

Универзитет у Београду
Шумарски факултет

**Дефинисање методологије за утврђивање
граничних вредности динамичког модула
деформације на шумским путевима**

КОНАЧНИ ИЗВЕШТАЈ

Припремљен за
Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде
Управа за шуме

Др Милорад Даниловић, ред. проф.

Катедра Коришћења шумских ресурса

децембар, 2019. године

ЗАХВАЛНИЦА ФИНАНСИЈЕРУ

Овај пројекат је финансиран од стране Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде - Управе за шуме, средствима из годишњег програма коришћења средстава буџетског фонда за шуме Републике Србије за 2019. годину за финансирање пројеката у области шумарства.

ИСТРАЖИВАЧИ И ИНСТИТУЦИЈЕ

Универзитет у Београду, Шумарски факултет

др Милорад Даниловић, редовни професор

др Душан Стојнић, асистент са докторатом

маст. инж. Славица Антонић, сарадник у високом образовању

маст. инж. Владимир Ћировић, сарадник у високом образовању

дипл. инж. Мирослав Танасковић

РУКОВОДИЛАЦ
ПРОЈЕКТА

ДЕКАН
ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА

М.П.

Проф. др Милорад Даниловић

Проф. др Ратко Ристић

САДРЖАЈ:

ПОПИС ТАБЕЛА:	5
ПОПИС СЛИКА:.....	5
ПОПИС ГРАФИКОНА:.....	5
1. УВОД.....	6
2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА	8
2.1. Лабораторијско испитивање каменог агрегата.....	8
2.2. Уређај за испитивање динамичког модула деформације – Zorn ZFG 3.0 GPS.....	9
2.2.1. Техничке карактеристике.....	9
2.2.2. Принцип рада	10
3. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА	14
3.1. Локално доступан камени агрегат	14
3.1.1. Позајмиште 1 – Дебели Луг, Пустинац.....	16
3.1.2. Позајмиште 2 – Мајданпек, Равна река	20
3.1.3. Позајмиште 3 – Јагодина, Беочић, Бела Грача.....	23
3.1.4. Позајмиште 4 – Дебели Луг, Бреза	26
3.1.5. Позајмиште 5 – Гоч, Гвоздац.....	29
3.1.6. Анализа резултата лабораторијских испитивања	32
3.2. Испитивање динамичког модула деформације.....	32
3.2.1. Шумски пут „Крак фунзар – Јеленов поток“	32
3.2.2. Шумски пут „Пилана – Врба“	34
3.2.3. Шумски пут „Врба – Поток Алмари“.....	35
3.2.4. Шумски пут „Фељешана – Поток Бреза“	36
3.2.5. Шумски пут „Беочић – Бела Грача – Змајевица“	36
3.2.6. Шумски пут „Ваља река“	38
3.2.7. Шумски пут „Равна река – Огашу скорца“	39
3.2.8. Шумски пут „Ловачки дом – Милојковача“	40
3.2.9. Анализа добијених резултата	43
4. ПРЕДЛОГ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА ДАЉА ИСТРАЖИВАЊА.....	45
5. ЗАКЉУЧАК.....	48
ЛИТЕРАТУРА.....	49

ПОПИС ТАБЕЛА:

Табела 1: E_{vd} и степен збијености на постелици шумског пута „Крак фунзар – Јеленов поток“	33
Табела 2: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Пилана - Врба"	34
Табела 3: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Врба – Поток Алмари“	36
Табела 4: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Фељешана - Поток Бреза“	36
Табела 5: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Беочић-Бела Грача-Змајевица“	37
Табела 6: E_{vd} и степен збијености након више пролазака ваљка	38
Табела 7: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Ваља реа“	39
Табела 8: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Равна река - Огашу скорца“	40
Табела 9: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Ловачки дом – Милојковача“	41
Табела 10: E_{vd} и степен збијености након више пролазака ваљка	42
Табела 11: Статистичка анализа.....	43
Табела 12: Формулар за унос података о извршеном мерењу	46

ПОПИС СЛИКА:

Слика 1: Делови уређаја ZORN ZFG 3.0 GPS	11
Слика 2: Позајмиште 1 - Дебели Луг - Пустинац	15
Слика 3: Позајмиште 3 - Бела Грача.....	15
Слика 4: Прикупљени узорци каменог агрегата пре испоруке у лабораторију	16
Слика 5: Камени агрегат из позајмишта Пустинац у Дебелом Лугу.....	17
Слика 6: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 1	18
Слика 7: Камени агрегат из позајмишта Равна река у близини Мајданпека	20
Слика 8: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 2	21
Слика 9: Камени агрегат из позајмишта Бела Грача у близини Јагодине	23
Слика 10: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 3	24
Слика 11: Камени агрегат из позајмишта Бреза у Дебелом Лугу.....	26
Слика 12: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 4.....	27
Слика 13: Камени агрегат из позајмишта Гвоздац на Гочу	29
Слика 14: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 5.....	30
Слика 15: Испитивање динамичког модула збијености пре ваљања	34
Слика 16: Испитивање динамичког модула збијености након првог преласка ваљка	34
Слика 17: Испитивање динамичког модула деформације на шумском путу "Пилана - Врба"	35
Слика 18: Испитивање на шумском путу „Беочић-Бела Грача-Змајевица" уређајем ZFG 3.0 GPS.....	37
Слика 19: Испитивање након више пролазака ваљка	37
Слика 20: Мерење збијености на шумском путу „Ваља реа“	39
Слика 21: Шумски пут „Ваља реа“ у тренутку мерења	39
Слика 22: Припрема за мерење на шумском путу „Ловачки дом-Милојковача“	41
Слика 23: Мерење након више пролазака ваљка	41
Слика 24: Примери извештаја са мерења динамичком плочом	42

ПОПИС ГРАФИКОНА:

Графикон 1: Промена вредности E_{vd} са бројем преласка ваљка	33
Графикон 2: Промена вредности s/v са бројем преласка ваљка	33
Графикон 3: Промена вредности E_{vd} са бројем преласка ваљка	38
Графикон 4: Промена вредности s/v са бројем преласка ваљка	38
Графикон 5: Зависност динамичког модула деформација од броја пролаза ваљка	43
Графикон 6: Зависност динамичког модула деформација од броја пролаза ваљка	44

1. УВОД

Убрзан развој шумске путне инфраструктуре кроз изградњу нових и реконструкцију постојећих шумских путева, захтева брзе и квалитетне методе за оцену квалитета изведених радова. Да би шумски пут могао дугорочно да функционише, његова постељица и агрегати морају обезбедити чврсту и стабилну подлогу. Током изградње шумских путева неопходно је стално спровођење контроле изведених радова како би се осигурало да су материјали за израду коловоза довољно сабијени.

Коловозна конструкција шумског пута мора бити у могућности да издржи оптерећења која настају од саобраћаја. На ову носивост често утиче степен сабијености, садржај воде и тип тла на коме се пут гради. Коловозна конструкција која може да издржи велика оптерећења без прекомерне деформације сматра се добром.

Материјали за израду коловозне конструкције обично се карактеришу својом отпорношћу на деформације под оптерећењем, или другим речима, својом крутошћу или својом носивошћу, односно својом чврстоћом. Што је коловозна конструкција отпорнија на деформације, то је веће оптерећење које може поднети пре достизања критичне вредности деформације.

Динамички поступци испитивања развијани су у разним земљама како би се омогућила брза испитивања изграђених слојева земље и других насutih материјала под условима оптерећења, који су приближни онима наметнутим саобраћајем. Овакви поступци добијају све већу популарност након употребе у европским земљама и САД-у, где се користе већ више од 30 година.

Пракса испитивања степена збијености одавно је присутна у нашем грађевинарству, али сем појединачних случајева, није нашла ширу примену код градње шумских путева. Данас постоје различите врсте уређаја за испитивање степена збијености материјала, од којих су већина статички и захтевају контра тег, као и добро обучене раднике који њима рукују. Поред тога, последњих година развијени су знатно

једноставнији инструменти – динамичке плоче са падајућим тегом, за утврђивање степена збијености различитих врста материјала преко динамичког модула деформације.

Тест оптерећења динамичком плочом помоћу лаког испитног уређаја са падајућим тегом представља брзу методу за одређивање динамичког модула деформације E_{vd} [MN/m²]. Динамички модул деформације E_{vd} је параметар деформације тла под вертикалним ударним оптерећењем. Он омогућава извођење закључака о капацитету носивости и збијености тла. У складу са немачким прописима TR BF-Stb Part B8.3, овај поступак се може користити на природном тлу, насутим невезаним слојевима од средње и крупно зрнастих материјала, материјалним испунама и стабилизованим земљиштима. Примењује се у нискоградњи и погодно је средство за интерну контролу и припрему извештаја.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

2.1. Лабораторијско испитивање каменог агрегата

Камени агрегати који се користе за израду коловозне конструкције путева морају да поседују одређени квалитет који је најчешће прописан стандардима или техничким условима. Оцена квалитета утврђује се лабораторијским испитивањима, која су такође регулисана стандардима. Стандарди су утврђени консензусом и одобрени од признатог тела, којим се утврђују, за општу и виšekратну употребу, правила, смернице или карактеристике за активности или њихове резултате, ради постизања оптималног нивоа уређености у датом контексту. Како се ни један производ не може наћи на тржишту, а да претходно није прошао низ лабораторијских испитивања, тако и камени агрегати из каменолома пролазе претходне и редовне лабораторијске анализе.

Носивост и трајност носећих слојева коловозне конструкције у великој мери зависи од минералoшко-петрографског састава и врсте каменог агрегата од кога се израђују. Поред петрогених минерала који учествују у грађи стенских маса, појављују се и минерали који нису петрогени и који се најчешће сматрају штетним минералима када се говори о стенском материјалу за потребе нискоградње. Најзначајније карактеристике минерала који утичу на квалитет коловозне конструкције су чврстоћа, тврдоћа и цепљивост. Услови које би требало да испуњава природни камени агрегат за израду неvezаних носећих слојева коловозне конструкције дати су у *Техничким условима за грађење путева у Републици Србији*, чији је издавач ЈП „Путеви Србије“.

Познато је да различити слојеви коловозне конструкције захтевају и различите услове квалитета. Генерално посматрано, захтевани квалитет агрегата расте од доњих ка горњим слојевима, па се по правилу, у хабајуће слојеве флексибилних коловоза уграђују само најквалитетнији материјали одређеног порекла и састава.

Агрегат за носеће неvezане слојеве не сме да садржи штетна и неkвалитетна зрна или примесе. Механичка својства агрегата оцењују се кроз неколико веома битних параметара, а један од најважнијих јесте коефицијент отпорности агрегата на

дробљење одређен поступком Los Angeles. По Техничким условима за грађење путева у Републици Србији, на путевима са малим саобраћајним оптерећењем овај коефицијент треба да износи највише 35%, а на путевима са средњим и тешким саобраћајним оптерећењем највише 30%.

Други веома важан параметар јесте отпорност камених зрна на смрзавање, што се одређује испитивањем помоћу магнезијум-сулфата или натријум-сулфата. Отпорност камених зрна на смрзавање изражава се уделом огуљених делова у односу на првобитну мешавину узорка. Уколико се примењује поступак помоћу магнезијум-сулфата, ове вредности не би требале да буду веће од 25 m.-%, односно 5 m.-% уколико се испитивање врши помоћу натријум-сулфата.

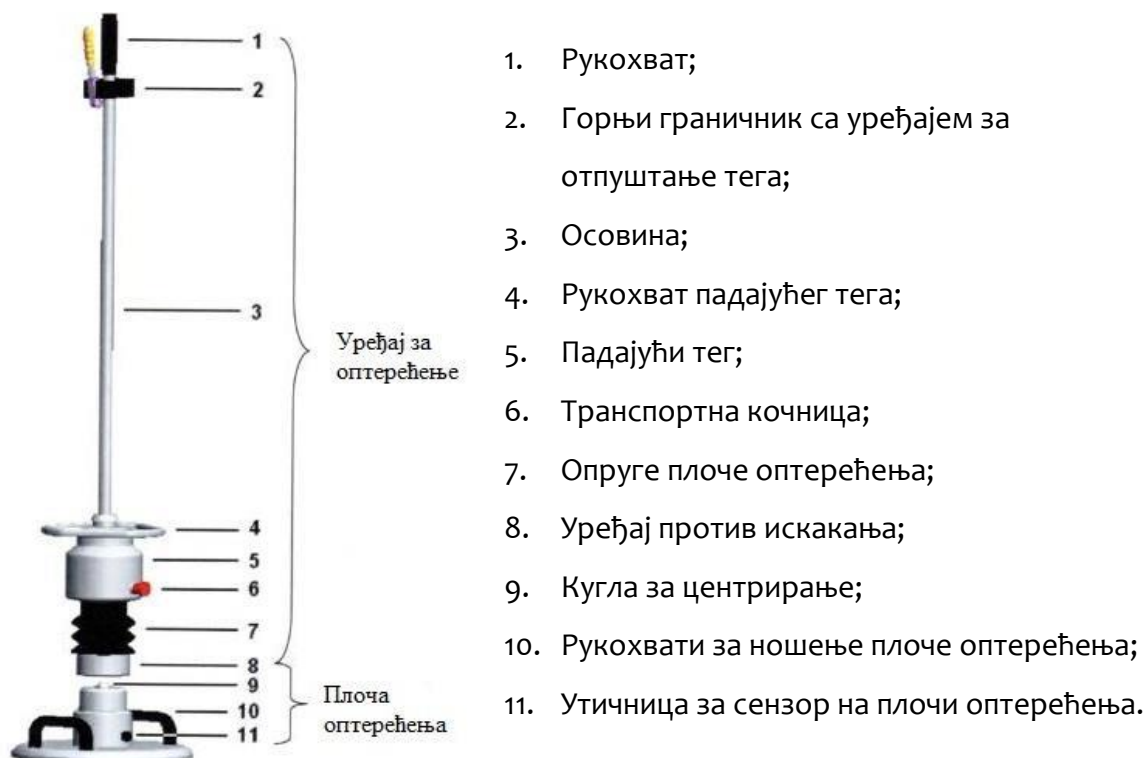
Коефицијент носивости агрегата, одређен у лабораторији калифорнијским поступком CBR (California Bearing Ratio - карактеристична вредност деформабилности материјала при угибу притисног цилиндра), за природне агрегате у којима се налази мање од 50 m.-% дробљених зрна најмање 40%, а за дробљене агрегате у којима се налази више од 50 m.-% дробљених зрна најмање 80%.

