САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о.
11000 БЕОГРАД, НЕМАЊИНА 6/IV
тел: 011/3618-134, факс: 011/3618-324, web site: www.sicip.co.rs

1.1. НАСЛОВНА СТРАНА

	Е01/1-2.1 ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ
Инвеститор:	Инфраструктура железнице Србије, Немањина 6/IV,Београд
Објекат:	Модернизација, реконструкција и изградња пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач,, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци
Врста техничке документације:	ИДП Идејни пројекат
Назив и ознака дела пројекта:	Е01/1-2.1 ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ - ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ИЗГРАДЊЕ ЗА ТРАСУ, деоница: Руменка - Врбас
За грађење / извођење радова:	Нова градња и реконструкција
Пројектант:	Саобраћајни институт ЦИП д.о.о. Београд, Немањина 6/ IV 351-02-02009/2017-07
Одговорно лице пројектанта:	Генерални директор: Милутин Игњатовић, дипл.инж
Потпис	Milutin Ignjatović 22669266 6-010494 3710139 Digitally signed by Milutin Ignjatović 226692666-010 4943710139 Date: 2020.05.22 08:49:10 +02'00'
Овлашћено лице	Иван Стефановић, дипл.инж.геол
Број лиценце	391 N945 15
Потпис	Ivan Stefanović 248026886-2 80798376005 6 Digitally signed by Ivan Stefanović 248026886-28079 83760056 Date: 2020.05.20 11:16:51 +02'00'
Број техничке документације:	2017-728-ГЕО-1/1-2.1
Место и датум:	Београд, мај 2020.

1.2. САДРЖАЈ

1.1.	Насловна страна
1.2.	Садржај
1.3.	Решење о одређивању овлашћеног лица
1.4.	Изјава овлашћеног лица
1.5.	Текстуална документација
1.6.	Графичка документација

1.3. РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОВЛАШЋЕНОГ ЛИЦА

На основу члана 128 Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09 - исправка, 64/10 - УС, 24/11, 121/12, 42/13 - УС, 50/2013 - УС, 98/2013 - УС, 132/14, 145/14, 83/2018, 31/2019 и 37/2019 -др.закон) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката ("Службени гласник РС" бр 73/2019) као:

О В Л А Ш Ћ Е Н О Л И Ц Е

за израду Геотехничког елабората - геотехнички услови изградње за трасу, деоница: Руменка - Врбас, који је део ИДП - Идејног пројекта Модернизација, реконструкција и изградња пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Мали Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач,, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, одређује се:

Иван Стефановић, дипл.инж.геол. 391 N945 15

Пројектант:	САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о, Београд Немањина 6/IV 351-02-02009/2017-07
Одговорно лице/заступник:	Генерални директор: Милутин Игњатовић, дипл.инж.
Потпис:	
Број техничке документације:	2017-728-ГЕО-1/1-2.1
Место и датум:	Београд, мај 2020.

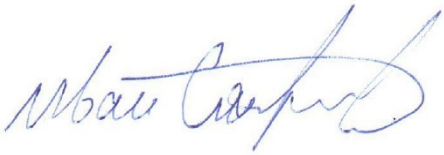
1.4. ИЗЈАВА ОВЛАШЋЕНОГ ЛИЦА

Овлашћено лице Геотехничког елабората - геотехнички услови изградње за трасу, деоница: Руменка - Врбас, који је део ИДП - Идејног пројекта Модернизација, реконструкција и изградња пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Мали Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град)

Иван Стефановић, дипл.инж.геол.

И З Ј А В Љ У Ј Е М

1. да је Елаборат у складу са Законом о рударству и геолошким истраживањима (Сл. гласник РС бр. 101/15), Правилнику о садржини пројекта геолошких истраживања и елабората о резултатима геолошких истраживања и Правилника о потребном степену изучености инжењерскогеолошких својстава терена за потребе планирања, пројектовања и грађења (Сл. гласник РС бр. 51/96)
2. да је Елаборат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке;
3. да су при изради Елабората поштоване све прописане и утврђене мере и препоруке за испуњење основних захтева за објекат и да је пројекат израђен у складу са мерама и препорукама којима се доказује испуњеност основних захтева.

Овлашћено лице:	Иван Стефановић, дипл.инж.геол.
Број лиценце:	391 N945 15
Потпис:	
Број дела пројекта:	2017-728-ГЕО-1/1-2.1
Место и датум:	Београд, мај 2020.

1.5. ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

САДРЖАЈ:

1 УВОД 1
2 ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК 2
3 ОПШТИ ПОДАЦИ О ИСТРАЖНОМ ПРОСТОРУ 3
4 ВРСТА И ОБИМ И ИЗВЕДЕНИХ ИСТРАЖИВАЊА И ИСПИТИВАЊА 5
4.1 Претходно изведени истражни радови 5
4.2 Допунски истражни радови 6
4.2.1 Инжењерскогеолошко картирање терена дуж новопројектоване трасе 6
4.2.2 Извођење истражних раскопа у трупу пруге 6
4.2.3 Извођење истражних јама дуж новопројектоване трасе 7
4.2.4 Истражно бушење са инжењерскогеолошким картирањем језгра, ...8
4.2.5 Извођење опита стандардне динамичке пенетрације - SPT 9
4.2.6 Лабораторијска геомеханичка испитивања, ...10
5 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ИСПИТИВАЊА 11
5.1 Геоморфолошка својства 11
5.2 Геолошка грађа терена 12
5.3 Хидрогеолошка својства терена 14
5.4 Геотехничка својства терена и трупа пруге 16
5.4.1 Геотехничка својства издвојених јединица терена за новопројектовану трасу 16
5.4.2 Геотехничка својства издвојених јединица у оквиру трупа постојеће пруге 21
5.5 Савремени геолошки процеси и појаве 24
5.6 Сеизмичка својства терена 25
6 ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ИЗГРАДЊЕ ПРУГЕ 26
6.1 Преглед геотехничких услова терена 26
6.2 Вредновање материјала у нивоу подлоге прелазног слоја - постељице 27
6.3 Препоруке за изградњу и реконструкцију пруге 28
6.3.1 Припрема темељног тла 30
6.3.2 Израда насипа 31
6.3.3 Израда прелазног слоја 32
6.3.4 Израда заштитног слоја 33
6.3.5 Израда усека 34
6.3.6 Геостатички прорачуни 35
7 ЗАКЉУЧАК 37

СПИСАК ПРИЛОГА

ПРИЛОГ БР.	НАЗИВ
1.	Инжењерскогеолошка карта са положајем истражних радова
2.	Подужни геотехнички пресек
3.	Попречни геотехнички пресеци
4.	Геостатички прорачуни

1 УВОД

На основу уговора који је склопљен са Инвеститором, Саобраћајни институт ЦИП - Завод за геотехнику, преузео је обавезу да уради Геотехнички елаборат за Идејни пројекат за изградњу железничке пруге Београд - Суботица - Државна граница (Келебија), деоница Нови Сад - Суботица - Државна граница (Келебија). Ова пруга представља део традиционалног железничког транзитног коридора за везу Западне и Централне Европе са Грчком, Турском и Блиским Истоком.

Постојећа пруга Београд - Будимпешта је једноколосечна, дужине 350 km. Деоница Нови Сад – Суботица, је од км 76+501 – 183+921. Пруга се пројектује за брзине од 200 km/h и биће двоколосечна, укупне дужине око 108 километара.

Пруга се укршта са већим бројем магистралних, локалних и атарских путева, као и природних и вештачких водотокова. Сва укрштања ће бити изведени као денивелисана. Пројектом је предвиђен већи број пратећих инфраструктурних објеката (мостови, подвожњаци, надвожњаци, подходници и пропусти) као и објекти високоградње (станичне зграде и припадајући објекти). Геотехнички услови изградње ових објеката дати су у посебном елаборату: *Е1/2 Геотехнички елаборат – Геотехнички услови изградње објеката*.

Осврт на потенцијална позајмишта материјала за изградњу дат је у оквиру посебног елабората*: Е1/3 Геотехнички елаборат – Позајмишта материјала*.

Истражни простор на коме се предвиђа изградња пруге је непосредно уз постојећу пругу, а само местимично се удаљава од ње, осим на делу обиласка око Врбаса, где иста пролази вијадуктом дужине 1800m. Елаборат је урађен за трасу која је подељена на деонице:

- Деоница 1: Нови Сад - Руменка (Услови изградње и документациона књига)
- **Деоница 2: Руменка - Врбас (Услови изградње и документациона књига)**
- Деоница 3: Врбас - Наумовићево (Услови изградње и документациона књига)
- Деоница 4: Наумовићево – Суботица - државна граница (Услови изградње и документациона књига)

У текстуалном делу анализирани су резултати теренских истраживања и дат је коментар лабораторијских испитивања узорака тла. У оквиру посебног поглавља приказани су геотехнички услови изградње.

