко-географских параметара слива потока Ненадовац (Слика 5), коришћен је дигитални модел терена ДМТ резолуције 25m, који је формиран на основу скенираних топографских карата. Поток Ненадовац представља један од три потока који код тунела „Ненадовац“ формирају Барајевску реку. Дужина потока је 2,0 km, а површина слива 6,16 km^2 . Остале физичко-географске карактеристике слива су дате у (Табели 8).



Слика 5. Топографски приказ слива потока Ненадовац (Извор: Аутор)

Табела 8. Географске карактеристике слива потока Ненадовац

| Назив параметра | Ознака | Вредност |
|---|-----------------|----------------------|
| Површина слива | A | 6,16 km ² |
| Обим слива | O | 15,05 km |
| Кота врха слива | K _v | 317 m.n.m. |
| Кота ушћа слива | K _u | 134 m.n.m. |
| Дужина слива по главном току | L | 4,92 km |
| Одстојање од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила | L | 2,79 km |
| Апсолутни пад корита | I _a | 3,75% |
| Уравнати пад корита | I _u | 3,19% |
| Средња надморска висина слива | H _{sr} | 495,68 m |
| Средња висинска разлика | D | 128,8 m |
| Средњи пад слива | I _{sr} | 12,62% |

4.2. Коефицијент отпора земљишта на ерозију (Y)

Коефицијент отпора земљишта на ерозију (Y) зависи од геолошке подлоге, климата и типова земљишних творевина. Анализом геолошких и педолошких карактеристика дефинисана је репрезентативна вредност за истраживано подручје (слив потока Ненадовац) која износи $Y=1,13$, док се вредности крећу у распону од 0,8-2,0 (Табела 9).

Табела 9. Педолошки типови земљишта у сливу потока Ненадовац

| Педолошки тип | Y | Површина (ha) |
|--|-----|---------------|
| Гајњача у лесивирању (оподзољавању) | 0,8 | 4,45 |
| Еродирано земљиште на разним супстратима | 2 | 1,71 |

Извор: Аутор

4.3. Коефицијент уређења слива (X·a)

Анализом начина коришћења земљишта одређене су вредности коефицијента уређења слива на истраживаном подручју. Коефицијент уређења слива дефинисан је за природне услове, односно, у околностима када су изведени противерозиони радови у водотоку поменути у Поглављу 2.5. Сходно томе, усвојена је вредност параметра $a=1$, док су вредности X у распону 0-1. Средња вредност коефицијента уређења слива $X \cdot a$ на сливу потока Ненадовац износи $X \cdot a=0,29$. Елементи су дати у Табели 10.

Табела 10. Педолошки типови земљишта у сливу потока Ненадовац

| Име класе | X·a | Површина (ha) |
|------------------------|------|---------------|
| Вештачке површине | 0 | 8,268 |
| Гола земљишта | 1 | 0,023 |
| Пољопривредна земљишта | 0,8 | 3,46 |
| Травнате површине | 0,5 | 14,35 |
| Жбуње | 0,4 | 2,82 |
| Листопадне шуме | 0,05 | 32,66 |

4.4. Коефицијент видљивих и јасно изражених ерозионих процеса (φ)

Коефицијент видљивих и јасно изражених ерозионих процеса представља параметар који показује ерозиони статус предметног подручја. За потребе мастер рада, а на основу обиласка терена и сателитских снимака, установљена је тренутна (стварна) распрострањеност појединих облика ерозионих процеса на истраживаном подручју.