2.2. Уређај за испитивање динамичког модула деформације – Zorn ZFG 3.0 GPS

Уређај марке ZORN, тип ZFG 3.0 GPS представља брзу методу за одређивање динамичког модула деформације E_{vd} [MN/m^2]. Механички утицај кружне челичне плоче ствара деформације на површини тла. Лаки тег пада са стандардне висине клижући низ штап до дела уређаја који силу удара преноси у средиште кружне плоче. Кружна плоча садржи акцелерометар који мери кретање и шаље сигнал контролној јединици. Принцип рада лаког дефлектомера базиран је на принципу кретања камиона оптерећеног са 10 t и који брзином од 80 km/h прелази 1 m².

2.2.1. Техничке карактеристике

На скици која следи дати су основни делови уређаја са лаким падајућим тегом за мерење динамичког модула деформације.



Осовина са падајућим тегом преко плоче повезује се са мерним инструментом, који садржи меморијску картицу за чување података. Мерни инструмент повезује се са термоштампачем, тако да се резултати мерења директно штампају на месту мерења. Мерни уређај и термоштампач налазе се у алуминијумском коферу, што олакшава њихов транспорт и штити од оштећења.

2.2.2. Принцип рада

Динамичка плоча са падајућим тегом користи се као алтернатива за статичку плочу за одређивање носивости и има следеће предности:

- није неопходно имати пун камион као оптерећење, као код статичког теста плочом или треножац потребан за мерење слегања;
- тестови се могу вршити у скученом простору, на пример при изградњи железничких конструкција, ископу канала, насипању, у бушотинама или осталим локацијама са отежаним приступом;
- потребан је мали радни простор;

- мала тежина испитне опреме;
- тест се обавља у кратком временском периоду.

За мерење збијености земљаних материјала у насипу и постељици, као и растреситих камених материјала до 70 MN/m^2 примењује се верзија уређаја са тегом од 10 kg . За мерење сабијености врло набијених материјала препоручује се верзија која има уређај за оптерећење са тегом од 15 kg . Са његовим, за 50% већим, падајућим тегом граница мерења помера се до 105 MN/m^2 .



Слика 1: Делови уређаја ZORN ZFG 3.0 GPS

Падајући тег, који се налази у склопу уређаја за оптерећење, треба подићи дуж осовине и забравити га у бравици која се налази одмах испод рукохвата. Једном руком држи се рукохват, а другом се подиже падајући тег, држећи га за ручку, до крајњег горњег положаја, док механизам на рукохвату не кликне. Проверити да ли је кочница добро постављена у прорез падајућег тега.

Припрема за мерење се обавља тако што се поставља плоча оптерећења на површину која се испитује. Плочу је потребно ухватити за обе ручке и утиснути је на место мерења благим притискањем и окретањем. Ако су у материјалу испод плоче остале шупљине и неравнине потребно их је поравнати средње зрнестим песком. Након тога поставља се цео уређај за оптерећење на плочу оптерећења и прикључује се кабл за везу између плоче оптерећења и испитног уређаја ZFG 3.0. Из падајућег тега потребно је извући сигурносну транспортну кочницу.

Површина која се испитује мора се претходно оптеретити и стабилизovati са 3 ударца. Падајући тег на уређају подиже се дуж осовине и потребно га је забравити у бравицу на рукохвату. Држећи за рукохват, осовина се поставља у вертикалан положај чак и ако испитна површина није хоризонтална, а затим се ослобађа падајући тег. Након што се он одбије од подлоге, другом руком се прихвата за рукохват, подиже и поново забравља у бравицу. Овај поступак понавља се 3 пута. Резултат мерења не треба усвојити уколико се уочи бочно померање плоче, које се обично јавља као резултат утицаја пада тега услед превеликог нагиба површине на којој се мерење обавља.

Након мерења, на екрану се појављују следећи резултати:

No: 21 16.11.19 12:36
s_m: 0.281 mm
s/v: #2.561
E_{vd}: #62.4 MN/m²

Значење резултата (по редовима):

1. Редни број теста (само ако је убачена SD картица), датум и време;

2. s_m – просечна вредност слегања у mm;
3. s/v – степен збијености, даје информацију о томе да ли се конкретна подлога може даље сабијати или не (уопште: $s/v < 3,5$ тло се не може даље сабијати; $s/v > 3,5$ тло се може даље сабијати);
4. E_{vd} – динамички модул деформације у MN/m².

Ако су добијени резултати мерења необични (нпр. ако постоји утицај нагиба, или се плоча урања много дубље у тло него што се очекује, или се добијене вредности разликују више од једне четвртине у односу на оближња мерења), тада је неопходно уклонити део земље испод плоче и поновити мерење или мерење поновити на другом месту.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА

3.1. Локално доступан камени агрегат

Минималне вредности збијености коловозне конструкције, које су прописане постојећим стандардима и техничким условима и које се примењују на путевима виших категорија, могу се постићи применом сертифицираних материјала одговарајуће фракције. Међутим, поставља се питање да ли је могуће постићи те минималне захтеве када се користе локално доступни материјали за градњу шумских путева, а ако не могу, онда треба утврдити које су то редуковане вредности испод којих шумски пут не би смео да буде технички примљен.

Чињеница је да се коловозна конструкција на многим шумским путевима у брдско-планинским подручјима израђује од каменог агрегата који се припрема на самој траси шумског пута или се налази у њеној близини, најчешће на дистанцама до 10 km. Употребом локално доступног материјала значајно се смањују трошкови градње или реконструкције шумских путева, пре свега што се овај материјал често ствара као нуспроизвод при извођењу земљаних радова, врло често се припрема врши без минирања и дробљења, као и због малих трошкова превоза тог материјала до места уградње. Позајмишта каменог агрегата најчешће одређује пројектант шумског пута још у фази израде пројектно-техничке документације, а на основу ранијих искустава и опажања. У случају неодговарајућег квалитета или недовољне количине каменог агрегата у позајмишту, нова позајмишта одређује надзорни орган у договору са наручиоцем радова. Само у мањем броју случајева спроводе се лабораторијска испитивања каменог агрегата из позајмишта пре његове уградње.

За потребе ових истраживања прикупљени су узорци каменог агрегата са пет позајмишта, из којих се материјал користио за градњу коловозне конструкције шумских путева. Узорци каменог агрегата, по 200 kg са сваког позајмишта, анализирани су у акредитованој лабораторији за геомеханику, како би се утврдила њихова употребљивост по важећим стандардима. Узорци су узети из следећих позајмишта:

1. Дебели Луг – Пустинач (Позајмиште 1)
2. Мајданпек – Равна река (Позајмиште 2)

3. Јагодина – Беочић, Бела Грача (Позајмиште 3)
4. Дебели Луг – Бреза (Позајмиште 4)
5. Гоч – Гвоздац (Позајмиште 5)

Лабораторијска испитивања обухватала су анализу следећих параметара:

1. Минералошко-петрографски састав,
2. Гранулометријски састав,
3. Садржај органских честица,
4. Отпорност на дробљење и хабање (коефицијент Los Angeles),
5. Индекс носивости CBR,
6. Постојаност агрегата на мраз, и
7. Упијање воде.

Лабораторијска испитивања каменог агрегата, у зависности од тражених анализа, могу трајати и до 20 дана. С обзиром на изузетно кратак временски период за реализацију пројекта, у овом извештају нису приказани резултати свих наручених испитивања, већ ће они бити достављени у допуни Коначног извештаја након што их лабораторија достави наручиоцу.



Слика 2: Позајмиште 1 - Дебели Луг - Пустинац



Слика 3: Позајмиште 3 - Бела Грача



Слика 4: Прикупљени узорци каменог агрегата пре испоруке у лабораторију

3.1.1. Позајмиште 1 – Дебели Луг, Пустинац

Позајмиште 1 – Пустинац у Дебелом Лугу припада ГЈ „Црна река“, односно Наставној бази „Мајданпечка домена“. Налази се на источном делу Газдинске јединице, а камени агрегат из овог позајмишта коришћен је при реконструкцији дела шумског пута „Расадник – Пустинац“ 2016. године и дела шумског пута „Крак фунзар – Јеленов поток“ 2019. године. На слици 5 приказан је изглед појединих фракција из наведеног позајмишта.

На слици 6 приказан је извештај лабораторијског испитивања каменог агрегата. Из извештаја се може видети да су од тражених анализа урађене само неке, и то: коефицијент униформности, упијање воде, испитивање постојаности према мразу и гранулометријски састав.



Слика 5: Камени агрегат из позајмишта Пустинац у Дебелом Лугу

Слика 6: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 1



Member of "NIEVELT Group" GmbH
Prof.- und Überwachungsstelle für Baustoffe
Akkreditiert durch das BMWA und das OIB
Bauconsulting
- Bauengineering

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO
Živorada Petrovića 13, 21203 Veternik
Novi Sad, Republika Srbija
T +381 21 820 170
+381 21 820 180
+381 21 820 190
F +381 21 820 181
MB: 20065133
PIB: 103983528
office@cpl.rs
www.cpl.rs

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA
akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno građevinskih materijala (laboratorije za bitumen, bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje; beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)

IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU AGREGATA / AGGREGATE TEST REPORT

ISPITIVANJA KVALITETA / QUALITY TESTING

ID:	1099
Broj izveštaja / Report No.:	KK-001-1099/19
Broj strana izveštaja / Number of pages:	1
Datum izrade izveštaja / Date of report:	02.12.2019.

OPŠTI PODACI / GENERAL DATA

Naručilac ispitivanja / Employer:	UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet
Zahtev / Request:	01-4320/2
Gradilište / Site:	-
Uslov kvaliteta / Quality requirements:	-

PODACI O AGREGATU / AGGREGATE DATA

Vrsta / Type:	Drobļeni kameni agregat 0/63mm
Namena / Purpose:	U svrhu naučno istraživačkog projekta
Poreklo (kamenolom, mesto, proizvođač) / Origin (stone-pit, place, producer):	Pozajmišta sa šumskih puteva

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA

Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-001-1099/19
Datum uzorkovanja / Date of Sampling:	15.11.2019.
Mesto uzorkovanja / Place of Sampling:	DEBELI LUG, Pustinac
Šifra uzorka / Laboratory No.:	K63 001A 1099

REZULTATI ISPITIVANJA / TEST RESULTS

Vrsta ispitivanja / Type of Testing		Rezultati ispitivanja / Test results	
		Metoda / Method	Dobijeno / Achieved
Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient "U"		SRPS.U.B1.018:2005	2,5
Proktorov opit / Proctors test:	Maksimalna suva zapreminska masa tla / Maximum dry density of soil, (t/m³)	SRPS U.B1.038:1997	-
	Optimalna vlažnost / Optimum moisture, (%)		-
Upijanje vode / Water absorbing (%)		SRPS B.B8.031:1982	6,4
Ispitivanje postojanosti prema mrazu natrijum-sulfatom / Test for freezing resistance (%)		SRPS B.B8.044:1982	5,1
Ispitivanje prirodnog kamena - Ispitivanje prirodnog i drobljenog agregata mašinom "los angeles" / Testing of natural rock - Testing of natural and crushed aggregate rock by machine "los angeles"		SRPS.B.B8.045:1978	-
Ispitivanje mineraloško-petrografskog sastava / Determination of unit composition		SRPS.B.B8.004.1987	-

Ispitao / Tested by: Milica Lukić, lab.	M.P.	Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:
--	------	---



Member of "NIEVELT
Group" GmbH
Prüf- und
Überwachungsstelle
für Baustoffe
Akkreditiert durch das
BMA und das OIB
Bauconsulting
- Bauengineering

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO
Živorada Petrovića 13, 21203 Veternik
Novi Sad, Republika Srbija
T +381 21 820 170
+381 21 820 160
+381 21 820 190
F +381 21 820 181
MB: 20065133
PIB: 103983528
office@cpl.rs
www.cpl.rs

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA
akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni
broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/
IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno
građevinskih materijala (laboratorije za bitumen,
bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i
kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje;
beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)



ATS je polispisnik EA MLA sporazuma

ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA / DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

Ispitivanje prema standardu / Test was done according to standard:
SRPS EN 933-1:2013 i SRPS U.B1.018:2005 - povučen

Broj priloga / Attachement No.:	1
Veza sa izveštajem br. / Reference to report No:	KK-001-1099/19

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA

Zapisnik br. / Protocol No.:	K63-001-1099/19
Datum uzimanja uzorka / Date of sampling:	15.11.2019
Mesto uzimanja uzorka / Place of sampling:	Pozajmište sa šumskih puteva
Poreklo materijala / Origin of material:	DEBELI LUG, Pustina
Datum ispitivanja / Date of testing:	-
Šifra uzorka / Laboratory number:	K63 001A 1099