У оквиру графичке документације приказани су на ситуационом плану изведени истражни радови и резултати инжењерскогеолошког картирања терена, на пресецима су приказане инжењерскогеолошке јединице, а резултати теренских и лабораторијских истраживања приказани су у виду картитаних профила и записника.

Геотехнички елаборат урађен је према:

- Закону о Рударству и геолошким истраживањима (Сл. гласник РС бр. 101/2015),
- Правилнику о садржини пројеката геолошких истраживања и елабората о резултатима геолошких истраживања (сл. Гласник РС бр.51/96),
- Правилнику о потребном степену изучености инжењерскогеолошких својстава терена за потребе планирања, пројектовања и грађења (сл. Гласник РС бр.51/96),
- Правилник о садржини документације која се односи на хидрогеолошке и инжењерско -геолошке подлоге за изградњу високих брана, хидроелектрана, термоелектрана и објеката саобраћајне инфраструктуре (сл. Гласник РС бр.51/96),
- Пратећим позитивним законским прописима, нормативима и акатма.

2 ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК

У овомо поглављу дат је извод из пројектног задатка Инвеститора.

За потребе израде пројекта грађевинских објеката неопходно је извршити додатна детаљна инжењерскогеолошка и геотехничка истраживања и испитивања у складу са Законом о рударству и геолошким истраживањима (сл. гл. РС бр 101/2015), а у циљу добијања детаљних и поузданих геотехничких услова и параметара за:

- геолошку грађу, инжењерскогеолошка и хидрогеолошке својства терена, савремене геодинамичке процесе и појаве (нестабилне и потенцијално нестабилне делове терена, клизишта, јаружења, интензивна спирања, зоне слабе носивости тла), као и утврдити стање постојећег трупа пруге.
- фундирање објеката (мостови, вијадукти, подвожњаци, пропусти, надвожњаци, зграде), а према важећој законској регулативи (Eurocode 7, EN 1997-2, као и Правилник о техничким нормативима за темељење грађевинских објеката („Сл. Лист СФРЈ", бр 15/90) донет на основу члана 81. Закона о стандардизацији "Сл. Лист сФРЈ", бр. 37/88),
- конструкцију и нагибе косина трупа пруге
- резерве и својства материјала потенцијалних позајмишта.

3 ОПШТИ ПОДАЦИ О ИСТРАЖНОМ ПРОСТОРУ

У морфолошком смислу истражни простор (слика 3.1) припада Панонској низији, то јест Бачкој равници. У оквиру ове равнице могу се издвојити следеће геоморфолошке формације:

- Алувијон Дунава
- „Варошка тераса“
- „Телечка лесна зараван“
- „Суботичко Хоргошка пешчара“

Слика 3-1:Ситуација – Траса деонице будуће пруге Нови Сад - Суботица

Траса пруге прелази преко терена који пресеца неколико водених токова и већи број канала. Као значајнији водотоци су: Јегричка, Криваја и Чикер, док су значајнији канали: Канал ДТД, Велики канал и Мали канал.

У непосредној близини трасе пруге налазе се два језера: Палићко и Ладочко.

Постојећа хидрографска мрежа у коридору пруге је доста развијена, и у оквиру ње су природни водотоци, као и мелиоративни канали у надлежности ЈВП "Воде Војводине".

Потенцијал површинских вода у истраживаном коридору пруге чине: река Дунав, канал ДТД, Велики канал, Угриновачки канал, Мали канал, Руменички канала, Дубоки канал, канал Јегричка, река Бегеј, Криваја, Чикер и низ потока и мањих канала.

Наведени водотоци припадају сливу реке Дунав (Црноморски слив) и каналској мрежи хидросистема Дунав-Тиса-Дунав. На основу уредбе о категоризацији водотока ("Службени гласник СРС" бр.5/68) река Дунав (од мађарске до бугарске границе) припада II класи

водотока. Каналска мрежа Дунав-Тиса-Дунав припада II класи водотока. Класа II обухвата воде које су подесне за купање, рекреацију и спортове на води, за гајење мање племенитих риба, као и воде које се уз нормалне методе обраде (коагулација, филтрација и дезинфекција) могу употребљавати за снабдевање насеља водом за пиће, за купање и у прехрамбеној индустрији.

Увид у постојећи квалитет подземних вода извршен је на основу лабораторијских анализа које су рађене за потребе одређивања квалитета водоснабдевања у објектима Јавног предузећа "Железнице Србије", Саобраћајни институт ЦИП, Београд 2007-2009. год. Узорци воде су узети већином из копаних бунара железничких станица: Наумовићево, Мали Иђош Поље, - хемијске анализе показале су повишен садржај нитрата, нитрита, амонијака, као и гвожђа и мангана који вероватно одговара саставу земљишта. Микробиолошки налази указују да долази до мешања подземних вода са санитарном водом. За очекивање је да на подручју Војводине ове воде покажу и повишен садржај арсена, водоник сулфида, метана, угљен диоксида и органских растворених материја. Са здравственог аспекта употреба ових вода за пиће се не препоручује без опсежних мера технолошког пречишћавања и дезинфекције.

Што се тиче климатских прилика овај простор је под утицајем континенталне климе појачане продорима ваздушних струја са Карпата и из Влашке низије кроз Ђердап, као и са југозапада и запада. Сматра се да је клима на простору Војводине умерено континентална, са постојањем сва четри годишња доба. Средње годишње вредности температуре су доста уједначене и најчешће се крећу око 11°C. Средње минималне температуре су углавном у јануару и износе нешто испод 0°C, а средње максималне су у јуну, јулу и августу и износе око 20°C. Годишња амплитуда колебања температуре ваздуха је 22.7°C. Средња температура ваздуха у вегетацијском приоду је 17.9°C. Градијент средње годишње температуре расте од северозапада (Палић, са 10.7°C) ка југоистоку (Вршац, са 11.7°C и изузетком на простору Фрушке Горе, где износи10°C). Просечан број дана са мразом је 87.9 дана.

Од свих климатских елемената падавине представљају најважнији фактор који утиче на режим подземних вода и инжењерскогеолошке особине терена. У Војводини влада подунавски падавински режим (плувиометријски режим) који је модификован тако да се секундарни максимуми јављају у децембру, а не у октобру, а минимуми у марту а не у јануару или фебруару. Средње годишње падавине крећу се у распону од 600-700 mm за највећи део Војводине (односно износи 611 mm). У марту и октобру месецу је најмања средња количина падавина (од 41 mm у Панчеву до 27 mm на Палићу). Југоисточни Банат имају највећу средњу количину падавина.

Природна вегетација припада углавном земљастим биљним врстама сувљих и топлих терена (ливада и пешчара). Низијски део одликује се обрадивим површинама, затим обалским шибљем и барским биљем. Ниже падине Фрушке Горе обрађене су претежно виноградима, док се у вишљим деловима налази крупна шумска вегетација.

Захваљујући квалитетном обрадивом земљишту истражно подручје је релативно густо насељено. Већа насељена места на простору су: град Нови Сад, затим Кисач, Степановићево, Змајево, град Врбас, Мали Иђош, Бачка Топола, Жедник, Александрово и на крајњем северу град Суботица.

Терен је повезан ауто путом Суботица – Београд, државним магистралним путем првог реда Нови Сад – Суботица, већим бројем локалних асфалтираних путева, Поред ове мреже постоји и знатан број атарских и међумесних путева.

На овом делу трасе пруге постоје попречне железничке везе: Нови Сад – Сомбор, Нови Сад – Римски шанчеви, Врбас – Сомбор, Суботица - Хоргош - државна граница са Мађарском, Суботица – Сомбор, као и неколико бивших пруга које су укинуте, а колосек им је демонтиран.

4 ВРСТА И ОБИМ И ИЗВЕДЕНИХ ИСТРАЖИВАЊА И ИСПИТИВАЊА

4.1 Претходно изведени истражни радови

У циљу утврђивања степена истражености терена на предметном потезу, извршена је анализа резултата истраживања која су изведена како на самој предметној локацији, тако и у њеној ближој околини. Анализом резултата постојећих истраживања утврђено је да је предметна локација била предмет истраживања за потребе израде планске документације за различите нивое пројектовања и за различите садржаје.

При изради овог Елабората коришћена је геолошко – геотехничка документација (табела 4.1) којом је урађено вредновање терена као радне средине, при чему треба узети у обзир временску дистанцу израде планске докуметације.