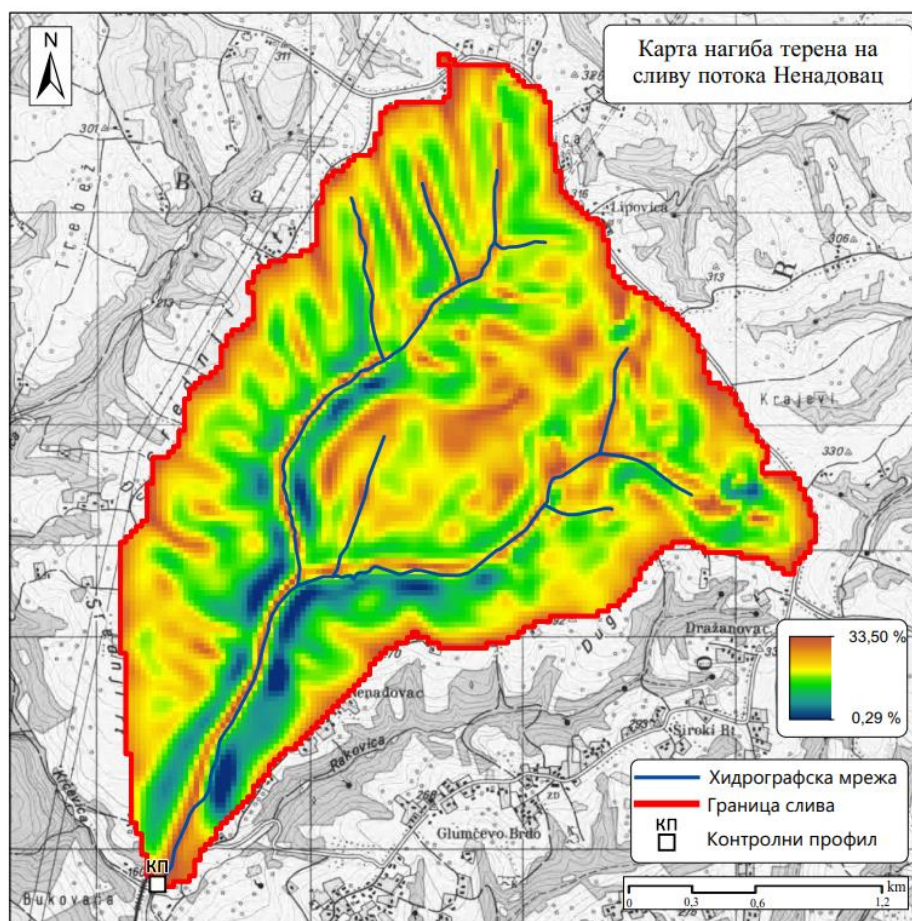
Вредности коефицијента видљивих и јасно изражених процеса ерозије на истраживаном подручју крећу се у распону $\varphi=0-1$. Просечна вредност φ за истраживано подручје износи $\varphi=0,35$.

4.5. Средњи нагиб терена (I_{sr})

Средњи нагиб терена (I_{sr}) се изражава као вредност квадратног корена из средњег пада слива, односно ерозионог подручја или парцеле за коју се одређује коефицијент ерозије (Z). Средњи нагиб терена детерминисан је на основу дигиталног елевационог модела, а обрадом у ГИС софтверу добијена је просторна дистрибуција квадратног корена средњег пада и износи $I_{sr}=12,62$ (Слика 6), као и процентуално учешће површина под одређеним нагибом (Табела 11).

Табела 11. Приказ падова терена на сливу потока Ненадовац

| Ред. бр. | % | ha | Површина % |
|----------|----------|--------|------------|
| 1 | 0-4 | 33,62 | 5,46 |
| 2 | 4-9 | 129,68 | 21,05 |
| 3 | 9-27 | 444,12 | 72,09 |
| 4 | преко 27 | 8,62 | 1,40 |
| | | 616,06 | 100 |



Слика 6. Карта нагиба терена на сливу потока Ненадовац, (Извор: Аутор)

4.6. Коefицијент ерозије (Z)

Квантитативна вредност коefицијента ерозије истраживаног подручја израчуната је на основу формуле која је приказана у Поглављу 2. Сваки фактор који фигурира у формули је приказан у засебном растеру, на пикселу величине 100x100 метара. После корекције слојева на јединствену резолуцију (100x100 метара), извршено је множење фактора и добијање просторне дистрибуције коefицијента ерозије Z , за сваки пиксел (Слика 7). Вредности коefицијента ерозије Z , на истраживаном подручју, крећу се у распону од 0-1,48 (Табела 13). Средња вредност коefицијента ерозије Z за истраживано подручје износи $Z=0,18$ што према општој развијености ерозионих процеса по методи Потенцијала ерозије, представља категорију под слабом ерозијом.