REZULTATI ISPITIVANJA / TESTING RESULTS

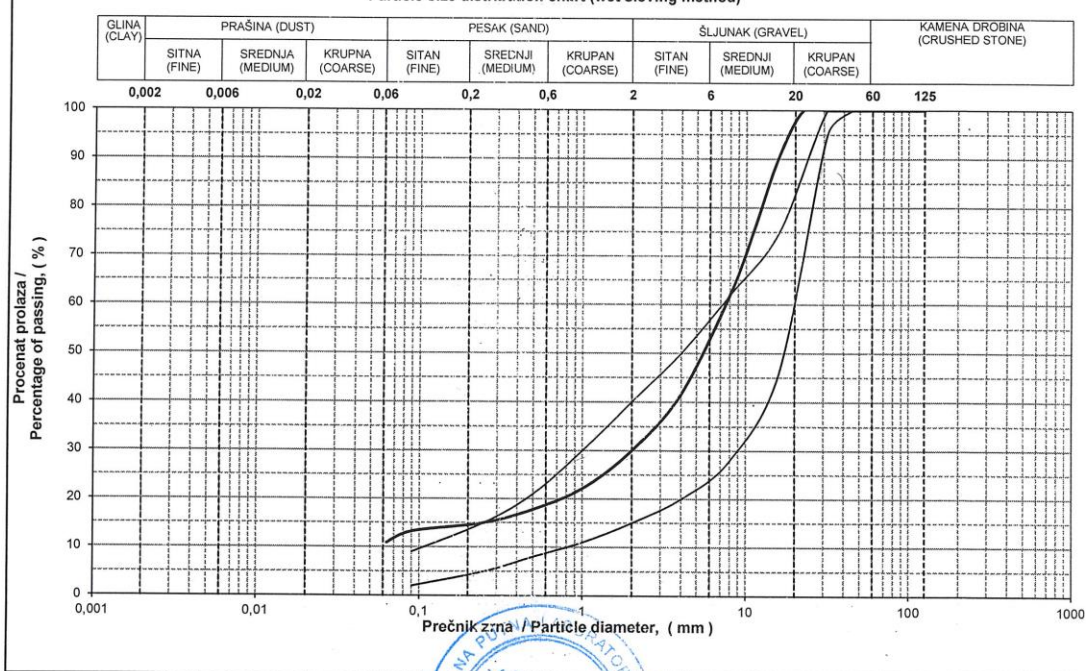
Otvor sita / Sieve, [mm]	0,063	0,090	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	45,0	63,0	125,0
Prolaz / Passing, [%]	10,9	13,2	15,0	17,8	22,2	30,0	41,6	62,1	75,5	90,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Uslov kvaliteta / Quality requirement	min	-	2	5	8	11	15	20	28	-	46	-	95	100	-
	max	5	9	15	21	30	40	50	62	-	75	-	100	100	-

Veličina zrna pri navedenim prolazima / Particle size in the above passings, (mm)	10%	d_{10}	-
	30%	d_{30}	2,00
	60%	d_{60}	7,60

Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient	Ostvareno / Achieved	-
$C_u = d_{60}/d_{10}$	Zahtevano / Required	> 6

Koeficijent zakrivljenosti / Curvature coefficient	Ostvareno / Achieved	-
$C_c = d_{30}^2/(d_{10} \times d_{60})$	Zahtevano / Required	1 - 3

Dijagram granulometrijskog sastava (metoda mokrog sejanja) /
Particle size distribution chart (wet sieving method)



Ispitao / Tested by:

[Signature]



Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:

[Signature]

Strana / Page 1/1

3.1.2. Позајмиште 2 – Мајданпек, Равна река

Позајмиште 2 – Равна река налази се у истоименој газдинској јединици на подручју ШГ „Северни Кучај“, ШУ „Мајданпек“. Камени агрегат коришћен је при реконструкцији шумског пута „Равна река – Огашу скорца“. На слици 7 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

На слици 8 приказан је извештај лабораторијског испитивања каменог агрегата. Из извештаја се може видети да су од тражених анализа урађене само неке, и то: коефицијент униформности, упијање воде, испитивање постојаности према мразу и гранулометријски састав.



Слика 7: Камени агрегат из позајмишта Равна река у близини Мајданпека

Слика 8: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 2



Member of "NIEVELT
Group" GmbH
Prüf- und
Überwachungsstelle
für Baustoffe
Akkreditiert durch das
BWA und das OIB
Bauconsulting
- Bauengineering

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO
Zivorada Petrovića 13, 21203 Veternik
Novi Sad, Republika Srbija
T +381 21 820 170
+381 21 820 180
+381 21 820 190
F +381 21 820 181
MB: 20065133
PIB: 103983528
office@cpl.rs
www.cpl.rs

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA
akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni
broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/
IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno
građevinskih materijala (laboratorije za bitumen,
bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i
kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje;
beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)

IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU AGREGATA / AGGREGATE TEST REPORT

ISPITIVANJA KVALITETA / QUALITY TESTING

ID:	1099
Broj izveštaja / Report No.:	KK-002-1099/19
Broj strana izveštaja / Number of pages:	1
Datum izrade izveštaja / Date of report:	02.12.2019.

OPŠTI PODACI / GENERAL DATA

Naručilac ispitivanja / Employer:	UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet
Zahtev / Request:	01-4320/2
Gradilište / Site:	-
Uslov kvaliteta / Quality requirements:	-

PODACI O AGREGATU / AGGREGATE DATA

Vrsta / Type:	Drobljeni kameni agregat 0/63mm
Namena / Purpose:	U svrhu naučno istraživačkog projekta
Poreklo (kamenolom, mesto, proizvođač) / Origin (stone-pit, place, producer):	Pozajmišta sa šumskih puteva

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA

Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-002-1099/19
Datum uzorkovanja / Date of Sampling:	15.11.2019.
Mesto uzorkovanja / Place of Sampling:	MAJDANPEK, Ravna reka
Šifra uzorka / Laboratory No.:	K63 002A 1099

REZULTATI ISPITIVANJA / TEST RESULTS

Vrsta ispitivanja / Type of Testing	Rezultati ispitivanja / Test results	
	Metoda / Method	Dobijeno / Achieved
Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient "U"	SRPS.U.B1.018:2005	53,9
Proktorov opit / Proctors test:	Maksimalna suva zapreminska masa tla / Maximum dry density of soil, (t/m³)	-
	Optimalna vlažnost / Optimum moisture, (%)	-
Upijanje vode / Water absorbing (%)	SRPS B.B8.031:1982	4,1
Ispitivanje postojanosti prema mrazu natrijum-sulfatom / Test for freezing resistance (%)	SRPS B.B8.044:1982	6,9
Ispitivanje prirodnog kamena - Ispitivanje prirodnog i drobljenog agregata mašinom "los angeles" / Testing of natural rock - Testing of natural and crushed aggregate rock by machine "los angeles"	SRPS.B.B8.045:1978	-
Ispitivanje mineraloško-petrografskog sastava / Detemination of unit composition	SRPS.B.B8.004.1987	-

Ispitao / Tested by:
Milica Lukić, lab.



Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:



Member of "NIEVELT
Group" GmbH
Prüf- und
Überwachungsstelle
für Baustoffe
Akreditiert durch das
BMWA und das OIB
Bauconsulting
- Bauengineering

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO
Živorada Petrovića 13, 21203 Veternik
Novi Sad, Republika Srbija
T +381 21 820 170
+381 21 820 180
+381 21 820 190
F +381 21 820 181

MB: 20065133
PIB: 103983528
office@cpl.rs
www.cpl.rs

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA
akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni
broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/
IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno
građevinskih materijala (laboratorije za bitumen,
bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i
kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje;
beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)



ATS je potpisnik EA MLA sporazuma

ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA /
DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION
Ispitivanje prema standardu / Test was done according to standard:
SRPS EN 933-1:2013

Broj priloga /
Attachement No.: 1
Veza sa izveštajem br. /
Reference to report No: KK-002-1099/19

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA

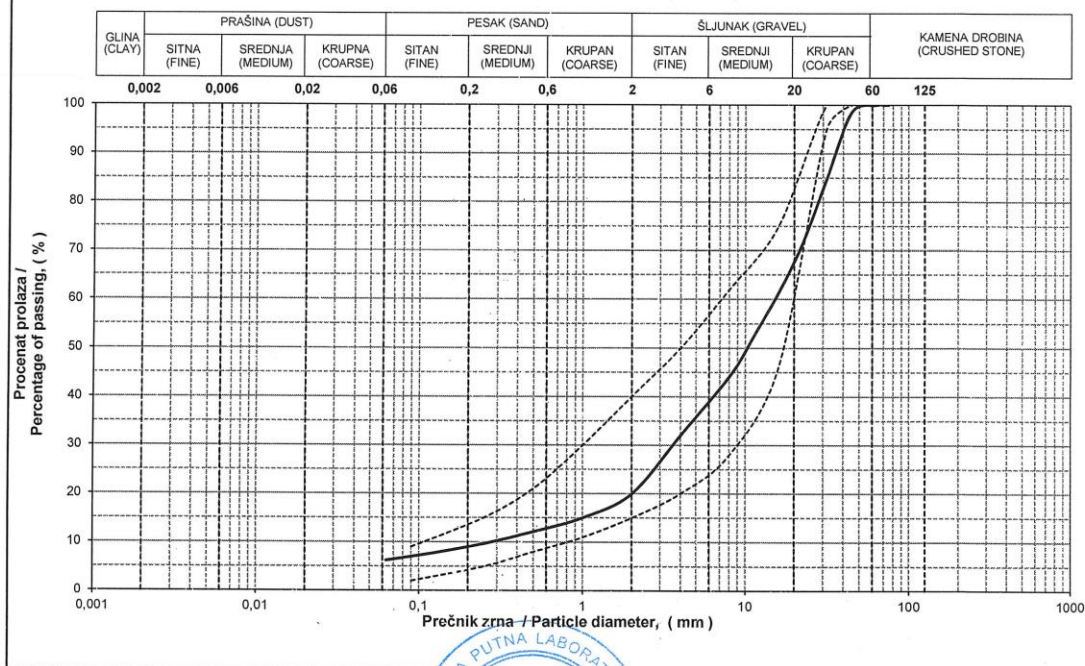
Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-002-1099/19
Datum uzimanja uzorka / Date of sampling:	15.11.2019
Mesto uzimanja uzorka / Place of smpling:	MAJDANPEK, Ravna reka
Poreklo materijala / Origin of material:	Pozajmišta sa šumskih puteva
Datum ispitivanja / Date of testing:	28.11.2019.
Šifra uzorka / Laboratory number:	K63 002A 1099

REZULTATI ISPITIVANJA / TESTING RESULTS

Otvor sita / Sieve, [mm]	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	45,0	63,0	75,0
Prolaz / Passing, [%]	6,2	7,8	9,7	12,1	15,0	19,9	32,0	44,1	52,3	61,3	71,4	84,7	98,6	100,0	100,0
Uslov kvaliteta / Quality requirement	min	≤ 5	-	5	8	11	15	20	28	-	46	-	95	100	100
	max	-	15	21	30	40	50	62	-	75	-	100	100	100	100

Veličina zrna pri navedenim prolazima / Particle size in the above passings, (mm)	10%	d ₁₀	0,28	Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient Ostvareno / Achieved 53,9 Zahtevano / Required 8 - 50	Koeficijent zakrivljenosti / Curvature coefficient Ostvareno / Achieved 3,1 Zahtevano / Required -
	30%	d ₃₀	3,67		
	60%	d ₆₀	15,30		

Dijagram granulometrijskog sastava (metoda mokrog sejanja) /
Particle size distribution chart (wet sieving method)



Ispitao / Tested by:

[Signature]



Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:

[Signature]

Strana / Page 1/1

3.1.3. Позајмиште 3 – Јагодина, Беочић, Бела Грача

Позајмиште 3 – Бела Грача налази се у ШГ „Јужни Кучај“ Деспотовац, у ГЈ „Јухор“ у близини села Беочић, на шумском путу „Беочић – Бела Грача – Змајевица“, за чију је реконструкцију коришћен материјал из овог позајмишта. На слици 9 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

На слици 10 приказан је извештај лабораторијског испитивања каменог агрегата. Из извештаја се може видети да су од тражених анализа урађене само неке, и то: коефицијент униформности, упијање воде, испитивање постојаности према мразу и гранулометријски састав.