За потребе израде овог Елабората извршена је делимична реинтерпретација постојећих података. Резултати поменутих истраживања су приказани у оквиру следеће планске документације.

Табела 4.1.1: Списак коришћене документације

Редни број	Назив документације	Година
1	Пруге за велике брзине Суботица-Београд-Ниш-Димитровград, деоница I Београд-Суботица (Саобраћајни институт ЦИП)	1996
2	Студија изводљивости модернизације пруге Београд-Суботица-државна граница (Келебија)", Књига 3 : Студија о процени утицаја на животну средину, (Саобраћајни институт ЦИП).	2015
3	Геотехнички елаборат за потребе модернизације железничке пруге Нови Сад - Суботица - граница са Мађарском – ниво Идејног пројекта (Luise Berger / Институт ИМС)	2016
4	Студија геотехничких услова за ниво "Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора железничке пруге Београд-Суботица-државна граница (Келебија)", (Саобраћајни институт ЦИП)	2015/2016.

4.2 Допунски истражни радови

Допунски истражни радови изведени у периоду октобар - децембар 2017. год и обухватали су:

- инжењерскогеолошко картирање терена дуж новопројектоване трасе
- извођење истражних раскопа у трупу постојеће пруге
- извођење истражних јама дуж новопројектоване трасе
- истражно бушење са инжењерскогеолошким картирањем језгра,
- извођење опита стандардне динамичке пенетрације - SPT
- лабораторијска геомеханичка испитивања

4.2.1 Инжењерскогеолошко картирање терена дуж новопројектоване трасе

У простору геодетски снимљене ситуације терена – размере 1:1000, зона од 100 m лево и десно од осе у дужини од око 108 km, изведено је детаљно инжењерскогеолошко картирање терена.

Визуелно су утврђивани састав и својства терена, као и процена дебљина површинских покривача. Основни подаци о старосним одредбама, као и о регионалној геолошкој грађи и текстурно структурним својствима, преузети су из података са основне геолошке карте 1 : 100.000 листови Нови Сад, Србобран, Бачка Топола и Суботица.

Хидрогеолошке појаве, извори, забарења, повремени и стални токови воде уцртавани су на карту у току картирања терена, па тиме карта садржи и те аспекте теренских појава. Насути материјали издвојени су у зони инфраструктурних објеката.

У току извођења истражних радова, инжењерскогеолошка карта је коригована и са подацима истражних радова.

Урађена инжењерскогеолошко карта са детаљима истраживања претставља основни инжењерскогеолошки и геотехнички модел за даље анализе.

Укупно је изведено детаљно геотехничко картирање терена на површини терена од око 22 km^2, а детаљи картирања терена приказани су у Прилогу 1 – Инжењерскогеолошка карта са положајем истражних радова.

4.2.2 Извођење истражних раскопа у трупу пруге

Истражни раскопи изведени су у циљу утврђивања конструкције пруге и стања материјала у конструкцији трупа и плануму тла тј. дебљине туцаничке призме, присуства дебљине и запрљаности тампона, врсте материјала у плануму тла и њихових физичко- механичких својстава. Истражни раскопи у трупу пруке носе називе **Rtp.**

Обзиром на неопходност нормалног и пре свега безбедног одвијања саобраћаја у време извођења истражних радова, али и због безбедности људи који су учествовали у извођењу истражних раскопа, није вршено класично "шлицање" колосека. Раскопавање је изведено са спољашње стране колосека, а од шине. Констатоване дебљине туцаника и тампона, не морају бити и највеће, јер оваквим начином раскопавања нема могућности за утврђивањем туцаничких и шљунчаних врећа.

Растојење између раскопа износи просечно један километар (1 km). Сви раскопи су копани ручно. Мерење приликом картирања раскопа изведено је од горње ивице шина (ГИШ-а). Дубина истражних раскопа била је диктирана постојећом конструкцијом пруге и била је довољна да омогући узимање довољне количине материјала из трупа пруге за узорак, за потребна лабораторијска испитивања.

Укупно је изведено 108, а за ову деоницу 28 истражних раскопа. У табели 4.2.2.1. дате су ознаке истражних раскопа са положајем. Распоред истражних раскопа приказан је у

Прилогу 1 – Инжењерскогеолошка карта са положајем истражних радова и Прилогу 2 – Подужни геотехнички пресек.

Табела 4.2.2.1: Распоред изведених раскопа у трупу пруге

Ознака раскопа	Стационажа (km)	Координате (X/Y)	
Rtp-10	86+000	7403667	5019842
Rtp-11	87+000	7403198	5020724
Rtp-12	88+000	7402729	5021607
Rtp-13	89+000	7402256	5022497
Rtp-14	90+000	7401790	5023374
Rtp-15	91+000	7401363	5024276
Rtp-16	92+000	7401024	5025217
Rtp-17	93+000	7400684	5026158
Rtp-18	94+000	7400346	5027098
Rtp-19	95+000	7399987	5028031
Rtp-20	96+000	7399593	5028951
Rtp-21	97+000	7399200	5029870
Rtp-22	98+000	7398806	5030788
Rtp-23	99+000	7398413	5031708
Rtp-24	100+000	7398018	5032629
Rtp-25	101+000	7397625	5033547
Rtp-26	102+000	7397231	5034467
Rtp-27	103+000	7396868	5035398
Rtp-28	104+000	7396542	5036343
Rtp-29	105+000	7396238	5037295
Rtp-30	106+000	7395956	5038263
Rtp-31	107+000	7395678	5039214
Rtp-32	108+000	7395398	5040174
Rtp-33	109+000	7395117	5041134
Rtp-34	110+000	7394837	5042094
Rtp-35	111+000	7394557	5043054
Rtp-36	112+000	7394276	5044014
Rtp-37	113+000	7393996	5044974

**Стационажа је дата по постојећим ознакама на траси пруге Нови Сад - Суботица*

4.2.3 Извођење истражних јама дуж новопројектоване трасе

За потребе пројектовања новог колосека, по новопројектованој оси пруге, изведено је 50, а за ову деоницу 11 истражних јама. Истражне јаме носе ознаку **Rt**. Из ових јама су узети поремећени узорци за лабораторијска геомеханичка испитивања. Геолошким картирањем и лабораторијским испитивањем одређена су главна физичко-механичка својства материјала у истражним јамама. У табели 4.2.3.1 дате су ознаке истражних јама са положајем.

Записник картираних јама приказан је у документационој књизи *E01/1-2.2 Геотехнички елаборат - документациона књига за трасу, деоница: Руменка - Врбас.*

Распоред истражних јама приказан је у Прилогу 1 – Инжењерскогеолошка карта са положајем истражних радова и Прилогу 2 – Подужни геотехнички пресек.

Табела 4.2.3.1: Распоред изведених истражних јама

Ознака јаме	Координате (X/Y)		Кота (m)
Rt-6	7403679	5019788	82.8
Rt-8	7400663	5026242	81.9
Rt-9	7400325	5027188	81.7
Rt-10	7399847	5028375	82.6
Rt-11	7399380	5029470	81.5
Rt-12	7398892	5030600	82.9
Rt-13	7397999	5032661	81.9
Rt-14	7397269	5034322	81.7
Rt-15	7396022	5037878	82.7
Rt-16	7394959	5041608	82.9
Rt-17	7394031	5044614	81.5

4.2.4 Истражно бушење са инжењерскогеолошким картирањем језгра,

За потребе пројектовања новог колосека, по новопројектованој оси пруге изведено је истражно бушење са циљем да се утврди литолошки састав, својства и просторни положај литолошких чланова у склопу терена, те да се региструју појаве и нивои подземне воде.

Положај и обим истражних бушотина условљен је пројектним задатком за овај ниво пројектовања, степеном истражености терена – претходним истраживањима, као и могућношћу приступа локацијама.

Истражно бушење је обављено са машинском гарнитуром, континуалним језгровањем ротационо и на "суво", тј. без коришћења исплаке, како би се регистровале појаве и нивои воде у бушотинама.

Приликом инжењерскогеолошког картирања језгра дефинисана је геолошка грађа терена (састав и склоп) односно издвојени су различити литогенетски чланови и одређена су структурно-текстурна својства издвојених чланова. Такође, регистровано је присуство и величина физичко-хемијске измењености, присуство секундарних обогаћења, промена влажности, пластичности и боје у оквиру заступљених литогенетских чланова.

Након обављеног картирања језгра узети су узорци за лабораторијска геомеханичка испитивања.

За дефинисање геотехничког модела терена на карактеристичним попречним пресецима коришћени су подаци из бушотина изведених за објекте, као и подаци из бушотина претходне документације.