Карта ерозије приказује просторну расподелу ерозионих процеса и пружа нам увид у стање њеног интензитета и карактера. Процеси ексцесивне ерозије јављају се на површини од 0,087 km² тј. на 1,4% површине слива. Ови процеси ерозије су присутни углавном у доњем делу слива. Јака ерозија се простире на 0,35 km², такође у доњем делу слива где се простире и ексцесивна на 5,8% површине слива. Средњи интензитет ерозије је присутан на 0,40 km², односно 6,56% површине слива. Јавља се претежно на пољопривредном земљишту.

Слаба ерозија се јавља само на агрошумском простору, а то су пољопривредне парцеле са већим учешћем елемената природне вегетације. Слаба ерозија је заступљена на површини од 1,2 km², односно на 19,51% површине слива. Највећу заступљеност од 4,11 km² или 66,71% површине слива има врло слаба ерозија. Поменути интензитет је доминантан на целом сливу, углавном под листопадним деградираним шумама. Категорије ерозије дате у (Табела 12).

Табела 12. Категорије ерозије и њихова заступљеност

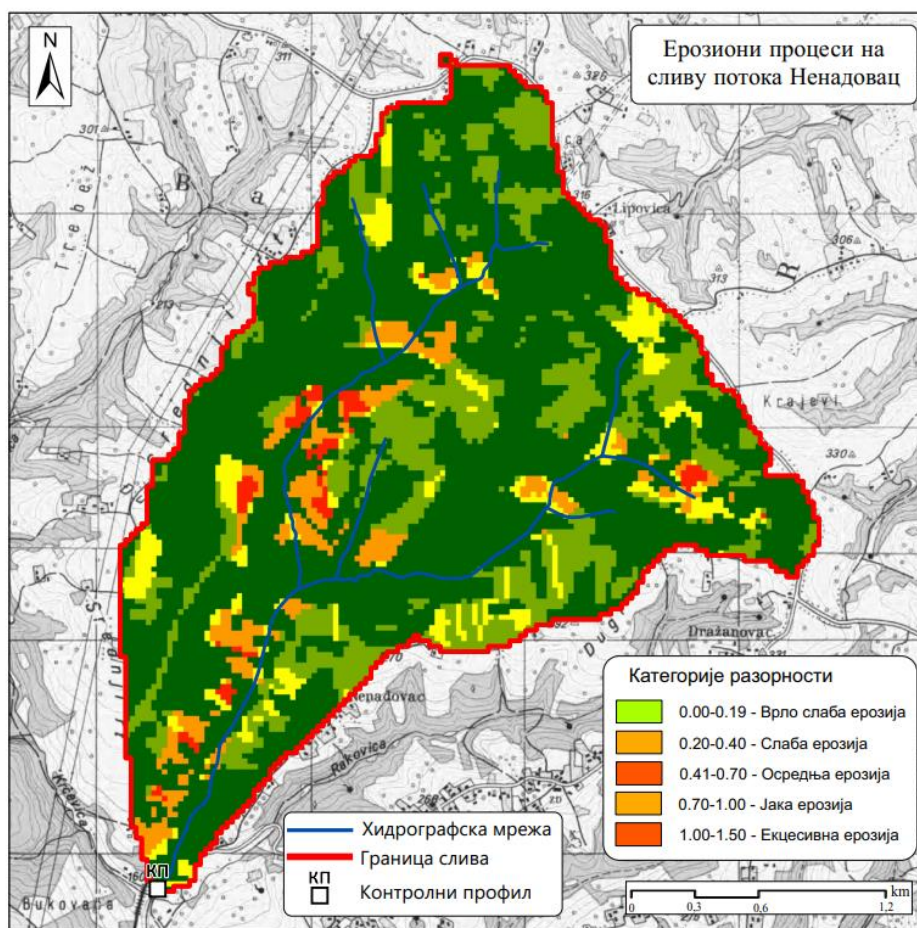
| | Ерозија | Површина km ² | Површина % |
|---|---------------------|--------------------------|------------|
| 1 | Веома слаба ерозија | 4,11 | 66,71 |
| 2 | Слаба ерозија | 1,2025 | 19,51 |
| 3 | Средња ерозија | 0,404375 | 6,56 |
| 4 | Јака ерозија | 0,35625 | 5,78 |
| 5 | Екцесивна ерозија | 0,0875 | 1,42 |
| | | | 100 |