Слика 9: Камени агрегат из позајмишта Бела Грача у близини Јагодине

Слика 10: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 3

 centralna putna laboratorija	Member of "NIEVELT Group" GmbH Prüf- und Überwachungsstelle für Baustoffe Akkreditiert durch das BMA und das OIB Bauconsulting - Bauengineering	CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO Živorada Petrovića 13, 21203 Vršnik Novi Sad, Republika Srbija T: +381 21 820 170 +381 21 820 180 +381 21 820 190 F: +381 21 820 181	MB: 20065133 PIB: 103983528 office@cpl.rs www.cpl.rs	CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno građevinskih materijala (laboratorije za bitumen, bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje; beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)																								
	IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU AGREGATA / AGGREGATE TEST REPORT ISPITIVANJA KVALITETA / QUALITY TESTING																											
ID: 1099 Broj izveštaja / Report No.: KK-003-1099/19 Broj strana izveštaja / Number of pages: 1 Datum izrade izveštaja / Date of report: 02.12.2019.																												
OPŠTI PODACI / GENERAL DATA <table border="1"> <tr> <td>Naručilac ispitivanja / Employer:</td> <td>UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet</td> </tr> <tr> <td>Zahtev / Request:</td> <td>01-4320/2</td> </tr> <tr> <td>Gradilište / Site:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Uslov kvaliteta / Quality requirements:</td> <td>-</td> </tr> </table>				Naručilac ispitivanja / Employer:	UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet	Zahtev / Request:	01-4320/2	Gradilište / Site:	-	Uslov kvaliteta / Quality requirements:	-																	
Naručilac ispitivanja / Employer:	UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet																											
Zahtev / Request:	01-4320/2																											
Gradilište / Site:	-																											
Uslov kvaliteta / Quality requirements:	-																											
PODACI O AGREGATU / AGGREGATE DATA <table border="1"> <tr> <td>Vrsta / Type:</td> <td>Drobljeni kameni agregat 0/63mm</td> </tr> <tr> <td>Namena / Purpose:</td> <td>U svrhu naučno istraživačkog projekta</td> </tr> <tr> <td>Poreklo (kamenolom, mesto, proizvođač) / Origin (stone-pit, place, producer):</td> <td>Pozajmišta sa šumskih puteva</td> </tr> </table>				Vrsta / Type:	Drobljeni kameni agregat 0/63mm	Namena / Purpose:	U svrhu naučno istraživačkog projekta	Poreklo (kamenolom, mesto, proizvođač) / Origin (stone-pit, place, producer):	Pozajmišta sa šumskih puteva																			
Vrsta / Type:	Drobljeni kameni agregat 0/63mm																											
Namena / Purpose:	U svrhu naučno istraživačkog projekta																											
Poreklo (kamenolom, mesto, proizvođač) / Origin (stone-pit, place, producer):	Pozajmišta sa šumskih puteva																											
PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA <table border="1"> <tr> <td>Zapisnik br. / Protocol No.:</td> <td>KK-003-1099/19</td> </tr> <tr> <td>Datum uzorkovanja / Date of Sampling:</td> <td>15.11.2019.</td> </tr> <tr> <td>Mesto uzorkovanja / Place of Sampling:</td> <td>JAGODINA, Bela Grača</td> </tr> <tr> <td>Šifra uzorka / Laboratory No.:</td> <td>K63 003A 1099</td> </tr> </table>				Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-003-1099/19	Datum uzorkovanja / Date of Sampling:	15.11.2019.	Mesto uzorkovanja / Place of Sampling:	JAGODINA, Bela Grača	Šifra uzorka / Laboratory No.:	K63 003A 1099																	
Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-003-1099/19																											
Datum uzorkovanja / Date of Sampling:	15.11.2019.																											
Mesto uzorkovanja / Place of Sampling:	JAGODINA, Bela Grača																											
Šifra uzorka / Laboratory No.:	K63 003A 1099																											
REZULTATI ISPITIVANJA / TEST RESULTS <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Vrsta ispitivanja / Type of Testing</th> <th colspan="2">Rezultati ispitivanja / Test results</th> </tr> <tr> <th>Metoda / Method</th> <th>Dobijeno / Achieved</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient "U"</td> <td>SRPS.U.B1.018:2005</td> <td>14,6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Proktorov opit / Proctors test:</td> <td>Maksimalna suva zapreminska masa tla / Maximum dry density of soil, (t/m³)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Optimalna vlažnost / Optimum moisture, (%)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Upijanje vode / Water absorbing (%)</td> <td>SRPS B.B8.031:1982</td> <td>2,4</td> </tr> <tr> <td>Ispitivanje postojanosti prema mrazu natrijum-sulfatom / Test for freezing resistance (%)</td> <td>SRPS B.B8.044:1982</td> <td>6,3</td> </tr> <tr> <td>Ispitivanje prirodnog kamena - Ispitivanje prirodnog i drobljenog agregata mašinom "los angeles" / Testing of natural rock - Testing of natural and crushed aggregate rock by machine "los angeles"</td> <td>SRPS.B.B8.045:1978</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Ispitivanje mineraloško-petrografskog sastava / Determination of unit composition</td> <td>SRPS.B.B8.004.1987</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>				Vrsta ispitivanja / Type of Testing	Rezultati ispitivanja / Test results		Metoda / Method	Dobijeno / Achieved	Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient "U"	SRPS.U.B1.018:2005	14,6	Proktorov opit / Proctors test:	Maksimalna suva zapreminska masa tla / Maximum dry density of soil, (t/m³)	-	Optimalna vlažnost / Optimum moisture, (%)	-	Upijanje vode / Water absorbing (%)	SRPS B.B8.031:1982	2,4	Ispitivanje postojanosti prema mrazu natrijum-sulfatom / Test for freezing resistance (%)	SRPS B.B8.044:1982	6,3	Ispitivanje prirodnog kamena - Ispitivanje prirodnog i drobljenog agregata mašinom "los angeles" / Testing of natural rock - Testing of natural and crushed aggregate rock by machine "los angeles"	SRPS.B.B8.045:1978	-	Ispitivanje mineraloško-petrografskog sastava / Determination of unit composition	SRPS.B.B8.004.1987	-
Vrsta ispitivanja / Type of Testing	Rezultati ispitivanja / Test results																											
	Metoda / Method	Dobijeno / Achieved																										
Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient "U"	SRPS.U.B1.018:2005	14,6																										
Proktorov opit / Proctors test:	Maksimalna suva zapreminska masa tla / Maximum dry density of soil, (t/m³)	-																										
	Optimalna vlažnost / Optimum moisture, (%)	-																										
Upijanje vode / Water absorbing (%)	SRPS B.B8.031:1982	2,4																										
Ispitivanje postojanosti prema mrazu natrijum-sulfatom / Test for freezing resistance (%)	SRPS B.B8.044:1982	6,3																										
Ispitivanje prirodnog kamena - Ispitivanje prirodnog i drobljenog agregata mašinom "los angeles" / Testing of natural rock - Testing of natural and crushed aggregate rock by machine "los angeles"	SRPS.B.B8.045:1978	-																										
Ispitivanje mineraloško-petrografskog sastava / Determination of unit composition	SRPS.B.B8.004.1987	-																										
<table border="1"> <tr> <td> Ispitao / Tested by: Milica Lukić, lab. </td> <td>  M.P. </td> <td> Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by: </td> </tr> </table>				Ispitao / Tested by: Milica Lukić, lab.	 M.P.	Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:																						
Ispitao / Tested by: Milica Lukić, lab.	 M.P.	Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:																										



Member of "NIEVELT
Group" GmbH
Prüf- und
Überwachungsstelle
für Baustoffe
Akreditiert durch das
BMWA und das OIB
Bauconsulting
- Bauengineering

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO
Živorada Petrovića 13, 21203 Veternik
Novi Sad, Republika Srbija
T +381 21 820 170
+381 21 820 180
+381 21 820 190
F +381 21 820 181
MB: 20065133
PIB: 103983528
office@cpl.rs
www.cpl.rs

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA
akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni
broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/
IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno
građevinskih materijala (laboratorije za bitumen,
bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i
kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje;
beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)



ATS je potpisnik EA MLA sporazuma

ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA / DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

Ispitivanje prema standardu / Test was done according to standard:
SRPS EN 933-1:2013

Broj priloga / Attachement No.:	1
Veza sa izveštajem br. / Reference to report No.:	KK-003-1099/19

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA

Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-003-1099/19
Datum uzimanja uzorka / Date of sampling:	15.11.2019
Mesto uzimanja uzorka / Place of sampling:	JAGODINA, Bela Grača
Poreklo materijala / Origin of material:	Pozajmišta sa šumskih puteva
Datum ispitivanja / Date of testing:	28.11.2019.
Šifra uzorka / Laboratory number:	K63 003A 1099

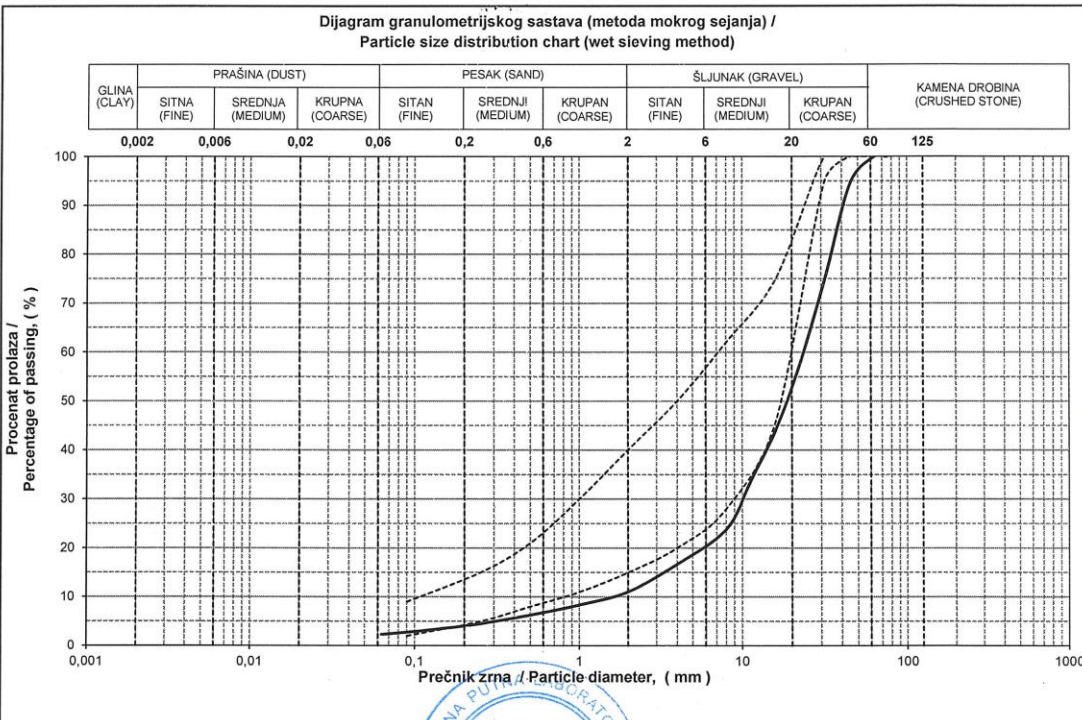
REZULTATI ISPITIVANJA / TESTING RESULTS

Otvor sita / Sieve, [mm]	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	45,0	63,0	75,0
Prolaz / Passing, [%]	2,3	3,2	4,5	6,3	8,4	11,0	16,7	23,8	33,5	44,2	57,8	74,8	94,7	100,0	100,0
Uslov kvaliteta / Quality requirement	min	≤ 5	-	5	8	11	15	20	28	-	46	-	95	100	100
	max	-	-	15	21	30	40	50	62	-	75	-	100	100	100

Veličina zrna pri navedenim prolazima / Particle size in the above passings, (mm)	10%	d_{10}	1,61
	30%	d_{30}	10,04
	60%	d_{60}	23,60

Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient	
$C_u = d_{60}/d_{10}$	Ostvareno / Achieved 14,6
	Zahtevano / Required 8 - 50

Koeficijent zakrivljenosti / Curvature coefficient	
$C_c = d_{30}^2/(d_{10} \times d_{60})$	Ostvareno / Achieved 2,7
	Zahtevano / Required -



Ispitao / Tested by:

[Signature]



Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:

[Signature]

Strana / Page 1/1

3.1.4. Позајмиште 4 – Дебели Луг, Бреза

Позајмиште 4 – Бреза у Дебелом Лугу, такође припада ГЈ „Црна река“, односно Наставној бази „Мајданпечка домена“. Налази се на западном делу Газдинске јединице, а камени агрегат из овог позајмишта коришћен је при реконструкцији дела шумског пута „Пилана – Бреза“ 2018. године и „Пилана – Врба“ 2019. године. На слици 11 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

На слици 12 приказан је извештај лабораторијског испитивања каменог агрегата. Из извештаја се може видети да су од тражених анализа урађене само неке, и то: коефицијент униформности, прокторов опит, упијање воде, испитивање постојаности према мразу и гранулометријски састав.