Изведено је укупно 95 истрашних бушотина, пречника 131 mm, просечне дубине 10 m, а за ову деоницу изведено је 25 истражних бушотина. У табели 4.2.4.1 приказни су основни подаци о истражним бушотинама.

Резултати картирања језгра приказани су на профилима истражних бушотина у документационој књизи *E01/1-2.2 Геотехнички елаборат - документациона књига за трасу, деоница: Руменка- Врбас.*

Локације истражних бушотина приказане су у Прилогу 1 – Инжењерскогеолошка карта са положајем истражних радова и Прилогу 2 – Подужни геотехнички пресек.

Табела 4.2.4.1: Распоред изведених истражних бушотина

Ознака бушотине	Координате (X/Y)		Кота (m)
Bt-10	7403125	5020839	83.2
Bt-11	7402712	5021617	83.4
Bt-13	7402285	5022335	83.5
Bt-14	7401746	5023285	82.3
Bt-15	7401481	5023922	82.1
Bt-16	7401104	5024911	82.5
Bt-17	7400915	5025548	81.5
Bt-18	7400552	5026562	81.7
Bt-19	7400097	5027785	82.8
Bt-20	7399592	5028966	82.2
Bt-21	7399209	5029858	81.8
Bt-22	7398913	5030521	82.7
Bt-23	7398234	5032094	81.9
Bt-24	7397820	5033114	82.5
Bt-25	7397517	5033777	81.1
Bt-26	7397060	5034819	82.1
Bt-27	7396288	5037062	82.9
Bt-28	7395856	5038536	82.2
Bt-29	7395573	5039518	82.3
Bt-30	7395293	5040469	82.0
Bt-31	7395102	5041134	81.8
Bt-32	7394758	5042310	82.1
Bt-34	7394257	5043917	81.9
Bt-35	7393976	5044779	82.2
Bt-36	7393687	5045554	82.4

4.2.5 Извођење опита стандардне динамичке пенетрације - SPT

Опити стандардне пенетрације урађени су у истражним бушотинама – два опита по бушотини. Изведено је укупно 50 опита стандардне пенетрације.

SPT N вредности су послужиле за класификацију тла, одређивање релативне збијености, консистенције, као и за допуну добијених лабораторијских вредности отпорно деформабилних својстава.

Опити су изведени утискивањем конуса (шиљка), дужине 30.50 cm, на дну бушотине, који се побија тегом тежине 0.63 kN који слободно пада са висине 76.3 cm. Пре опита стандардне пенетрације извршено је чишћење бушотине, тако да се конус ослањао на самоникло тло. Током опита броје се ударци маља потребни за утискивање конуса за три интервала од по 15 cm, при чему се коначан број удараца (N) добија сабирањем последња два интервала (30 cm). Број удараца током првих 15 cm пенетрације се одбацује због тога што је тло поремећено током бушења.

Резултати изведених SPT опита приказани су на профилима бушотина, а коментарисани су у оквиру поглавља о геотехничким својствима.

4.2.6 Лабораторијска геомеханичка испитивања,

У циљу одређивања физичко-механичких и отпорно деформабилних својстава издвојених геотехничких средина, на одабраним узорцима тла из истражних бушотина, извршена су одговарајућа лабораторијска геомеханичка испитивања. Сви опити су урађени према важећим СРПС стандардима у геомеханичкој лабораторији Геомеханика д.о.о, Београд.

Лабораторијска испитивања су подељена за на узорке из истражних раскопа и јама и на узорке из истражних бушотина.

За узорке из бушотина укупно је одабрано 44 узорака на којима су одређени следећи опити:

Одређивање идентификационо-класификационх параметара:

влажност тла	SRPS U. B1. 012	44 опита
запреминска тежине тла	SRPS U. B1. 013	31 опита
гранулометријски састав	SRPS U. B1. 018	44 опита
конзистенција тла	SRPS U. B1. 020	33 опита

Одређивање параметара деформабилности и чврстоће смицања тла

стишљивост и консолидација у едометру	SRPS U. B1. 032	23 опита
отпорност тла опитом директног смицања	SRPS U. B1. 028	23 опита

Из истражних раскопа и јама узето је 36 „великих узорака“ ради идентификационо – класификационих и опита „Проктора“ и CBR-а.

Одређивање идентификационо-класификационх параметара:

влажност тла	SRPS U. B1. 012	36 опита
гранулометријски састав	SRPS U. B1. 018	36 опита
конзистенција тла	SRPS U. B1. 020	34 опита
одређивање односа влажности и суве запреминске масе	SRPS U. B1. 038	36 опита
лабораторијско одређивање калифорнијског индекса носивости - CBR	SRPS U. B1. 042	36 опита

Резултати лабораторијских испитивања узорака приказани су у документационој књизи *E01/1-2.2 Геотехнички елаборат - документациона књига за трасу, деоница: Руменка - Врбас.*

5 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ИСПИТИВАЊА

5.1 Геоморфолошка својства

У зони коридора железничке пруге који је предмет ове деонице (Руменка - Врбас), издвајају се следеће геоморфолошке целине посматрано у правцу раста стационаже:

- алувијална раван Дунава,
- јужно бачка лесна тераса – варошка тераса

Алувијална раван Дунава

Алувијална раван Дунава од Сремских Карловаца до Новог Сада је са апсолутним котама 73-76 mnm. Она је местимично плављена и са високим нивоима подземне воде, местимично захваћена мелиорационим системом одбрамбених насипа и канала. У оквиру ове целине има остатака рукаваца и меандара Дунава. У зони Петроварадина морфолошки се издваја друга дунавска (лесна) тераса са просечном висином 86 mnm и добро израженим високим одсеком, и на левој обали Дунава (у широј зони Руменке) прва алувијална тераса (позната као Јужна бачка лесна тераса или "Варошка тераса") са висином од око 80 mnm.

Јужно бачка лесна тераса - варошка тераса

Јужно бачка лесна тераса има просечну апсолутну висину између 82-85 mnm. Простире се северно од Новог Сада до Врбаса (Великог канала). Поред природних токова, терен пресеца велики број канала од којих су најзначајнији: Мали канал, канал Јегричка, и Велики канал. Дренажна мрежа углавном припада сливу Тисе, једино Мали канал припада сливу Дунава.

Генерално посматрано зона коридора железничке пруге највећим делом је део терена који припада лесној површи (лес односно копнени лес, затим пакет леса и лесоида и еолски пескови Суботичко-хоргошке пешчаре), заједно са тереном изграђеним од еолско-флувијалних седимента (лесоидни седименти).

Такође велики део припада терену који представља алувијалне равни реке Дунав.

5.2 Геолошка грађа терена

Геолошка грађа подручја истражног простора предметне деонице анализирана је на основу података из тумача који прате одговарајуће листове Основне геолошке карте СФРЈ 1:100 000. листови Нови Сад (L 34 - 100) и Србобран (L 34 - 88).

Графички приказ - детаљ основне геолошке грађе терена за потребе израде овог Елабората дат је на слици 5.2.1 - геолошка карта терена.

На истражном простору пруге непосредну површину терена изграђују седименти квартара и подређено седименти ногена – панонски басен. Подлогу панонског басена чине палеозојске стене.

Опис геолошких јединица од старијих ка млађим дат је даље у тексту:

Палеозоик (Pz)

О регионалној геологији подлоге панонског басена највише података сакупљено је сеизмичким радовима за проспекцију нафте и нафтним бушотинама. На листовима ОГК Србобран, Бачка Топола и Суботица, подлогу неогена панонског басена граде претежно палеозојске метаморфисане стене, на дубини од 800 m до преко 2000 m. Само у подручју хорста регистровани су мезозојски кречњаци и појаве жичних стена.

Неоген (Ng)

Наслаге неогеног басена представљене су седиментима горњег миоцена (M_3) односно маринским седиментима сармата и маринско-језерским седиментима панона.

Басенски седименти неогена, претстављени су наслагама невезаних, пластичних и квазипластичних стена дебљине веће од 2000 m.

Квартар (Q)

Седименте квартара чине наслаге плеистоцена и холоцена.

Квартарни седименти плеистоцена (Q_1) претстављени су полицикличним речним и речно барским седиментима, дебљине преко стотину метара.