Извор: Аутор

Табела 13. Вредности коефицијента ерозије Z

| Начин коришћења | Површина ha | Коефицијент Z | | |
|------------------------|-------------|---------------|------------|--------|
| | | Минимални | Максимални | Средњи |
| Вештачке површине | 8,26 | 0 | 0 | 0 |
| Гола земљишта | 0,023 | 0,586 | 1,457 | 0,881 |
| Пољопривредна земљишта | 3,46 | 0,292 | 1,477 | 0,680 |
| Травнате површине | 14,35 | 0,182 | 0,948 | 0,437 |
| Жбуње | 2,82 | 0,151 | 0,753 | 0,371 |
| Листопадне шуме | 32,66 | 0,018 | 0,095 | 0,043 |

Извор: Аутор



Слика 7. Карта ерозионих процеса на сливу потока Ненадовац, (Извор: аутор)

4.7. Годишња продукција и пронос ерозионог материјала

Коефицијент ерозије, који је резултат примене Методе Потенцијала ерозије, представља основ за даље прорачуне, где се укључују и климатски чиниоци, у циљу добијања вредности продукције ерозионог материјала. Продукција ерозионог материјала представља укупну количину еродираниог материјала на истраживаном подручју која је у корелацији са репрезентативном вредношћу коефицијента ерозије Z . Резултати прорачуна дати су у (Табела 14).

На сливу потока Ненадовац (до профила улива у Барајевску реку) укупна годишња продукција ерозионог материјала износи $W_{god} = 1112,61 \text{ m}^3$, а изражено по јединици површине $W_{godsp} = 188,9 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$. Од укупне годишње количине створеног ерозионог материјала до хидрографске мреже доспева $W_p = 700,94 \text{ m}^3$, а изражено као специфичан пронос наноса (вученог и суспендованог) $W_{psr} = 119,01 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$.

Уколико се изведу обимни противерозиони радови у сливу, они могу значајно допринети редукацији ерозије земљишта и проноса наноса што су у својим истраживањима показали Kostadinov i sar. (2008). Коефицијент ерозије се након извођења биолошких (пошумљавање, затрављивање) и техничких радова (преграде) у

периоду од 1956-2006. године у сливу реке Топлице редуковао са 1,0 на 0,404, односно ерозија је из врло јаке до јаке категорије прешла у категорију средње ерозије.

Табела 14. Резултати прорачуна ерозионе продукције и проноса наноса

| Ознака | Јединица | Опис | Вредност |
|-------------|------------------------------------|---|----------|
| D | m | средња висинска разлика слива | 361,68 |
| T | / | температурни коефицијент подручја | 1,14 |
| W_{god} | m^3 | укупна годишња ерозиона продукција на сливу | 1112,61 |
| W_{godsp} | $m^3 \cdot km^{-2} \cdot god^{-1}$ | специфична годишња ерозиона продукција на сливу | 188,9 |
| R_u | / | кофицијент ретенције наноса | 0,630 |
| W_p | m^3 | годишња количина наноса у хидрографској мрежи | 700,94 |
| W_{psp} | $m^3 \cdot km^{-2} \cdot god^{-1}$ | специфичан пронос наноса | 119,01 |
| δ | / | учешће вученог наноса | 0,0487 |
| W_{vn} | $m^3 \cdot god^{-1}$ | количина вученог наноса | 34,14 |
| W_{sn} | $m^3 \cdot god^{-1}$ | количина суспендованог наноса | 666,8 |

Извор: Аутор

5. Закључак

На подручју града Београда процесима ерозије различитог интензитета захваћено је 98,09% укупне површине под претежно пољопривредним и шумским културама. Доминантна категорија разорности је слаба ерозија која захвата 51,73% површине подручја.

На подручју општине Барајево, на сливном подручју потока Ненадовац, преовлађују процеси слабе ерозије. Постоје бројни фактори за процену угрожености ерозијом, а међу најзначајнијима према методологији Потенцијала ерозије су коефицијент уређења слива, бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије у сливу и др.