Слика 11: Камени агрегат из позајмишта Бреза у Дебелом Лугу

Слика 12: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 4

 centralna putna laboratorija	Member of "NIEVELT Group" GmbH Prüf- und Überwachungsstelle für Baustoffe Akkreditiert durch das BMWa und das OIB Bauconsulting - Bauengineering	CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO Živorada Petrovića 13, 21203 Veternik Novi Sad, Republika Srbija T +381 21 820 170 +381 21 820 180 +381 21 820 190 F +381 21 820 181	MB: 20065133 PIB: 103983528 office@cpl.rs www.cpl.rs	CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno građevinskih materijala (laboratorije za bitumen, bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje; beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)																								
	IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU AGREGATA / AGGREGATE TEST REPORT																											
ISPITIVANJA KVALITETA / QUALITY TESTING		<table border="1"> <tr> <td>ID:</td> <td>1099</td> </tr> <tr> <td>Broj izveštaja / Report No.:</td> <td>KK-004-1099/19</td> </tr> <tr> <td>Broj strana izveštaja / Number of pages:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Datum izrade izveštaja / Date of report:</td> <td>02.12.2019.</td> </tr> </table>			ID:	1099	Broj izveštaja / Report No.:	KK-004-1099/19	Broj strana izveštaja / Number of pages:	1	Datum izrade izveštaja / Date of report:	02.12.2019.																
ID:	1099																											
Broj izveštaja / Report No.:	KK-004-1099/19																											
Broj strana izveštaja / Number of pages:	1																											
Datum izrade izveštaja / Date of report:	02.12.2019.																											
OPŠTI PODACI / GENERAL DATA <table border="1"> <tr> <td>Naručilac ispitivanja / Employer:</td> <td>UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet</td> </tr> <tr> <td>Zahtev / Request:</td> <td>01-4320/2</td> </tr> <tr> <td>Gradilište / Site:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Uslov kvaliteta / Quality requirements:</td> <td>-</td> </tr> </table>					Naručilac ispitivanja / Employer:	UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet	Zahtev / Request:	01-4320/2	Gradilište / Site:	-	Uslov kvaliteta / Quality requirements:	-																
Naručilac ispitivanja / Employer:	UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet																											
Zahtev / Request:	01-4320/2																											
Gradilište / Site:	-																											
Uslov kvaliteta / Quality requirements:	-																											
PODACI O AGREGATU / AGGREGATE DATA <table border="1"> <tr> <td>Vrsta / Type:</td> <td>Drobljeni kameni agregat 0/63mm</td> </tr> <tr> <td>Namena / Purpose:</td> <td>U svrhu naučno istraživačkog projekta</td> </tr> <tr> <td>Poreklo (kamenolom, mesto, proizvođač) / Origin (stone-pit, place, producer):</td> <td>Pozajmišta sa šumskih puteva</td> </tr> </table>					Vrsta / Type:	Drobljeni kameni agregat 0/63mm	Namena / Purpose:	U svrhu naučno istraživačkog projekta	Poreklo (kamenolom, mesto, proizvođač) / Origin (stone-pit, place, producer):	Pozajmišta sa šumskih puteva																		
Vrsta / Type:	Drobljeni kameni agregat 0/63mm																											
Namena / Purpose:	U svrhu naučno istraživačkog projekta																											
Poreklo (kamenolom, mesto, proizvođač) / Origin (stone-pit, place, producer):	Pozajmišta sa šumskih puteva																											
PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA <table border="1"> <tr> <td>Zapisnik br. / Protocol No.:</td> <td>KK-004-1099/19</td> </tr> <tr> <td>Datum uzorkovanja / Date of Sampling:</td> <td>15.11.2019.</td> </tr> <tr> <td>Mesto uzorkovanja / Place of Sampling:</td> <td>DEBELI LUG, Breza</td> </tr> <tr> <td>Šifra uzorka / Laboratory No.:</td> <td>K63 004A 1099</td> </tr> </table>					Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-004-1099/19	Datum uzorkovanja / Date of Sampling:	15.11.2019.	Mesto uzorkovanja / Place of Sampling:	DEBELI LUG, Breza	Šifra uzorka / Laboratory No.:	K63 004A 1099																
Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-004-1099/19																											
Datum uzorkovanja / Date of Sampling:	15.11.2019.																											
Mesto uzorkovanja / Place of Sampling:	DEBELI LUG, Breza																											
Šifra uzorka / Laboratory No.:	K63 004A 1099																											
REZULTATI ISPITIVANJA / TEST RESULTS <table border="1"> <tr> <th rowspan="2">Vrsta ispitivanja / Type of Testing</th> <th colspan="2">Rezultati ispitivanja / Test results</th> </tr> <tr> <th>Metoda / Method</th> <th>Dobijeno / Achieved</th> </tr> <tr> <td>Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient "U"</td> <td>SRPS.U.B1.018:2005</td> <td>10,5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Proktorov opit / Proctors test:</td> <td rowspan="2">SRPS U.B1.038:1997</td> <td>Maksimalna suva zapreminska masa tla / Maximum dry density of soil, (t/m³)</td> </tr> <tr> <td>Optimalna vlažnost / Optimum moisture, (%)</td> </tr> <tr> <td>Upijanje vode / Water absorbing (%)</td> <td>SRPS B.B8.031:1982</td> <td>2,1</td> </tr> <tr> <td>Ispitivanje postojanosti prema mrazu natrijum-sulfatom / Test for freezing resistance (%)</td> <td>SRPS B.B8.044:1982</td> <td>5,5</td> </tr> <tr> <td>Ispitivanje prirodnog kamena - Ispitivanje prirodnog i drobljenog agregata mašinom "los angeles" / Testing of natural rock - Testing of natural and crushed aggregate rock by machine "los angeles"</td> <td>SRPS.B.B8.045:1978</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Ispitivanje mineraloško-petrografskog sastava / Determination of unit composition</td> <td>SRPS.B.B8.004.1987</td> <td>-</td> </tr> </table>					Vrsta ispitivanja / Type of Testing	Rezultati ispitivanja / Test results		Metoda / Method	Dobijeno / Achieved	Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient "U"	SRPS.U.B1.018:2005	10,5	Proktorov opit / Proctors test:	SRPS U.B1.038:1997	Maksimalna suva zapreminska masa tla / Maximum dry density of soil, (t/m³)	Optimalna vlažnost / Optimum moisture, (%)	Upijanje vode / Water absorbing (%)	SRPS B.B8.031:1982	2,1	Ispitivanje postojanosti prema mrazu natrijum-sulfatom / Test for freezing resistance (%)	SRPS B.B8.044:1982	5,5	Ispitivanje prirodnog kamena - Ispitivanje prirodnog i drobljenog agregata mašinom "los angeles" / Testing of natural rock - Testing of natural and crushed aggregate rock by machine "los angeles"	SRPS.B.B8.045:1978	-	Ispitivanje mineraloško-petrografskog sastava / Determination of unit composition	SRPS.B.B8.004.1987	-
Vrsta ispitivanja / Type of Testing	Rezultati ispitivanja / Test results																											
	Metoda / Method	Dobijeno / Achieved																										
Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient "U"	SRPS.U.B1.018:2005	10,5																										
Proktorov opit / Proctors test:	SRPS U.B1.038:1997	Maksimalna suva zapreminska masa tla / Maximum dry density of soil, (t/m³)																										
		Optimalna vlažnost / Optimum moisture, (%)																										
Upijanje vode / Water absorbing (%)	SRPS B.B8.031:1982	2,1																										
Ispitivanje postojanosti prema mrazu natrijum-sulfatom / Test for freezing resistance (%)	SRPS B.B8.044:1982	5,5																										
Ispitivanje prirodnog kamena - Ispitivanje prirodnog i drobljenog agregata mašinom "los angeles" / Testing of natural rock - Testing of natural and crushed aggregate rock by machine "los angeles"	SRPS.B.B8.045:1978	-																										
Ispitivanje mineraloško-petrografskog sastava / Determination of unit composition	SRPS.B.B8.004.1987	-																										
<table border="1"> <tr> <td> Ispitao / Tested by: Milica Lukić, lab. </td> <td>  M.P. </td> <td> Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by: </td> </tr> </table>					Ispitao / Tested by: Milica Lukić, lab.	 M.P.	Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:																					
Ispitao / Tested by: Milica Lukić, lab.	 M.P.	Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:																										



Member of "NIEVELT Group" GmbH
Prüf- und Überwachungsstelle für Baustoffe
Akreditiert durch das BMWA und das OIB
Bauconsulting
- Bauengineering

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO
Živorada Petrovića 13, 21203 Vetrnik
Novi Sad, Republika Srbija
T +381 21 820 170
+381 21 820 180
+381 21 820 190
F +381 21 820 181
MB: 20065133
PIB: 103983528
office@cpl.rs
www.cpl.rs

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA
akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno građevinskih materijala (laboratorije za bitumen, bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje; beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)



ATS je potpisnik EA MLA sporazuma

ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA / DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

Ispitivanje prema standardu / Test was done according to standard:
SRPS EN 933-1:2013

Broj priloga / Attachment No.:	1
Veza sa izveštajem br. / Reference to report No.:	KK-004-1099/19

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA

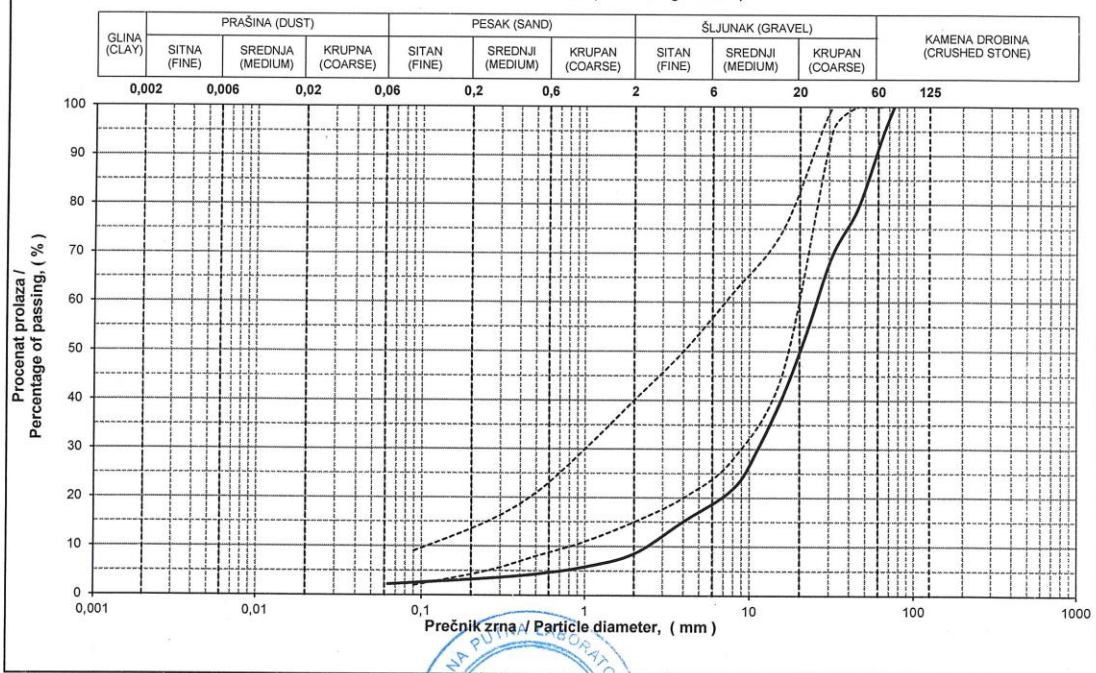
Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-004-1099/19
Datum uzimanja uzorka / Date of sampling:	15.11.2019
Mesto uzimanja uzorka / Place of smpling:	DEBELI LUG, Breza
Poreklo materijala / Origin of material:	Pozajmišta sa šumskih puteva
Datum ispitivanja / Date of testing:	22.11.2019.
Šifra uzorka / Laboratory number:	K63 004A 1099

REZULTATI ISPITIVANJA / TESTING RESULTS

Otvor sita / Sieve, [mm]	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	45,0	63,0	75,0
Prolaz / Passing, [%]	2,2	2,8	3,5	4,4	5,8	8,5	15,1	21,9	29,9	41,1	54,5	69,6	79,2	93,6	100,0
Uslov kvaliteta / Quality requirement	min	≤ 5	-	5	8	11	15	20	28	-	46	-	95	100	100
	max	-	15	21	30	40	50	62	-	75	-	100	100	100	100

Veličina zrna pri navedenim prolazima / Particle size in the above passings, (mm)	10%	d_{10}	2,45	Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient $C_u = d_{60}/d_{10}$ Ostvareno / Achieved 10,5 Zahtevano / Required 8 - 50	Koeficijent zakrivljenosti / Curvature coefficient $C_c = d_{30}^2/(d_{10} \times d_{60})$ Ostvareno / Achieved 2,0 Zahtevano / Required -
	30%	d_{30}	11,24		
	60%	d_{60}	25,72		

Dijagram granulometrijskog sastava (metoda mokrog sejanja) /
Particle size distribution chart (wet sieving method)



Ispitao / Tested by:

[Signature]



Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:

[Signature]

3.1.5. Позајмиште 5 – Гоч, Гвоздац

Позајмиште 5 – Гоч – Гвоздац, налази се у Наставној бази „Гоч“, ГЈ „Гоч-Гвоздац А“. Материјал из овог позајмишта годинама се користи за одржавање шумских путева, а биће коришћен и на шумском путу „Бурмански поток – Ћелавуша“, чија је реконструкција планирана за 2020. годину. На слици 13 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

На слици 14 приказан је извештај лабораторијског испитивања каменог агрегата. Из извештаја се може видети да су од тражених анализа урађене само неке, и то: коефицијент униформности, прокторов опит, упијање воде, испитивање постојаности према мразу и гранулометријски састав.



Слика 13: Камени агрегат из позајмишта Гвоздац на Гочу

Слика 14: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 5

 centralna putna laboratorija	Member of "NIEVELT Group" GmbH Prüf- und Überwachungsstelle für Baustoffe Akkreditiert durch das BMWA und das OIB Bauconsulting - Bauengineering	CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO Živorada Petrovića 13, 21203 Veternik Novi Sad, Republika Srbija T +381 21 820 170 +381 21 820 180 +381 21 820 190 F +381 21 820 181	MB: 20065133 PIB: 103983528 office@cpl.rs www.cpl.rs	CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno građevinskih materijala (laboratorije za bitumen, bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje; beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)
	IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU AGREGATA / AGGREGATE TEST REPORT ISPITIVANJA KVALITETA / QUALITY TESTING			

ID:	1099
Broj izveštaja / Report No.:	KK-005-1099/19
Broj strana izveštaja / Number of pages:	1
Datum izrade izveštaja / Date of report:	02.12.2019.