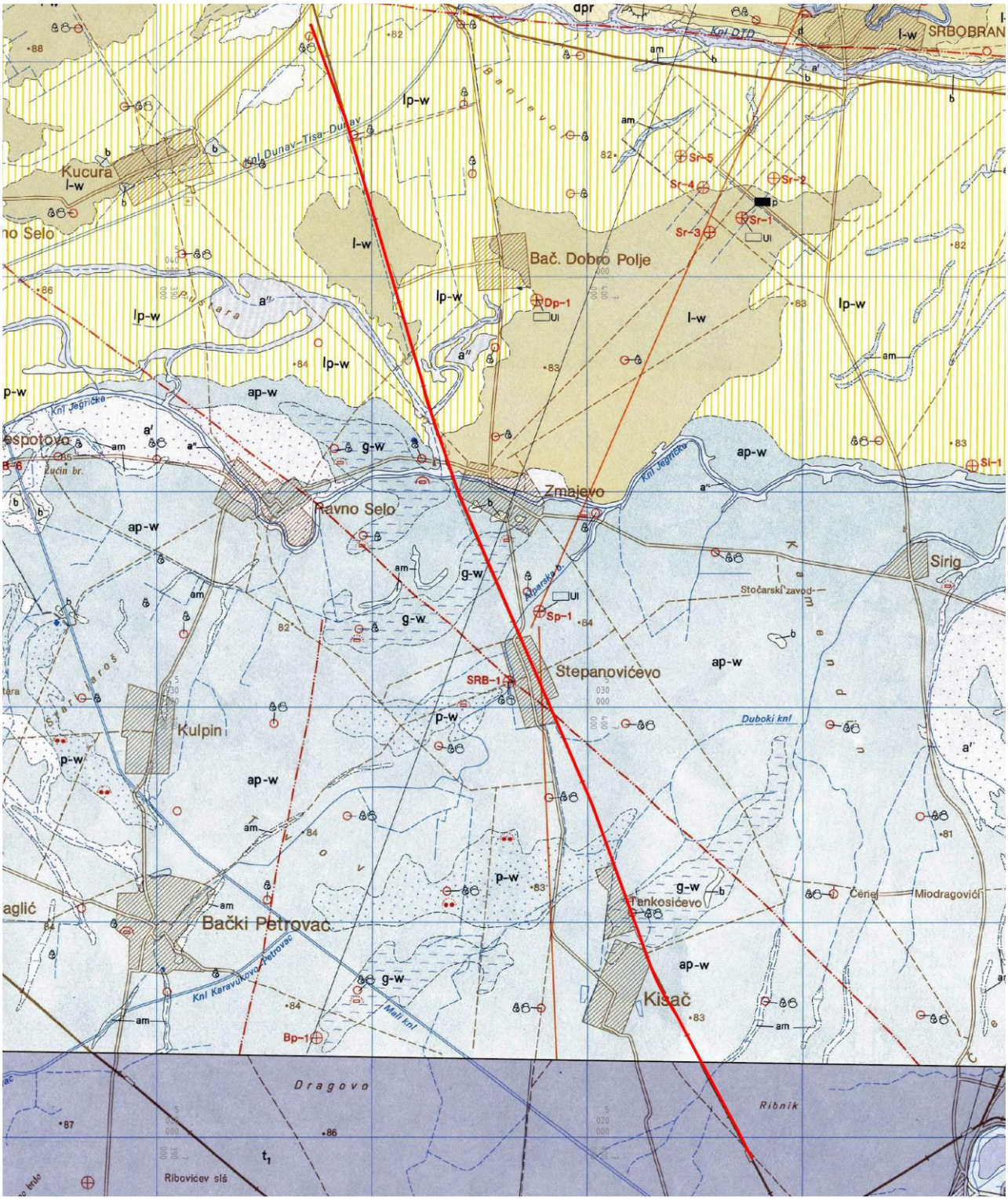
Од значаја за геотехничке услове изградње железничке пруге, је комплекс алувијалних глиновито - песковитих прашина и пескова поводањске и фације речног корита - на стратиграфском стубу ови седименти позиционирани су интерглацијалом Riss-Würm у ком периоду се одвијао интензиван принос и таложење ових седимената. Ови седименти заступљени су у зони трасе од Новог Сада до Змајева.

Лесоидни седименти распрострањени су на другој дунавској тераси северно од Јегричке. Јављају се у морфолошки нижим деловима терена и синхрони су са копненим лесом са којим су у постепеној бочној смени. То су жуто-сиви еолско-флувијални седименти променљивог састава који представљају мешавину седимената поводањске фације и еолске прашине. Седименти лесоида заступљени су у зони трасе од Змајева до Врбаса.

Укупна дебљина седимената последња два глацијала, Riss-Würm износи 50 – 100 м.

Квартарни седименти холоцена (Q_2) представљени су алувијалним, пролувијалним, делувијалним и делувијално-пролувијалним седиментима. Алувијални седименти појављују се као нерашчлањени алувијални наноси и као рашчлањени материјали фације корита и мртваја (старача). Присутни су и барски и седименти слатина и мртваја.

Иначе, у оквиру урбаних подручја насељених места изведено је вишеструко насипање различитим материјалима за објекте становања, инфраструктуре као и објекте обалоутврде.



Слика 5-1: Детаљ геолошке карте ширег истражног подручја (ОГК Лист Нови Сад и лист Србобран)

ЛЕГЕНДА: t_1 – прва речна тераса, a" – алувијум, pd – слатине, ap-w – поводањска фација, g-w – флувијалне глине, p-w – флувијални пескови, lp-w – лесоидни седименти, l-w – копнени лес

5.3 Хидрогеолошка својства терена

Хидрографско обележје ширег истражног простора даје природни површински ток реке Дунава, и његових притока. Сви површински водотоци имају типске одлике равничарских река: мали подужни пад тока, без веће дубинске (вертикалне) ерозије са меандрирањем (рукавци, мртваје).

Према гранулометријском саставу литолошки чланови који изграђују повлатне и приобалне делове алувијона - алевритски пескови и претежно глиновити и песковити алеврити представљају хидрогеолошке колекторе са релативно малом водопропусношћу у којима се формирају повремене издани ("лебдеће") интергрануларног типа. У оваквим срединама издани су формиране на малој дубини од површине терена (у алувијону Дунава на дубини до 3 m, а код Палићког језера и плиће, до дубине 0.5-1 m).

Глиновито прашинаст материјал не пружа услове за формирање "праве" издани као што је то у водопропуснијим материјалима корита (шљунковима и песковима), већ се ради о води која је "заробљена" у финијим интергрануларним порозитетима (коефицјент филтрације материјала је реда величине $k_f=10^{-6}$ cm/s) и прслинама. Материјали са повећаним учешћем глиновите компоненте (преко 20%) представљају релативне хидрогеолошке изолаторе са субкапиларном порозношћу испод којих често, у песковитим прослојцима, долази до формирања издани са субартерским притиском на малим дубинама (5-10 m). Уколико се у близини налазе природне или вештачке депресије (позајмишта) долази до пражњења и формирања издани са слободним нивоом подземне воде.

У терасним седиментима (шљунак, песак и алеврит) сложене интергануларне порозности, формирају се у дубљим зонама (већим од 5 m) издани веће издашности збијеног типа.

Код еолско-флувијалних седимената - лесоидних седимената који су представљени мешавином материјала поводањске фације и еолске прашине (тј. глиновито-песковити алеврити) водопропусност је слабија. У оваквим материјалима формирају се повремене издани мале издашности на малој дубини од површине терена. Природа материјала (значајно присуство глиновито-прашинасте фракције) као и хидрогеолошки услови који владају у терену су такви да не пружају услове за формирање "праве" издани, већ се ради о води која је "заробљена" у финијим интергрануларним порозитетима.

Код лесоида (измењени лес) порозност је смањена на капиларну до субкапиларну, те је средина слабије водопропусна. У њима се такође локално формирају мање издани слабије издашности (у творевинама грубљег зрна када су наталожене преко непропусне подлоге). Код елоских пескова преовлађује капиларна порозност и код њих се у дубљим зонама формира издан са знатном количином воде.

У рецентним алувијалним песковито-алевритским и глиновитим седиментима (тј. у најмлађим седиментима фације поводња и старача односно мртваја, који се и данас стварају) долази до формирања плитке издани већ на дубинама до 1 m. Издани су интергрануларног типа са слободним нивоом. У периодима великог прилива површинских вода, ниво воде у терену се подиже до или изнад површине терена услед слабопропусне подине, што доводи до стварања забарења, а у екстремним условима и плављења терена. То се односи и на делове терена издвојене као слатина и рецентне баре као и делове представљене барским седиментима, али и на поједине области које припадају алевритским (прашинастим) и алевритско-песковитим (прашинасто-песковитим) деловима најмлађих алувијалних наноса.

Даље у тексту је дат приказ нивоа подземних вода и коефицијента водопропусности по траси.