Делови слива потока Ненадовац који су најугроженији ерозионим процесима налазе се углавном уз хидрографску мрежу и последица су неадекватног коришћења земљишта у сливу, непланске сеча стабала непосредно уз водоток као и недомаћинско понашање мештана према природи.

У протеклом периоду изведени су радови на потоку Ненадовац, како у горњем тако и у доњем делу који је био и најугроженији. Осим грађевинских радова на зацевљењу дела потока у доњем делу изведени су противерозиони радови у горњем делу и то пре свега обезбеђење косина каменим набачајем, израда камених стабилизационих прагова као и уређење косина засадом меша трава и дрвенастих врста на местима која су остала огољена.

Релација између улазних параметара за прорачун у МПЕ приказује да је одлучујући фактор, за висину вредности ерозионе продукције, коефицијент ерозије Z . Коефицијент ерозије Z је квантитативни показатељ садејства свих улазних параметара од којих, сваки на свој начин, утиче на генезу и интензитет ерозионих процеса. Такође, прорачуном, утврђен је значајан утицај коефицијента уређења слива X_a , на продукцију ерозионог материјала. Коефицијент X_a указује на улогу земљишног покривача у заштити земљишта од утицаја атмосферских чинилаца и деловања ерозионих процеса. На основу овог параметра, као и на основу изведених радова у сливу и кориту водотокова се предлажу и планирају противерозиони радови у будућности.

На основу извршених анализа, може се закључити да постоји потреба за изградњом депонијских и рустикалних преграда у горњем делу слива, које ће значајно да редукују количину наноса која се транспортује кроз хидрографску мрежу, а тиме и штете које би настале у подручју низводно од оног где се радови изводе.

6. Литература

1. Akhtar, H., Izzuddin, M., Ishak, C., et al. (2021): Various Natural and Anthropogenic Factors Responsible for Water Quality Degradation: A Review. *Water* 13 (19), 2660.
2. Avwunudiogba A., Hudson, P.F. (2014): A Review of Soil Erosion Models with Special Reference to the needs of Humid Tropical Mountainous Environments. *European Journal of Sustainable Development* (2014), 3, 4, 299-310.
3. Borrelli P., Robinson D.A., Panagos P., Lugato E., Yang J.E., Alewell C., Wuepper D., Montanarella L., Ballabio C. (2020): Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 117(36), 21994–22001; doi: 10.1073/pnas.2001403117
4. Bradford, J., Huang, C. (1994): Interrill soil erosion as affected by tillage and stover cover. *Soil Tillage Res.* 31, 353-361.
5. De Vente J. (2009): Soil Erosion and Sediment Yield in Mediterranean Geoecosystems - Scale issues, modelling and understanding. PhD Thesis, ISBN 978-90-8649-233-6 Faculteit Wetenschappen, Geel Huis, Kasteelpark Arenberg 11, 3001 73.
6. De Vente J., Poesen J. (2005): Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi-quantitative models. *Earth-Science Reviews*, 71(1), 95–125.
7. Dragicevic, S., Filipovic, D., Kostadinov, S., et al. (2011). Natural Hazard Assessment for Land-use Planning in Serbia, *International Journal of Environmental Research*. 5(2), 371-380, ISSN: 1735-6865
8. Dragović, N., Vulević, T. (2020): Soil Degradation Processes, Causes, and Assessment Approaches. In: *Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals-Life of Land* (Eds. L. Filho, A.M. Azul, L. Brandli, A.L. Salvia T. Wall), Springer Nature Switzerland https://doi.org/10.1007/978-3-319-71065-5_86-1
9. Gavrilović, S. (1972): Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. Izgradnja, Specijalno izdanje, Beograd.
10. Kostadinov S., Dragović N., Zlatić M., Todosijević, M. (2006): uticaj protiverozionih radova u slivu reke Toplice uzvodno od brane „Selova“ na intenzitet erozije zemljišta. *Vodoprivreda* 231-243, str.115-126.
11. Merritt W.S., Letcher R.A., Jakeman, A.J. (2003): A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling and Software* 18 (8-9), 761–799.
12. Брауновић С. (2013): Ефекти противерозионих радова на стање ерозије у Грделичкој клисури и Врањској котлина, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Шумарски факултет.
13. Градска управа града Београда, Секретаријат за привреду и Институт за водопривреду "Јарослав Черни"АД и Шумарски факултет (2004): План за проглашење ерозионих подручја и План одбране од бујичних поплава за територију града Београда
14. Институт за водопривреду “ Јарослав Черни ”АД, Завод за уређење сливова, Шумарски факултет - Универзитет у Београду (2005): План одбране од бујичних поплава за општину Барајево