OPŠTI PODACI / GENERAL DATA

Naručilac ispitivanja / Employer:	UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet
Zahtev / Request:	01-4320/2
Gradilište / Site:	-
Uslov kvaliteta / Quality requirements:	-

PODACI O AGREGATU / AGGREGATE DATA

Vrsta / Type:	Drobljeni kameni agregat 0/63mm
Namena / Purpose:	U svrhu naučno istraživačkog projekta
Poreklo (kamenolom, mesto, proizvođač) / Origin (stone-pit, place, producer):	Pozajmišta sa šumskih puteva

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA

Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-005-1099/19
Datum uzorkovanja / Date of Sampling:	15.11.2019.
Mesto uzorkovanja / Place of Sampling:	GOČ
Šifra uzorka / Laboratory No.:	K63 005A 1099

REZULTATI ISPITIVANJA / TEST RESULTS

Vrsta ispitivanja / Type of Testing	Rezultati ispitivanja / Test results	
	Metoda / Method	Dobijeno / Achieved
Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient "U"	SRPS.U.B1.018:2005	24,7
Proktorov opit / Proctors test:	Maksimalna suva zapreminska masa tla / Maximum dry density of soil, (t/m³)	2,15
	Optimalna vlažnost / Optimum moisture, (%)	5,3
Upijanje vode / Water absorbing (%)	SRPS B.B8.031:1982	3,4
Ispitivanje postojanosti prema mrazu natrijum-sulfatom / Test for freezing resistance (%)	SRPS B.B8.044:1982	5,1
Ispitivanje prirodnog kamena - Ispitivanje prirodnog i drobljenog agregata mašinom "los angeles" / Testing of natural rock - Testing of natural and crushed aggregate rock by machine "los angeles"	SRPS.B.B8.045:1978	-
Ispitivanje mineraloško-petrografskog sastava / Determination of unit composition	SRPS.B.B8.004.1987	-

Ispitao / Tested by:	M.P.	Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:
Milica Lukić, lab.		



strana / page 1/1



Member of "NIEVELT Group" GmbH
Prüf- und Überwachungsstelle für Baustoffe
Akreditiert durch das BMWA und das OIB
Bauconsulting - Bauengineering

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA DOO
Živorada Petrovića 13, 21203 Veternik
Novi Sad, Republika Srbija
T +381 21 820 170
+381 21 820 180
+381 21 820 190
F +381 21 820 181
MB: 20065133
PIB: 103983528
office@cpl.rs
www.cpl.rs

CENTRALNA PUTNA LABORATORIJA
akreditovana od strane ATS-a (akreditacioni broj: 01-180) prema standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006 za poslove ispitivanja putno građevinskih materijala (laboratorije za bitumen, bitumenske emulzije i hidroizolacije; kamen i kameni agregat; asfalt; geomehaniku i fundiranje; beton i cement; metal; konstrukcije i mostove)



ATS je potpisnik EA MLA sporazuma

ODREĐIVANJE GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA / DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

Ispitivanje prema standardu / Test was done according to standard:
SRPS EN 933-1:2013

Broj priloga / Attachement No.:	1
Veza sa izveštajem br. / Reference to report No:	KK-005-1099/19

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA

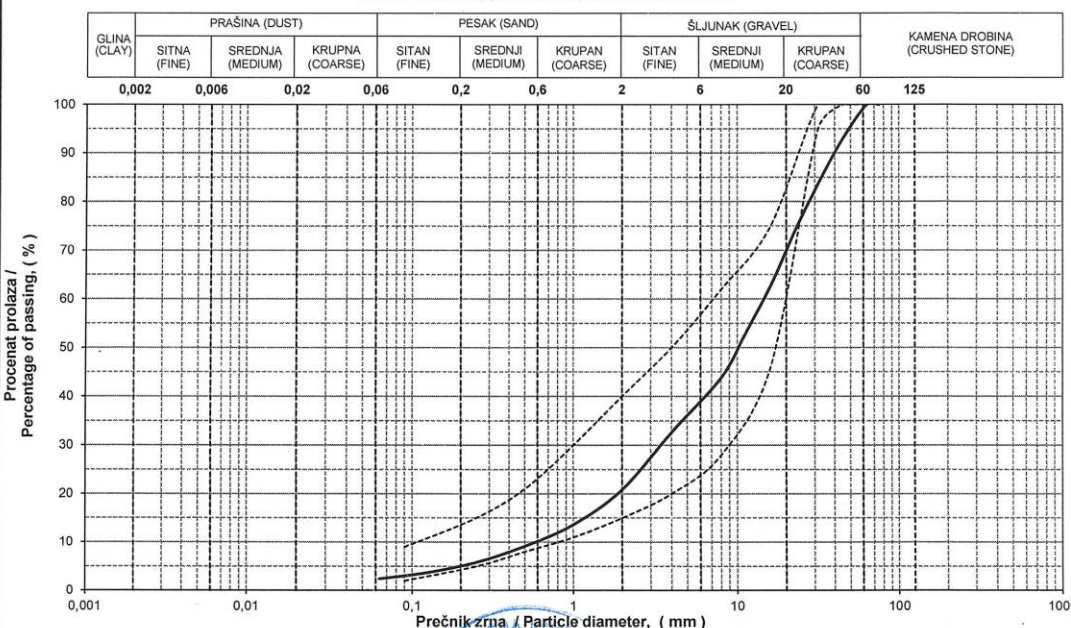
Zapisnik br. / Protocol No.:	KK-005-1099/19
Datum uzimanja uzorka / Date of sampling:	15.11.2019
Mesto uzimanja uzorka / Place of sampling:	GOČ
Poreklo materijala / Origin of material:	Pozajmišta sa šumskih puteva
Datum ispitivanja / Date of testing:	22.11.2019.
Šifra uzorka / Laboratory number:	K63 005A 1099

REZULTATI ISPITIVANJA / TESTING RESULTS

Otvor sita / Sieve, [mm]	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4	31,5	45,0	63,0	75,0
Prolaz / Passing, [%]	2,4	3,7	5,8	9,2	13,6	20,9	32,7	43,8	52,9	62,7	73,7	83,7	93,1	100,0	100,0
Uslov kvaliteta / Quality requirement	min	≤ 5	-	5	8	11	15	20	28	-	46	-	95	100	100
	max	-	-	15	21	30	40	50	62	-	75	-	100	100	100

Veličina zrna pri navedenim prolazima / Particle size in the above passings, (mm)	10%	d ₁₀	0,59	Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient Cu=d ₆₀ /d ₁₀ Ostvareno / Achieved 24,7 Zahtevano / Required 8 - 50	Koeficijent zakrivljenosti / Curvature coefficient Cc=d ₃₀ ² /(d ₁₀ ×d ₆₀) Ostvareno / Achieved 1,5 Zahtevano / Required -
	30%	d ₃₀	3,55		
	60%	d ₆₀	14,66		

Dijagram granulometrijskog sastava (metoda mokrog sejanja) /
Particle size distribution chart (wet sieving method)



Ispitao / Tested by:	M.P.	Pregledao i odobrio / Controlled and Approved by:
----------------------	------	---

3.1.6. Анализа резултата лабораторијских испитивања

На основу извршених лабораторијских анализа каменог агрегата добијени су неки од тражених параметара. Испитивање једног веома важног параметара за овај пројекат – минералошко-петрографског састава, нажалост није био завршен до закључења Коначног извештаја, као ни други веома важни параметри: садржај органских честица, отпорност на дробљење и хабање (коефицијент LA) и индекс носивости (CBR).

Коефицијент униформности испитан је на 4 од 5 узорака (осим на агрегату из позајмишта 1), с тим да је у 3 узорка коефицијент био у дозвољеним границама, осим код узорка из позајмишта 2.

Упијање воде испитано је на свим узорцима и показује вредности у интервалу од 2,1% (Позајмиште 4) до чак 6,4% (Позајмиште 1). За дробљени камени агрегат по стандарду СРПС Б.Б8.031 дозвољено упијање воде износи мах. 1,6%.

Постојаност агрегата према мразу натријум-сулфатом кретало се у границама од 5,1% (Позајмишта 1 и 5) до 6,9% (Позајмиште 2). За носеће неvezане слојеве, према Техничким условима за грађење путева у РС, ове вредности требале би да буду највише 5%.

Када је у питању гранулометријски састав, препорука је да удео зрна <0,063 mm не би смео да буде већи од 5%, а тај услов испуњен је у 3 узорка, док у агрегатима из позајмишта 1 и 2 није испуњен.

3.2. Испитивање динамичког модула деформације

Испитивање динамичког модула деформације лаким испитним уређајем са падајућим тегом, типа ZFG 3.0 GPS спроведен је на неколико шумских путева, на различитим слојевима и врстама материјала.

3.2.1. Шумски пут „Крак фунзар – Јеленов поток“

Шумски пут „Крак фунзар – Јеленов поток“ налази се у ГЈ „Црна река“ у Наставној бази „Мајданпечка домена“. Пут је гребенског типа и налази се на

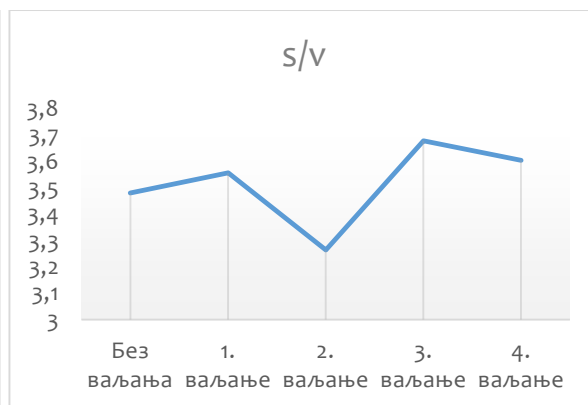
земљишту III категорије. У тренутку испитивања извођени су радови на реконструкцији пута, па су изведена мерења на делу постељице која је у том тренутку била припремљена за насипање каменог агрегата. Испитивања су обављена на истој тачки након скидања хумусног слоја, а затим након сваког од 4 прелазака вибро-ваљка тежине 12 t. Због погоршања временских услова испитивање се није могло обавити на већем броју тачака.

Табела 1: E_{vd} и степен збијености на постељици шумског пута „Крак фунзар – Јеленов поток“

РБ	Координате (Google Earth)		E _{vd} [MN/m ²]	s/v	Напомена
	X	Y			
1	44°20,543'	21°55,077'	30,7	3,481	Без ваљања
2			35,5	3,558	Са једним проласком
3			37,7	3,265	Са два проласка
4			36,3	3,680	Са три проласка
5			34,2	3,606	Са четири проласка
ПРОСЕЧНО			34,9	3,518	



Графикон 1: Промена вредности E_{vd} са бројем преласка ваљка



Графикон 2: Промена вредности s/v са бројем преласка ваљка

На графиконима 1 и 2 уочава се благо повећање динамичког модула деформације након 1. и 2. преласка ваљка, а затим постепено опадање ових вредности са 3. и 4. преласком ваљка. Вредност s/v све време задржава високе вредности, што указује да се даљим ваљањем може постићи већа збијеност постељице. Треба напоменути да су мерења спроведена у условима повећане влаге, након што су претходну ноћ забележене падавине.



Слика 15: Испитивање динамичког модула збијености пре ваљања



Слика 16: Испитивање динамичког модула збијености након првог преласка ваљка

3.2.2. Шумски пут „Пилана – Врба“

Испитивања динамичког модула деформације обављено је на шумском путу „Пилана – Врба“ који је реконструисан у првој половини 2019. године. Пут се већим делом налази на земљишту IV категорије, а мањим делом на земљишту III и V категорије. Коловозна конструкција израђена је од природног каменог агрегата без дробљења, делимично из позајмишта Бреза, а делом са саме трасе. Испитивање збијености спроведено је на 7 произвољно изабраних места на траси, а вредности динамичког модула деформације (E_{vd}) на хабајућем слоју коловозне конструкције кретале су се од 47,7 до чак 110,3 MN/m², просечно 70,0 MN/m². Вредност s/v у свим мерењима била је <3,5, што показује да даљим збијањем није могуће повећати динамички модул деформације.

Табела 2: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Пилана - Врба“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	44°20,481'	21°53,771'	59,1	3,017
2	44°20,486'	21°53,760'	61,1	3,044
3	44°20,376'	21°53,478'	47,7	2,862
4	44°20,310'	21°53,346'	81,8	2,425
5	44°20,546'	21°53,552'	110,3	2,586
6	44°20,572'	21°53,206'	70,1	2,500
7	44°20,736'	21°53,305'	60,0	2,426
ПРОСЕЧНО			70,0	2,694



Слика 17: Испитивање динамичког модула деформације на шумском путу "Пилана - Врба"

Вредност од 110 MN/m^2 може се узети као екстремна вредност и не треба је узети разматрање, посебно из разлога што су мерења обављана падајућим тегом од 10 kg који даје релевантне податке до 75 MN/m^2 , а са повећањем вредности и тачност мерења је све мања. Искључивањем ове вредности добија се просечна вредност од $63,3 \text{ MN/m}^2$, односно $2,71112$ за вредност s/v .

3.2.3. Шумски пут „Врба – Поток Алмари“

Шумски пут „Врба – Поток Алмари“ представља наставак шумског пута „Пилана – Врба“. Изградња овог пута завршена је у јулу 2019. године, а услови терена слични су условима који важе за претходни путни правац. Испитивање динамичког модула деформације спроведено је на 5 произвољно изабраних места, при чему су се измерене вредности на хабајућем слоју коловозне конструкције кретале од $44,6 \text{ MN/m}^2$ на самом крају пута (кружна окретница) до $58,1 \text{ MN/m}^2$. Вредност s/v у свим мерењима била је $<3,5$, што показује да даљим збијањем није могуће повећати динамички модул деформације.

Табела 3: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Врба – Поток Алмари“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	44°20,897'	21°53,795'	48,4	3,077
2	44°21,059'	21°53,701'	58,1	2,934
3	44°21,181'	21°53,590'	47,6	2,799
4	44°21,343'	21°53,777'	53,1	2,762
5	44°21,288'	21°54,330'	44,6	2,812
ПРОСЕЧНО			50,4	2,877

3.2.4. Шумски пут „Фељешана – Поток Бреза“

Шумски пут „Фељешана – Поток Бреза“ одваја се од шумског пута „Пилана – Врба“ и протеже се уз поток Брезу. Овај пут реконструисан је током 2018. године, а за коловозну конструкцију коришћен је природни камени агрегат добијен из позајмишта са трасе. Без извршених лабораторијских анализа, рекло би се да је камени агрегат са трасе истих карактеристика као и камени агрегат из позајмишта Бреза. Испитивање динамичког модула деформације спроведено је на 3 произвољно изабрана места, при чему су се измерене вредности на хабајућем слоју коловозне конструкције кретале од 46,1 MN/m² до 56,8 MN/m². Вредност s/v у свим мерењима била је <3,5, што показује да даљим збијањем није могуће повећати динамички модул деформације.