Од почетка деонице (Нови Сад) до станице Врбас ниво подземне воде утврђен је на коти 82,5 односно на дубини од 1-3 m, у локалним депресијама и зони пропуста, на дубини <1 m или је терен забарен. Релативно висок ниво подземне воде у терену, представља основно геотехничко ограничење у оквиру ове деонице. На овој деоници траса наилази на више водених препрека – Канал Јегричке и Мали канал у Врбасу.

Полициклични карактер заступљених седимената условљава значајне разлике у погледу пропустљивости тла:

- алеврити (Нови Сад - Врбас) коефицијент пропустљивости k је реда величине 10^{-6} cm/s;

Воде у оквиру алувијона су углавном хидрокарбонатне класе, калцијумске групе. У зонама замочварених, муљевитих и тресетних зона (подручје Суботичке пешчаре) могу бити и сулфатне класе, калцијум-магнезијске групе, па могу бити агресивне на бетон и друге грађевинске материјале.

У терцијарним седиментима обзиром на хетерогеност и прослојавање песковитих водоносних хоризоната са изолаторским прашинасто-глиновитим зонама, формирају се издани под притиском субартеског и артеског карактера. На дубинама од неколико стотина метара, заступљене су јако минерализоване термалне воде.

5.4 Геотехничка својства терена и трупа пруге

У оквиру овог поглавља посебно ће бити приказане геотехничке јединице терена као рецентно тло за новопројектовану трасу пруге, а посебно геотехничке јединице у оквиру трупа пруге.

5.4.1 Геотехничка својства издвојених јединица терена за новопројектовану трасу

Својства издвојених геотехничких јединица у склопу природне конструкције терена, анализирана су и приказана на основу свих извршених истраживања и испитивања.

За деоницу Руменка - Врбас издвојене су следеће геотехничке јединице:

Рецентно тло

- Насут материјал - n
- Рефулисани песак - n^{p}
- Хумус - h

Алувијални седименти Плеистоцена - Wirm

- Прашина глиновита - Q_1al^{pr}
- Глина прашинаста - Q_1al^{gl}
- Песак прашинаст - $Q_1al^{p,pr}$

Еолско-алувијални седименти Плеистоцена - Wirm

- Прашина глиновита - Q_1lp^{pr}
- Глина прашинаста - Q_1lp^{gl}

Алувијални седименти Плеистоцена – Riss

- Прашина - $Q_1al^{pr,m}$
- Песак - Q_1al^{p}

Рецентно тло одликује се типично хетерогеним и анизотропним својствима у погледу састава материјала и његове збијености. Распрострањено је у површинским деловима терена.

Насут материјал - n

У саставу насутог и прерађеног тла утврђене су глине, прашине и органско тло, уобичајно измешано са туцаником, шутом, шљаком и различитим отпадом. Овај материјал утврђен је на локацијама насипа, насељених места и објеката инфраструктуре. Због свог хетерогеног састава овај материјал је неповољних геотехничких карактеристика, осим у случају зона где је насип од хомоген и изграђен од једнолочног материјала.

Насути материјал у саставу трупа постојеће пруге биће детаљно описан у следећем поглављу.

Према USCS припада GW-SP групи. Према ГН-200 припада I-II категорији.

Рефулисани песак – n^p

Заступљен у зони ранжирне станице Нови Сад и северне градске зоне Суботице. У саставу ове јединице утврђен је средњезрн до ситнозрн песак средње до добро збијен. Овај материјал је повољних геотехничких карактеристика.

Према USCS припада ML-SM групи. Према ГН-200 припада I категорији.

Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Запреминска маса	γ	16,0-18,0	kN/m^3
Сува запреминска маса	γ_d	14,0-15,0	kN/m^3
Влага	w	11,8-12,8	%
Граница течења	W_l	/	%
Индекс пластичности	Ip	/	
Кохезија	c’	/	(kPa)
Угао унутрашњег трења	φ	15-35	(^{0})
Едометарски модул стишљивости M_s (kPa)	5000-25000		
Прокторов опит	γ_{dmax}	17,0	kN/m^3
	w_{opt}	10,0	%
Калифорнијски индекс носивости	CBR	7,0-10,0	%

Хумус – h

Хумусни покривач представља слој растреситог земљишта чија је дебљина у зони истражних радова од 0,3 до 1,0 m. Тло је меког конзистентног стања, тамномрке боје, махом равномерно диспергованих органских материја у тлу. Само местимчно се запажа појава органског детритуса у виду неразграђених остатака. Неповољних физичко-механичких карактеристика, изразито деформабилан и безводан. Хумусно тло је непогодно као подтло за изградњу објекта.

Физичко-механичке карактеристике нису испитиване, јер је препорука да се пре изградње овај литолошки слој уклони.

Према USCS припада OH групи. Према ГН-200 припада I категорији.

Алувијални седименти Плеистоцена – Wirm седименти последњег интерглацијала, представљени су серијом полицикличних алувијалних наноса – фације поводња и фације корита. Утврђени су у укупној дебљини од 3 - 12 метара у зони варошке терасе, делу трасе од Новог Сада до Змајева.

Прашина глиновита – Q_1al^{pr}

Ова геотехничка јединица представљена је прашинама, до глиновитим прашинама, полутврде до меке консистенције, средње је до нископластична, светло смеђе боје и чини површинске делове терена. У терену је засићена водом и неповољних је до средње повољних геотехничких карактеристика.

Према USCS припада CL-ML групи. Према ГН-200 припада I-II категорији.

Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Запреминска маса	γ	19,1-21,4		kN/m^3
Сува запреминска маса	γ_d	15,5-18,2		kN/m^3
Влага	w	11,0-27,1		%
Граница течења	W_l	29,1-54,2		%
Индекс пластичности	Ip	6,2-26,1		
Кохезија	c’	12-24		(kPa)
Угао унутрашњег трења	φ	19-21		(^{0})
Едометарски модул стишљивости M_s	0-50 kPa	50-100 kPa	100-200 kPa	200-400 kPa
	1000-10000	2300-12400	4400-17700	7500-20000

Глина прашинаста – Q_1al^{gl}

Ова геотехничка јединица представљена је глинама, до прашинасто песковитим глинама, полутврде консистенције, средње је до нископластична, светло смеђе боје и у подини је геотехничкој јединици Q_1al^{pr}. У терену је засићена водом и неповољних је до средње повољних геотехничких карактеристика.

Према USCS припада CL-CH групи. Према ГН-200 припада I-II категорији.

Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Запреминска маса	γ	19,9-21,7		kN/m^3
Сува запреминска маса	γ_d	15,6-17,6		kN/m^3
Влага	w	23,4-28,6		%
Граница течења	W_l	36,2-57,2		%
Индекс пластичности	Ip	12,8-28,6		
Кохезија	c’	9-21		(kPa)
Угао унутрашњег трења	φ	18-21		(^{0})
Едометарски модул стишљивости M_s	0-50 kPa	50-100 kPa	100-200 kPa	200-400 kPa
	1000-3000	2700-5000	4200-7000	7000-12000

Песак прашинаст – $Q_1al^{p,pr}$

Ова геотехничка јединица представљена је прашинастим до заглињеним песковима, полутврде консистенције, нископластична, светло смеђе боје и у подини је геотехничкој јединици Q_1al^{gl}. Песак је средњезрн, средње до добро збијен. У терену је засићена водом и повољних је геотехничких карактеристика.

Према USCS припада SM-CL групи. Према ГН-200 припада I-II категорији.

Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Запреминска маса	γ	19,7-20,6		kN/m^3
Сува запреминска маса	γ_d	15,9-16,5		kN/m^3
Влага	w	16,5-38,2		%
Граница течења	W_l	29,2-55-6		%
Индекс пластичности	Ip	5,3-23,7		
Кохезија	c'	8-24		(kPa)
Угао унутрашњег трења	φ	18-25		(^{0})
Едометарски модул стишљивости M_s	0-50 kPa	50-100 kPa	100-200 kPa	200-400 kPa
	1200-4500	3300-5300	6400-8500	9600-13300

Еолско-алувијални седименти Плеистоцена – Wirm лесоидни седименти распрострањени су на варошкој тераси северно од Јегричке. То су жуто-сиви еолско-флувијални седименти променљивог састава који представљају мешавину седимената поводањске фације и еолске прашине. Седименти лесоида заступљени су у зони трасе од Змајева до Врбаса.

Прашина глиновита – Q_1lp^{pr}

Ова геотехничка јединица представљена је прашинама, до глиновитим прашинама, полутврде до меке консистенције, средње је до нископластична, светло смеђе боје и чини површинске делове терена. У терену је засићена водом и неповољних је до средње повољних геотехничких карактеристика.