15. Јавно водопривредно предузеће Београдводе (2018): Идејни пројекат санације плочастих пропуста и отварање протицајног профила са осигурањем обала и дна водотока – поток Ненадовац.
16. Костадинов С. (2008): Бујични токови и ерозија, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд.
17. Лазаревић, Р. (2009): Ерозија у Србији, Београд ISBN 978-86-7307-209-8,
18. Милчановић В. (2021): Развој методологије за идентификацију ерозионих подручја као елемент система у превенцији бујичних поплава, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Шумарски факултет
19. Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, Републичка дирекција за воде, (2018): Општи и оперативни план одбране од бујичних поплава.
20. Петковић Т., Прохаска С. (1990): Методе за прорачун великих вода, Грађевински календар, Београд (183-279)
21. Половина С. (2022): Компарација метода за квантификацију интензитета ерозионих процеса – студија случаја подручја генералног плана Београда, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Шумарски факултет
22. Половина, С, Радић, Б., Ристић, Р., Милчановић В. (2016): Просторна и временска анализа деградације природних ресурса на сливу реке Ликодре, Гласник Шумарског факултета бр. 114, BIBLID: 0353-4537, 2016, стр. 169-188
23. Стефановић Т. (2016): ефекти противерозионих радова у сливу реке Јабланице узводно од будуће водне акумулације „Ровни“, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Шумарски факултет.

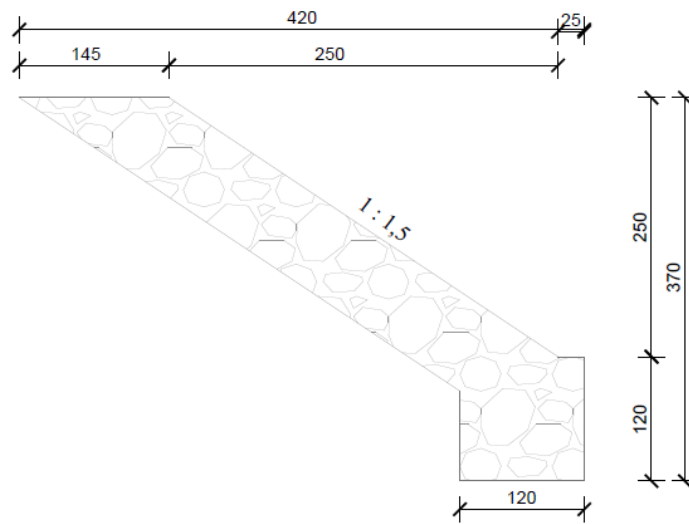
Литература са интернета:

1. <https://www.barajevo.org.rs/>
2. <https://www.begrad.rs>
3. <https://www.ekologija.gov.rs>
4. <https://www.mednasuma.org.rs/>

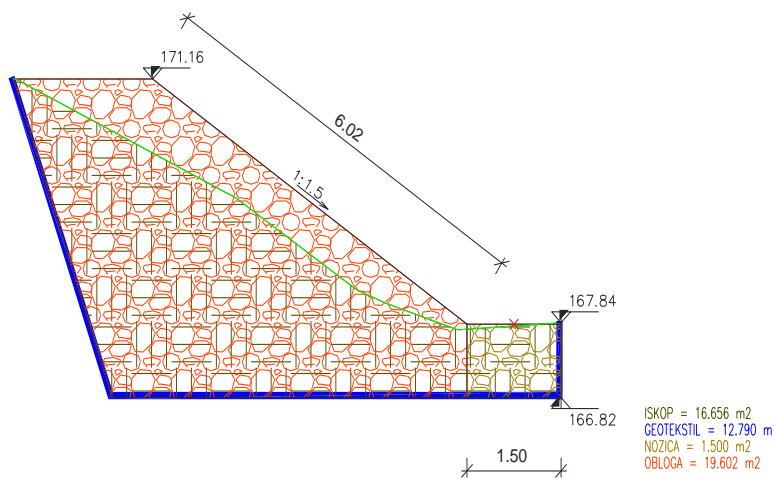
Прилог 1.