Табела 4: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Фељешана - Поток Бреза“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	44°20,265'	21°53,084'	56,8	2,720
2	44°20,140'	21°52,282'	46,1	2,808
3	44°19,740'	21°52,251'	50,0	2,953
ПРОСЕЧНО			51,0	2,827

3.2.5. Шумски пут „Беочић – Бела Грача – Змајевица“

Шумски пут „Беочић – Бела Грача – Змајевица“ полази од локалног пута у селу Беочић, општина Јагодина и једним делом пролази кроз приватне поседе, а затим улази у ГЈ „Јухор 1“. Реконструкција шумског пута изведена је 2019. године, при чему је коловозна конструкција израђена од природног каменог агрегата из позајмишта са

трасе шумског пута. Траса шумског пута углавном се налази на земљишту III и IV категорије.



Слика 18: Испитивање на шумском путу „Беочић-Бела Грача-Змајевица“ уређајем ZFG 3.0 GPS



Слика 19: Испитивање након више пролазака ваљка

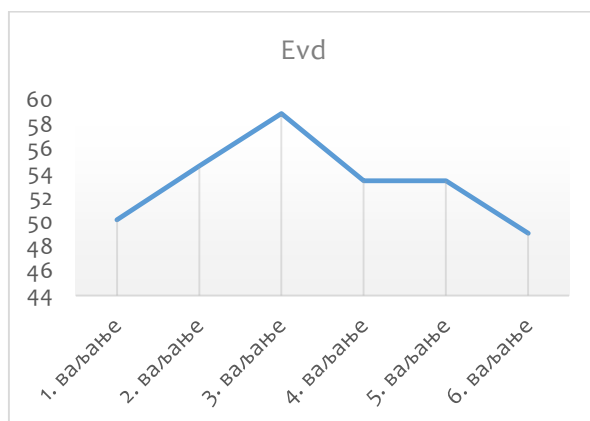
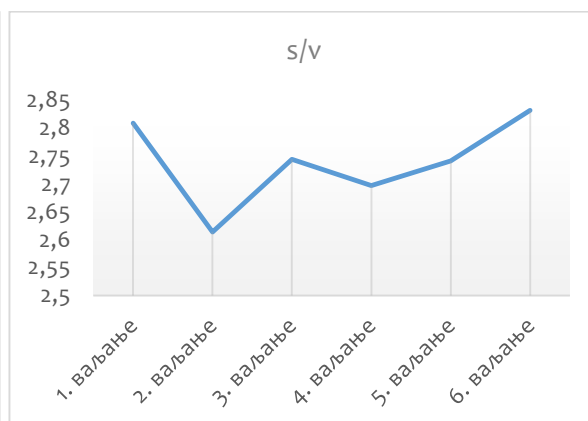
У тренутку испитивања збијености, на путу су се изводили завршни радови, односно ваљање хабајућег слоја коловозне конструкције, уређење банкينا и сл. Мерења динамичког модула деформације обављено је на више произвољно одабраних тачака, као и на истој тачки након више пролазака вибро-ваљка тежине 15 t. У тренутку мерења временски услови су били повољни, без падавина, коловозна конструкција је била сува. Мерења су вршена од краја ка почетку пута.

Табела 5: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Беочић-Бела Грача-Змајевица“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	43°49,001'	21°12,495'	24,30	3,563
2	43°49,004'	21°12,480'	39,90	3,214
3	43°49,148'	21°12,428'	59,80	2,659
4	43°49,331'	21°12,513'	18,20	6,857
5	43°49,321'	21°12,501'	29,70	3,584
ПРОСЕЧНО			34,4	3,975

Табела 6: E_{vd} и степен збијености након више пролазака ваљка

РБ	Координате (Google Earth)		E _{vd} [MN/m ²]	s/v	Напомена
	X	Y			
1	43°49.582'	21°12.461'	50,2	2,809	Са једним проласком
2			54,6	2,614	Са два проласка
3			58,9	2,744	Са три проласка
4			53,4	2,697	Са четири проласка
5			53,4	2,741	Са пет пролазака
6			49,1	2,832	Са шест пролазака
ПРОСЕЧНО			53,3	2,739	

Графикон 3: Промена вредности E_{vd} са бројем преласка ваљка

Графикон 4: Промена вредности s/v са бројем преласка ваљка

3.2.6. Шумски пут „Ваља реа“

Шумски пут „Ваља реа“ налази се у ГЈ „Бродица“ у ШГ „Северни Кучај“ Кучево. Овај долињски пут изграђен је 2019. године, а за израду коловозне конструкције коришћен је природни камени агрегат са трасе шумског пута. Мерења динамичког модула деформације спроведена су на завршном, хабајућем слоју коловозне конструкције. У тренутку мерења време је било облачно, без кише, али је коловозна конструкција била влажна, с обзиром да је претходног дана падала киша.



Слика 20: Мерење збијености на шумском путу „Ваља река“



Слика 21: Шумски пут „Ваља река“ у тренутку мерења

Вредности динамичког модула деформације кретале су се у интервалу од 22,3 (на окретници шумског пута) до 37,9 MN/m², а просечно 29,5 MN/m². Вредност s/v у свим мерењима имала је високе вредности (преко 3,5), што указује да се даљим збијањем може постићи већа вредност динамичког модула деформације E_{vd} .

Табела 7: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Ваља река“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	44°33,907'	21°51,288'	23,5	4,852
2	44°33,908'	21°51,288'	22,3	6,080
3	44°33,885'	21°51,299'	27,7	5,065
4	44°33,277'	21°51,135'	35,9	4,354
5	44°32,674'	21°50,919'	37,9	4,156
ПРОСЕЧНО			29,5	4,901

3.2.7. Шумски пут „Равна река – Огашу скорца“

Шумски пут „Равна река – Огашу скорца“ налази се у ГЈ „Равна река“ у ШГ „Северни Кучај“ Кучево. Пут је реконструисан 2019. године, а коловозна конструкција израђена је од природног каменог агрегата са трасе шумског пута. Мерења динамичког модула деформације спроведена су на завршном, хабајућем слоју

коловозне конструкције. У тренутку мерења време је било облачно, без кише, али је коловозна конструкција била влажна, с обзиром да је претходног дана падала киша.

Вредности динамичког модула деформације кретале су се у интервалу од 20,6 до 34,4 MN/m², а просечно 29,2 MN/m². Вредност s/v у свим мерењима имала је високе вредности (преко 3,5), што указује да се даљим збијањем може постићи већа вредност динамичког модула деформације E_{vd} .

Табела 8: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Равна река - Огашу скорца“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	44°26,862'	21°00,639'	34,4	3,848
2	44°26,809'	21°00,642'	27,0	9,968
3	44°26,539'	21°00,668'	30,6	4,412
4	44°26,738'	21°00,617'	33,9	4,043
5	44°26,170'	21°00,416'	20,6	4,09
6	44°26,162'	21°00,409'	28,9	3,837
ПРОСЕЧНО			29,2	5,033

3.2.8. Шумски пут „Ловачки дом – Милојковача“

Шумски пут „Ловачки дом – Милојковача“ налази у ГЈ „Букуља“, ШГ „Крагујевац“. Пут је изграђен 2019. године и већим делом пратио је постојећи тракторски пут. Материјал за израду коловозне конструкције био је природни камени агрегат од кречњака. Познајмиште се налази у близини шумског пута, а пре експлоатације извршено је минирање. Камени агрегат није дробљен, већ је коришћен у природном стању. У тренутку мерења динамичког модула деформације временски услови били су повољни, без падавина. Мерења су вршена на носећем слоју коловозне конструкције, а материјал је био просушен. Пут је већим делом изграђен на земљишту III категорије.



Слика 22: Припрема за мерење на шумском путу
Ловачки дом-Милојковача



Слика 23: Мерење након више пролазака ваљка

Вредности динамичког модула деформације кретале су се у интервалу од 20,6 до 61,8 MN/m², а просечно 45,5 MN/m². Вредност s/v, осим код мерења у деветој тачки, имала је вредности <3,5, што указује да се даљим збијањем не може значајно повећати вредност динамичког модула деформације E_{vd}.

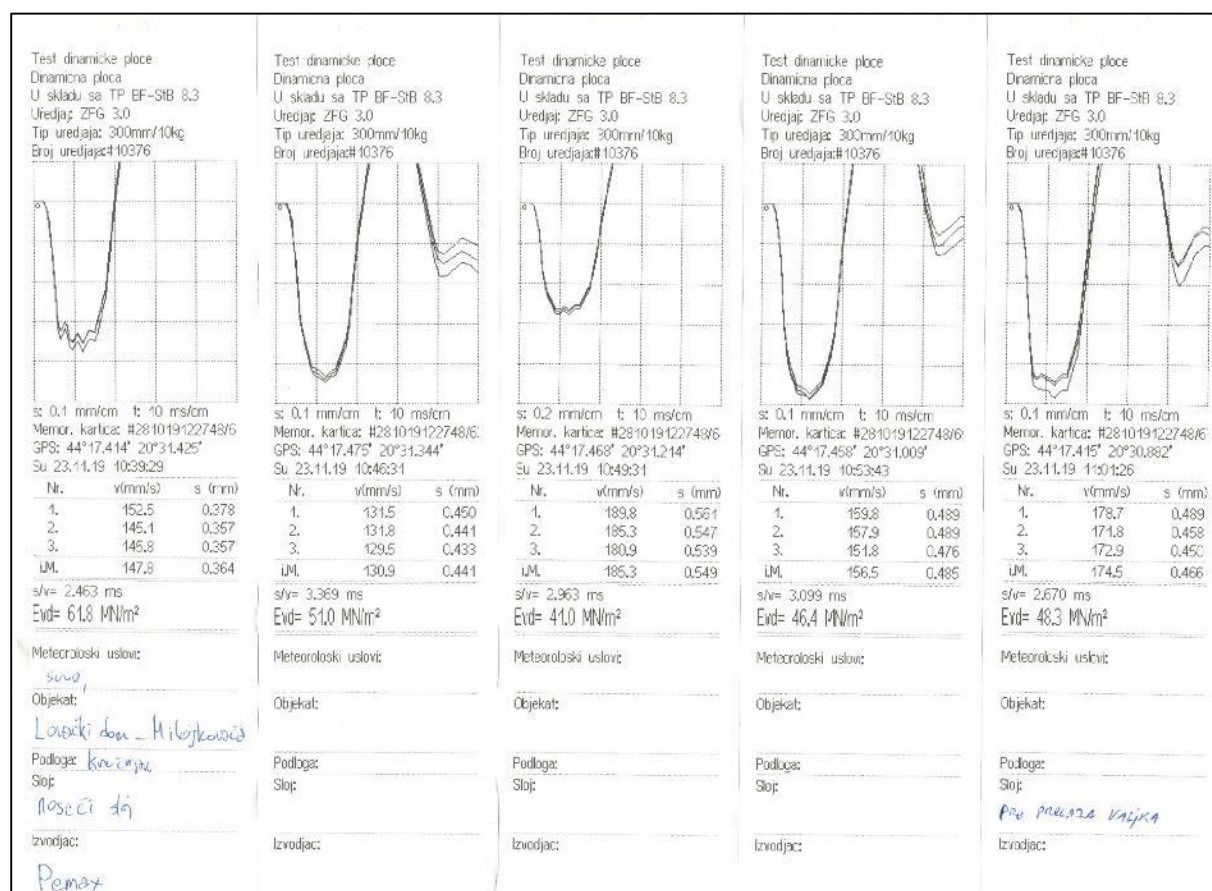
Табела 9: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Ловачки дом – Милојковача“

РБ	Координате (Google Earth)		E _{vd} [MN/m ²]	s/v	Напомена
	Х	Y			
1	44°17,414'	20°31,425'	61,8	2,463	
2	44°17,475'	20°31,344'	51,0	3,369	
3	44°17,468'	20°31,214'	41,0	2,963	
4	44°17,458'	20°31,009'	46,4	3,009	
5	44°17,415'	20°30,882'	48,3	2,67	
6	44°17,402'	20°30,860'	46,2	3,017	
7	44°17,282'	20°30,700'	46,1	3,375	
8	44°17,223'	20°30,621'	45,4	3,255	
9	44°17,164'	20°30,538'	20,6	7,27	Депресија у којој се пре градње пута задржавала вода
10	44°17,083'	20°30,403'	47,8	2,575	
ПРОСЕЧНО			45,5	3,400	

У тренутку мерења динамичког модула деформације на шумском путу, по тврдњама руковоаца вибро-ваљком, читава траса је ваљана 2 до 3 пута. На случајно изабраној тачки где је ваљање извођено у три прелаза, извршено је додатно ваљање. Супротно очекиваном, након сваког следећег преласка ваљка вредност E_{vd} се смањивала, а вредност s/v повећавала.

Табела 10: E_{vd} и степен збијености након више пролазака ваљка

РБ	Координате (Google Earth)		E _{vd} [MN/m ²]	s/v	Напомена
	X	Y			
1	44°17,415'	20°30,882'	48,3	2,670	Са три проласка
2			43,5	2,774	Са четири проласка
3			43,0	2,874	Са пет пролазака
ПРОСЕЧНО			44,9	2,773	



Слика 24: Примери извештаја са мерења динамичком плочом

На основу резултата мерења динамичког модула деформације на свих седам путних праваца, извршене су статистичке анализе. На основу резултата анализе варијансе произилази да између просечних вредности динамичког модула деформација на различитим путевима постоји статистички значајна разлика на нивоу значајности 95%. Φ -статистике износи 8,82. Издваја се просечна вредност динамичког модула на шумском путу „Пилана – Врба“, а остали се могу разврстати у две хомогене групе. За прву хомогену групу просечна вредност износи 31,02, а за другу 48,90. Треба

истаћи да се ради о великој варијабилности података како на различитим путевима тако и на истом путу на различитим локацијама. Ово показује да је потребно извршити мерење на већем броју локација и са већим бројем понављања, како би статистичка грешка била у прихватљивим границама.