Према USCS припада CL-ML групи. Према ГН-200 припада I-II категорији.

Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Запреминска маса	γ	16,0-21,1		kN/m^3
Сува запреминска маса	γ_d	14,5-17,5		kN/m^3
Влага	w	9,2-28,1		%
Граница течења	W_l	30,1-45,8		%
Индекс пластичности	Ip	9,2-21,2		
Кохезија	c'	10-23		(kPa)
Угао унутрашњег трења	φ	19-21		(^{0})
Едометарски модул стишљивости M_s	0-50 kPa	50-100 kPa	100-200 kPa	200-400 kPa
	1200-9000	2700-13000	4300-15000	6500-17200

Глина прашинаста – Q_1lp^{gl}

Ова геотехничка јединица представљена је глинама, до прашинасто песковитим глинама, полутврде консистенције, средње је до нископластична, светло смеђе боје и у подини је геотехничкој јединици Q_1al^{pr}. У терену је засићена водом и неповољних је до средње повољних геотехничких карактеристика.

Према USCS припада CL-CH групи. Према ГН-200 припада I-II категорији.

Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Запреминска маса	γ	19,7-21,5		kN/m^3
Сува запреминска маса	γ_d	15,6-17,6		kN/m^3
Влага	w	18,1-26,5		%
Граница течења	W_l	31,3-38,6		%
Индекс пластичности	Ip	8,8-14,9		
Кохезија	c'	10-20		(kPa)
Угао унутрашњег трења	φ	18-21		(^{0})
Едометарски модул стишљивости M_s	0-50 kPa	50-100 kPa	100-200 kPa	200-400 kPa
	1600-3400	3400-6100	4300-9700	8600-16000

Алувијални седименти Плеистоцена – Riss седименти предпоследњег интерглацијала, представљени су серијом полицикличних алувијално-барских наноса. Утврђени су као подина алувијалним и еолско алувијалним седиментима, дуж целе трасе.

Прашина – $Q_1al^{pr,m}$

Ова геотехничка јединица представљена је заглињеним прашинама локално са примесама оргаских материја и песка, смеђесиве боје, течљиве и полутврде консистенције, ниске пластичности. Прашине се одликују променама у саставу материјала уз присутво органских примеса, слабом збијеношћу, ограниченом недренираном чврстоћом и великом стишљивошћу. Неповољних је геотехничких карактеристика.

Према USCS припада CH-ML групи. Према ГН-200 припада I категорији.

Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Запреминска маса	γ	18,1-21,9		kN/m^3
Сува запреминска маса	γ_d	13,6-18,4		kN/m^3
Влага	w	14,8-30,3		%
Граница течења	W_l	30,1-56,9		%
Индекс пластичности	Ip	6,8-27,3		
Кохезија	c’	15-17		(kPa)
Угао унутрашњег трења	φ	18-19		(^{0})
Едометарски модул стишљивости M_s	0-50 kPa	50-100 kPa	100-200 kPa	200-400 kPa
	1000-2000	1200-3500	3000-5000	5000-15000

Песак – Q_1al^p

Ова геотехничка јединица представљена је једноличним, ситнозрним песком сиве боје, добре збијености. Ове геотехничке средине појављују се на коти 70-75 до Врбаса, код Ловћенца и Бачке Тополе, на коти 80-85 и у подручју Суботице и пешчаре, на коти 90-100. Релативно постојан састав и добра збијеност, чини их средином повољних геотехничких карактеристика.

Према USCS припада SM-SW групи. Према ГН-200 припада I категорији.

Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Запреминска маса	γ	18,0-21,0	kN/m^3
Сува запреминска маса	γ_d	14,0-16,0	kN/m^3
Влага	w	14-24	%
Граница течења	W_l	/	%
Индекс пластичности	Ip	/	
Кохезија	c’	0-3	(kPa)
Угао унутрашњег трења	φ	20-35	(^{0})
Едометарски модул стишљивости M_s (kPa)	10000-45000		

5.4.2 Геотехничка својства издвојених јединица у оквиру трупа постојеће пруге

У оквиру постојеће конструкције трупа пруге издвојени су горњи и доњи строј пруге.

Горњи строј пруге обухвата колосеке (колосечни прибор) и туцанички застор. Доњи строј пруге обухвата заштитни - прелазни слој (тампон) и планум (насип или подтло).

Картирањем истражних раскопа констатовано је да је горњи строј, туцанички застор, изграђен од кречњачког и делом еруптивног материјала. Шине прагови и колосечни прибор, углавном су лошем, ређе добром стању.

Издвојене су следеће геотехничке јединице у оквиру трупа постојеће пруге:

Туцанички застор

- Туцаник чист – C_1
- Туцаник запрљан – C_2

Тампон – заштитни слој

- Шљунак чист – G_1
- Шљунак запрљан – G_2

Прелазни слој

- Песак чист средњезрн – S_1
- Песак прашинаст средњезрн – S_2
- Песак средњезрн запрљан глиновитом фракцијом – S_3
- Дробљени камен – блокови – S_4
- Индустријска шљака – S_5

Насип или подтло

- Глина прашинаста – P_1
- Прашина песковита – P_2
- Песак прашинаст – P_3

Туцанички застор, извођењем истражних раскопа и њиховим картирањем констатовано је да се засторна призма састоји од две врсте туцаника - чист туцаник C_1 и прљав туцаник C_2.

Туцаник чист – C_1

Засторна призма од чистог туцаника издвојена је на скоро читавој деоници. Чиста туцаничка призма је од кречњака. Мерено од горење ивице шина (ГИШ), дебљина чистог туцаника је просечно 0,5m. У току коришћења пруге, поред повремене замене колосечног прибора, највише се радило на замени – репарацији туцаничког застора „решетања“.

Туцаник запрљан – C_2

На већем броју истражних раскопа, односно на великом делу предметне деонице испод чистог туцаника налази се запрљан туцаник. Његова запрљаност је настала услед дуготрајног одвијања саобраћаја и мрвљења туцаника испод прагова и на тај начин долази до запрљаности дела туцаничке призме, као и инфилтрацијом ситнијих честица из подинских слојева трупа.

Тампон – заштитни слој песковити шљунак, непосредно испод туцаничке призме констатован је у скоро свим истражним раскопима. Слабо је песковит, ретко прашинаст, уједначене гранулације, добро збијен, светло смеђе до смеђе сиве боје. Веома је променљиве дебљине, од 10-40cm. углавном се појављује као запрљан шљунак G_2, ретко као чист G_1.

Шљунак чист – G_1

Ретко се појављује као чист шљунак, и као такав мале је дебљине. За овај ниво пројектне документације нису констатоване зоне у којима се може издвојити континуална заступљеност овог материјала.

Шљунак запрљан – G_2

Запрљни шљунак је доминантни слој у оквиру тампона-заштитног слоја. Запрљан је глиновитом фракцијом – инфилтрацијом финозрног материјала из подинских слојева. Овај материјал не задовољава критеријуме за уградњу у заштитни слој, јер садржи доста фине фракције, али се може користити у плануму тла и за завршне слојеве насипа.

Тампонски – заштитни слој је неуједначене дебљине, и неуједначених физичко – механичких карактеристика дуж постојеће трасе пруге па га је у склопу реконструкције потребно уклонити.

Задржавање овог слоја на појединим деловима могуће је уз додатна испитивања и анализу у склопу следећих нивоа пројектовања.

Прелазни слој песковити материјал, повремено шљунковит, ситнозрн, уједначене гранулације, средње до добро збијен сиве до светло смеђе боје, дебљине 5 – 15cm. Овај слој није константан дуж трасе пруге. Често је помешан са горњим слојевима туцаника или запрљаног шљунка, као и са доњим слојевима кохерентних прашинасто – глиновитих материјала.

У оквиру овог слоја издвојени су следећи песковити материјали:

Песак чист средњезрн – S_1 – материјал који се јасно уочава испод тампонског слоја, добро збијен, повољних физичко-механичких карактеристика.

Песак прашинаст средњезрн – S_2 – материјал који је доминантан уз S_1 у оквиру прелазног слоја, помешан са прашинастом фракцијом и јасно се уочава испод тампонског слоја, добро збијен, повољних до средње повољних физичко-механичких карактеристика.

Песак средњезрн запрљан глиновитом фракцијом – S_3 – материјал који је, помешан са прашинасто – глиновитом фракцијом, влажан неповољних физичко-механичких карактеристика. Доста је помешан и са горњим тампонским слојевима и није јасно уочљив.

Дробљени камен – блокови – S_4, овај материјал констатован је у једном раскопу, блокови су dm димензија, вероватно као замена материјала слабо носивог подтла.