Стабилизациона облога од ломљеног камена на косини водотока

P = 1 : 50



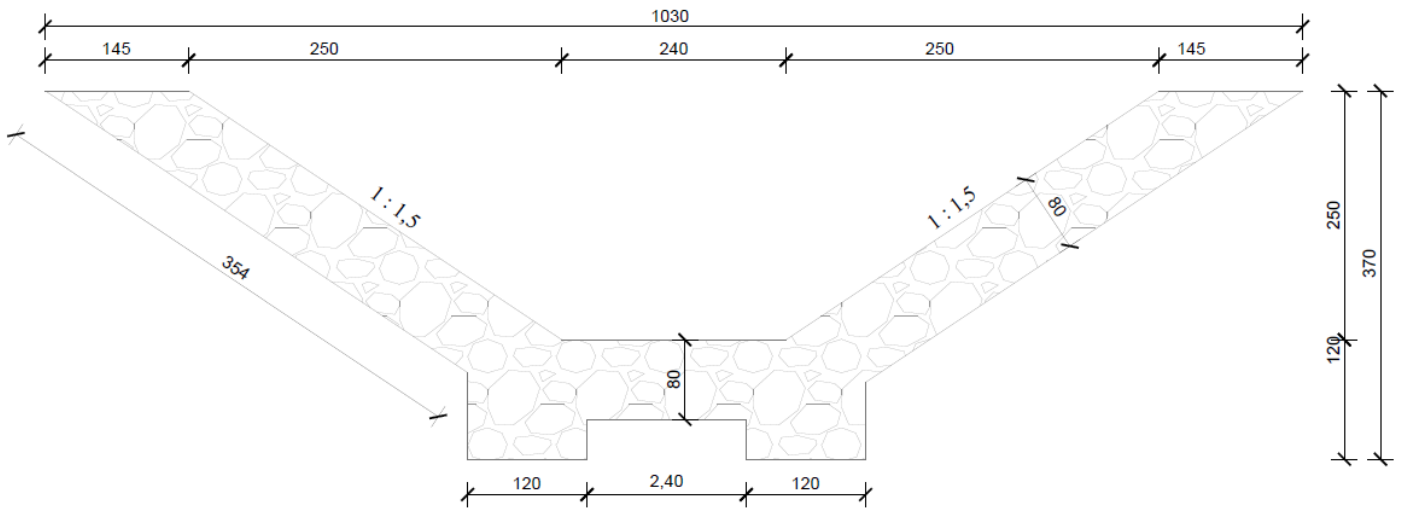
Слика 8. Изглед стабилизационе облоге од ломљеног камена



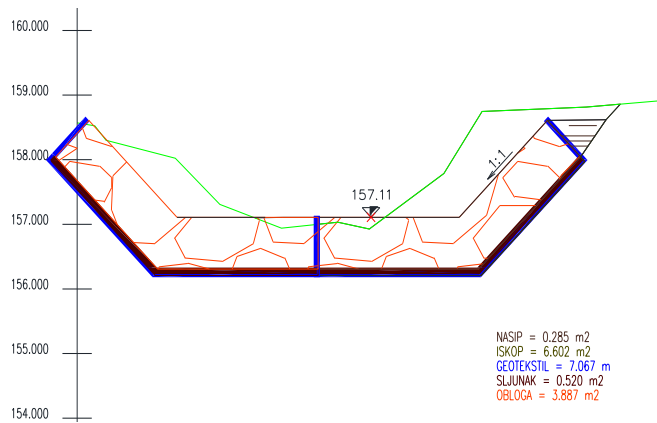
Слика 9. Пројектована облога

Стабилизациона облога од ломљеног камена у
зони пропуста узводно и низводно

P = 1 : 50



Слика 10. - Изглед стабилизационе облоге од ломљеног камена у зони пропуста



Слика 11. - Пројектована облога