3.2.9. Анализа добијених резултата

Табела 11: Статистичка анализа

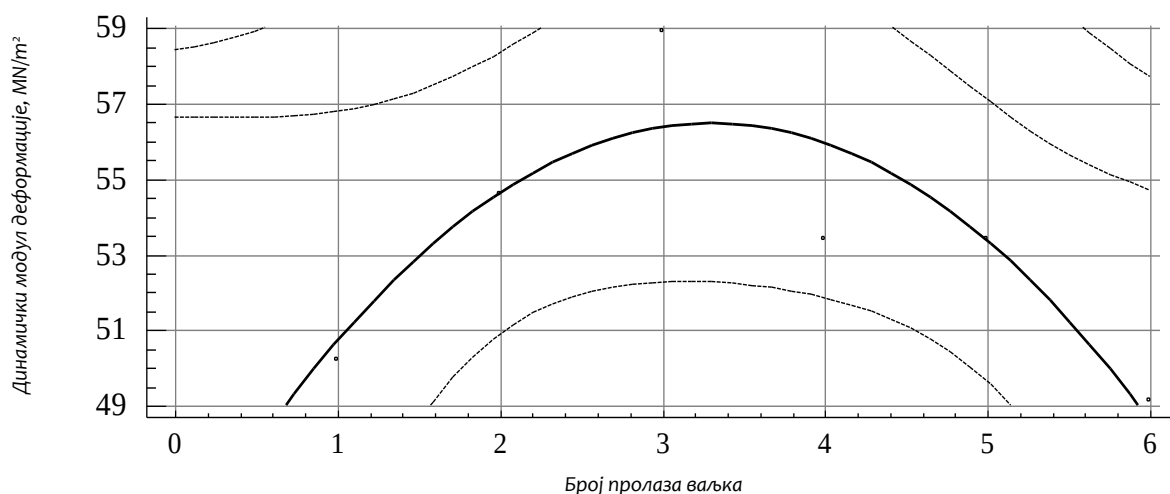
Локација	Број мерења	Средња вредност	Варијанса	Стандардна девијација	Минимум	Максимум		
Беочић - Змајевица	5	34,4	265,5	16,29	18,2	59,8		
Фељешана – Поток Брежа	3	50,9	29,3	5,41	46,1	56,8		
Ловачки дом - Милојковача	10	45,5	105,7	10,28	20,6	61,8		
Пилана - Врба	7	70,01	426,4	20,65	47,7	110,3		
Равна река – Огашу скорца	6	29,23	26,0	5,09	20,6	34,4		
Врба – Поток Алмари	5	50,36	28,0	5,29	44,6	58,1		
Ваља река	5	29,46	50,6	7,11	22,3	37,9		

Зависност динамичког модула деформације од броја пролаза ваљка на шумском путу „Беочић – Бела Грача – Змајевица“ приказана је на графикону 5.

Модел који показује везу између променљивих је:

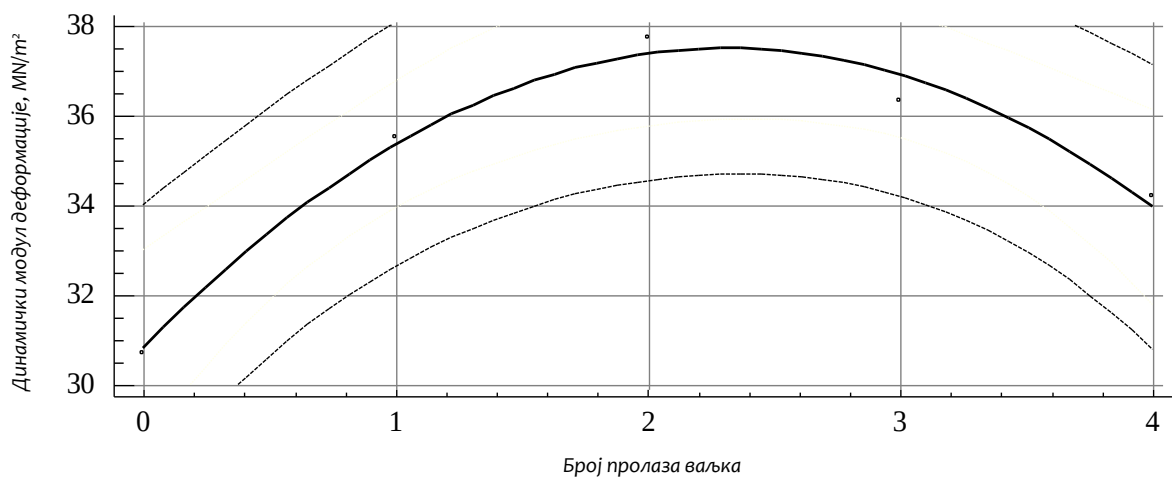
$$E_{vd}=44,61+7,17 \cdot NP-1,08 \cdot NP^2 \quad (1)$$

Коефицијент корелације износи 77,77 што значи да се ради о јакој вези. Средња апсолутна грешка је 1,02, а Дурбин-Ватсонова статистика је 2,94 и показује да не постоји аутокорејација остатка. Изабрани модел објашњава 77,77% променљивих.



Графикон 5: Зависност динамичког модула деформација од броја пролаза ваљка

Зависност динамичког модула деформације постелице од броја пролаза ваљка на шумском путу „Крак фунзар – Јеленов поток“ приказана је на графикону 6.



Графикон 6: Зависност динамичког модула деформација од броја пролаза ваљка

Модел који показује везу између променљивих је:

$$E_{vd}=30,83+5,75 \cdot NP-1,24 \cdot NP^2 \quad (2)$$

Коефицијент корелације износи 95,91 што значи да се ради о јакој вези. Средња апсолутна грешка је 0,29, а Дурбин-Ватсонова статистика је 2,96 и показује да не постоји аутокорељација остатка. Изабрани модел објашњава 95,91% променљивих.

4. ПРЕДЛОГ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА ДАЉА ИСТРАЖИВАЊА

ПРЕЛИМИНАРНА истраживања која су спроведена показују појаву велике хетерогености измерених вредности динамичког модула деформације, често и одређене нелогичности, што намеће потребу за даљим, детаљнијим и обимнијим истраживањима.

Како би се дефинисале доње граничне вредности динамичког модула деформације на насипу, постељици и различитим слојевима коловозне конструкције шумских путева, неопходно је обавити знатно већи број испитивања, груписати их у логичне целине и статистичким методама доћи до жељеног резултата. Груписање добијених вредности по грађевинским категоријама земљишта на којима се путеви граде и по врстама и пореклу каменог агрегата кључни су у даљем току истраживања. Поред тога, значајан утицај на вредности динамичког модула деформације имају влажност постељице и коловозне конструкције, па је у даљим истраживањима неопходно вршити мерења овог параметра.

Спроведена истраживања показала су хетерогеност измерених вредности динамичког модула деформације коловозне конструкције, чак и у истим условима средине, у истом временском периоду и употребом каменог агрегата из истог позајмишта. Та хетерогеност се углавном јавила као последица недовољне збијености насипа на коме се врши темељење коловозне конструкције, затим неадекватне припреме постељице, посебно у увалама у којима се у претходном периоду задржавала вода, услед неадекватне припреме материјала у позајмишту, односно мешања органске материје са агрегатом, као и различите збијености коловоза на делу колотрага и делу ван колотрага. Самим тим, веће вредности динамичког модула деформације добијене су на вишим категоријама земљишта, на оцедитим местима, на деловима коловозне конструкције изграђеним од каменог агрегата без већег присуства органских примеса и деловима коловоза по којима се крећу точкови возила (камиона).

Како би се субјективност лица која спроводе мерења динамичког модула деформације свела на најмању могућу меру, неопходно је ограничити избор места где

ће се мерења спроводити. Да би се утврдиле вредности динамичког модула деформације на шумским путевима, мерења је потребно обавити на сваких 200 m шумског пута, на три тачке у попречном погледу.

У табели која следи дат је формулар који ће се попуњавати на терену приликом мерења динамичког модула деформације, а који садржи податке значајне за даље статистичке анализе.

Табела 12: Формулар за унос података о извршеном мерењу

Локација: <u>Гоч, ГЈ,,Гоч-Гвоздац А“</u>						Метеоролошки услови: <u>Облачно, без падавина, 15*С</u>				
Објект: <u>ш.п. „Бурмански поток – Ћелавуша“</u>						Датум: <u>22.04.2020.</u>				
Ред. бр.	Време	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v	Опис радова (Г, Р, С)	Напомена
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	10:43	III	постељица	-	просушено	Л	28,6	0,336	Г	
2	10:44	III	постељица	-	просушено	С	23,5	0,369	Г	
3	10:47	III	постељица	-	просушено	Д	24,6	0,351	Г	
4	10:59	IV	носећи	20	просушено	Л	41,1	0,226	Г	
5	11:03	IV	носећи	20	просушено	С	40,4	0,284	Г	
6	11:05	IV	носећи	20	просушено	Д	44,9	0,231	Г	
7										
8										
9										
10										

Утврђивање грађевинске категорије земљишта обављаће се на исти начин као и до сада, на основу процене, а у зависности од ручног алата којим се може вршити ископ. Дебљина слоја биће утврђена ископом дела коловозне конструкције и мерењем исте у збијеном стању. На сваком попречном профилу биће извршена три мерења, лева страна коловоза, средина и десна страна коловоза. Поред наведеног, врло је значајно нагласити да ли се ради о изградњи новог шумског пута, реконструкцији постојећег или само санацији оштећених делова коловоза. У колону

Напомена, уносе се све друге специфичности које могу утицати на резултат и његово даље тумачење.

Како прелиминарни резултати лабораторијског испитивања показују одступање добијених вредности од оних које су прописане стандардима или техничким условима, неопходно је наставити са лабораторијским испитивањима каменог агрегата и у другим позајмиштима која се користе за изградњу коловозне конструкције шумских путева на различитим локалитетима.

5. ЗАКЉУЧАК

У кратком временском периоду који је био на располагању за реализацију пројектног задатка, спроведене су активности на прикупљању узорака природног несепарисаног каменог агрегата из пет позајмишта и извршен је већи број мерења динамичког модула деформације на шумским путевима. Сви прикупљени узорци каменог агрегата предати су у акредитовану лабораторију за геомеханичка испитивања чим су се стекли финансијски услови, али до закључења овог Коначног извештаја све анализе нису могле бити завршене.

С обзиром на временски период у коме се пројекат одвија, а који није у складу са временским периодом у коме се препоручује извођење грађевинских радова, али и чињенице да је обавеза корисника средстава Буџетског фонда за шуме РС да радове на изградњи и реконструкцији шумских путева оконча до 20. октобра (пројекат уговорен 21.10.2019. год.), истраживачком тиму био је веома ограничен избор објеката на којима може да спроводи истраживања. Објекти на којима су спровођена истраживања углавном су били у завршној фази израде, па није било могуће пратити динамичке модуле деформације у различитим фазама рада, на различитим слојевима, већ су испитивања била везана најчешће за носећи или хабајући слој коловозне конструкције.

Из овог временски врло ограниченог истраживања намећу се неки од прелиминарних закључака, а које треба да буду предмет даљих истраживања:

1. На степен збијености коловозне конструкције у великој мери утиче грађевинска категорија на којој се коловозна конструкција темељи,
2. Збијеност насипа и постељице значајно утиче на вредности динамичког модула деформације у слојевима коловозне конструкције,
3. Влажност доњих слојева (насипа и постељице) један је од кључних фактора који утичу на збијеност коловозне конструкције,
4. Врста и порекло каменог агрегата од којег се израђује коловозна конструкција утиче како на динамички модул деформације, тако и на трајност шумског пута.

ЛИТЕРАТУРА

1. Јокановић, И., Зељић, Д., Грујић, Ж., Грујић, Б. 2015. Подобност природних стенских материјала у Босни и Херцеговини за грађење коловозних конструкција.Зборник радова Грађевинског факултета 28: 91-100
2. Tophinke, N. (edt). Technical Test Code for Soil and Rock Mechanics in Road Construction - Dinamic Plate-Load Testing with the Aid of the Light Drop-Weight Tester. Road and Transport Research Association, Working Group for Foundation and Soils Engineering
3. Kamal, M.A., Arshid, M.U., Sha, M.I., Khan, E.A. 2018. Relation-Ship between Dynamic Deformation Modulus (Evd) and CBR for Common and Granular Materials. Technical Journal, University of Engineering and Technology (UET) Taxila, Pakistan, Vol. 23 No. 1-2018: 9-14
4. Mikolainis, M., Ustinovičius, M., Sližyte, D., Zhilkina, T. 2016. Analysis of static and dynamic deformation modulus. ENGINEERING STRUCTURES AND TECHNOLOGIES 2016 8(2): 79–84
5. Barounis, N., Smith, T. 2017. Characterisation of in situ soils based on the resilient soil modulus obtained using Light Weight Deflectometer (LWD). Proc. 20th NZGS Geotechnical Symposium. Eds. GJ Alexander & CY Chin, Napier
6. Tehnički uslovi za građenje puteva u Republici Srbiji 2012. JP „Putevi Srbije“
7. Uputstvo za upotrebu za dinamičku ploču sa padajućim tegom ZFG 3.0.