Индустријска шљака – S_5 јавља се најчешће измешана са другом јединицом (као што су стари туцаник, шљунак...) или као посебан тањи слој. Примећена је у станици Бачка Топола, могуће је да је присутна и на осталим станичним платоима дуж трасе.

Прелазни слој је неуједначене дебљине, и неуједначених физичко – механичких карактеристика дуж постојеће трасе пруге па га је у склопу реконструкције потребно уклонити.

Задржавање овог слоја на појединим деловима могуће је уз додатна испитивања и анализу у склопу следећих нивоа пројектовања.

Насип или подтло, материјали који су уграђивани у насип пруге или чине подтло, компаративни су са инжењерскогеолошким карактеристикама терена. Насипи су најчешће изграђени од локалног материјала добијеног из позајмишта дуж трасе у зони трупа пруге.

Геотехничке карактеристике ових материјала су приказани у претходном поглављу а представљене су као:

Глине прашинасте – P_1

Ова геотехничка јединица заступљена је у трупу пруге дуж трасе од Новог Сада до Врбаса, припада геотехничким јединицама Q_1al^{pr}, Q_1lp^{pr}. Ова геотехничка јединица представљена је прашинама, до глиновитим прашинама, полутврде до меке консистенције, средње је до нископластична, светло смеђе до мрке боје и чини површинске делове терена. Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Влага	w	6,2 – 32,3	%
Граница течења	w_l	30,2 – 42,2	%
Индекс пластичности	I_p	19,2 – 27,3	%
Глина		3,3 – 17,3	%
Прашина		68,2 – 89,7	%
Песак		3,0 – 28,2	%
Водопропусност	Hazen	10^{-7} – 10^{-4}	cm/s
	USBR	10^{-6} – 10^{-4}	cm/s
Прокторов опит	w_{opt}	15,3 – 28,8	%
	$\gamma_{d\ max}$	14,6 – 17,3	kN/m^3
Калифорнијски индекс носивости	CBR	1,8 – 4,7	%

Песак прашинаст – P_3

Ова геотехничка јединица заступљена је у трупу пруге дуж трасе у градској зони Новог Сада и Суботице, као и у зони суботичке пешчаре. Ова геотехничка јединица представљена је еолским и насутим прашинастим, средњезрним до финозрним песковима смеђе до сиве боје. Песак је средње до добро збијен а са дубином му расте присуство прашинасте фракције. Повољних је геотехничких карактеристика. Вредности физичко механичких параметара су следећи:

Влага	w	4,3 – 10,2	%
Граница течења	w_l	/	%
Индекс пластичности	I_p	/	%
Глина		/	%
Прашина		0 – 5,4	%
Песак		91,0 – 99,8	%
Водопропусност	Hazen	10^{-3}	cm/s
	USBR	10^{-3} – 10^{-2}	cm/s
Прокторов опит	w_{opt}	6,8 – 14,6	%
	$\gamma_{d\ max}$	16,7 – 18,1	kN/m^3
Калифорнијски индекс носивости	CBR	8,9 – 18,2	%

5.5 Савремени геолошки процеси и појаве

У самој зони железничког коридора присутни су следећи облици савремених геолошких процеса и појава:

Површинско физичко-хемијско распадање изражено је у структурно разореном и расквашеном лесу (услед лаких и брзих физичко-хемијских процеса лес је готово увек прекривен распаднутом зоном тј. зоном деградираног - измењеног леса).

До распадања долази под дејством физичко-хемијских утицаја површинских и подземних вода, колебања температуре, утицаја мраза, утицаја корења биљака и др. Интензитет промена стенских маса зависи од њиховог литолошког састава и интензитета спољних утицаја, а генерално интензитет процеса опада са дубином.

У оквиру коре распадања основна стенска маса је измењена и ослабљена, прслинско - пукотинске порозности и смањених отпорно-деформабилних својства. Значај познавања распростирања и дебљине коре распадања је од утицаја на вршење ископа, одржавање стабилности косина и за услове фундирања објеката.

Процес планарног спирања је спор и дуготрајан процес који се огледа у транспорту најситнијег распаднутог материјала атмосферским водама (воде дифузног карактера). Као резултат деловања овог процеса на падинским деловима терена створен је делувијални покривач. Генерално, знатне дебљине је у теренима изграђеним од плиоценског материјала песковито-прашинасто-глиновитог састава (дебљина делувијалног покривача је од 3-5 m), док је тањи у теренима изграђеним од миоценског материјала (дебљина делувијалног покривача је < 3 m).

Појава ликвефакције везана је за хоризонтално услојена тла изграђена од водозасићених и растреситих ситнозрних и прашинастих пескова (Ip<5) који су присутни у алувијалном наносу Дунава. Анализа сеизмичке активности показује да у извесним већим временским интервалима сеизмичка побуда (ниво убрзања и трајање потреса) може бити довољна за прелазак пескова у течно стање. Снажни земљотрес, чија је магнитуда већа од 6^0 (шест степени) MCS скале, обезбеђује довољан број цикличних оптерћења (Nc>10) за иницирање ликвефакције.

Појаве велике деформабилности (стишљивости) тла везане су за нискоравничарске терене (најнижи делови алувијалних равни испуњене седиментима бара (b) и мочвара (старача) (am). Ове појаве условљене су како седиментационим условима односно таложењем муљевитих седимената, тако и присуством подземних вода у терену. Последице ових појава могу бити већа и неравномерна слегања услед преоптерећења, уколико се не води рачуна о начину фундирања објеката. Ове појаве могу бити значајне и за лесоидне делувијалне седименте (делувијални нанос (dl)) и повлатне лесоидне средине речно-терасних седимената најниже речне терасе (t_1): на теменима ове терасе суглине и супескови су добили лесоидни хабитус иако генетски немају никакву везу са копненим лесом.

Провлажавањем ових материјала и преоптерећењем од објекта долази и до деформабилности тла. Појаве неуједначене стишљивости и неравномерног слегања тла, могу се јавити и у другим стенским комплексима односно врстама тла, што је последица пре свега неравномерности у литолошком саставу, па према томе и неуједначености у физичко-механичким и отпорно-деформабилним својствима (квартарни језерски пескови, прашинасти и заглињени).

5.6 Сеизмичка својства терена

На олеати сеизмолошке карте која се односи на временски интервал за повратни период од 100 година подручје просторног плана се налази **у зони 7º (седмог степена) и малим делом у зони 8º (осмог степена) MCS скале** (простор око Петроварадина и Новог Сада).

За повратни период од 500 година анализирани простор се налази у **зонии 8º (осмог степена) MCS скале.**

На олеати која се односи на повратни период земљотреса од 1000 година, подручје просторног плана се налази **у зони 8º (осмог степена)**.

Степен вероватноће догађаја интензитета који је присутан на овим олеатама износи 63%.

повратни период (године)	степен сеизмичности по MCS скали
100	7º и 8º
500	8º
1000	8º и 9º

Коришћење одговарајуће олеате сеизмолошке карте зависи од категорије објекта који се гради. Наша постојећа земљотресна регулатива односи се на објекте високоградње, а путеви и пруге представљају сложени технички систем нискоградње који у свом саставу садрже инжењерске објекте високоградње. Објекти су подељени у две групе и то "А" и "Б". Тип "А" представља инжењерске објекте - мостове, потпорне зидове, док тип "Б" представља земљани труп, горњи строј железничке пруге и пута.

На сеизмички хазард простора утичу аутохтони земљотреси (чији се епицентри налазе у непосредној близини коридора) и алохтони земљотреси (чији се епицентри налазе веома удаљени од коридора). Дефинисање потенцијалне повредљивости терена на поменути начин, представља подлогу за детаљна испитивања сеизмичког хазарда, на основу које ће се одредити потребна сеизмоотпорност конкретних објеката.

Анализа сеизмичког ризика подразумева процену штета на објекту у току његове експлоатације коју треба очекивати у условима датог интензитета. Према нацрту новог "Правилника" дефинисана су два типа земљотреса који деформишу објекат у веку његове експлоатације на следећи начин:

- Z_1 - Могућа појава земљотреса у веку експлоатације објекта, умерена оштећења која се лако могу десити и
- Z_2 - Мања вероватноћа појављивања земљотреса у току века експлоатације у односу на Z_1, а могу се десити појаве тешких оштећења објеката, али не и њихово рушење.

Према важећој законској регулативи за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима користе се сеизмолошке карте по временским периодима. **Тако се за објекте II и III категорије користи сеизмолошка карта за повратни период од 500 година. На тој карти траса железничке пруге се налази у зони 8º (осмог степена) MCS скале** (Сеизмолошка карта за повратни период од 500 година, Заједница за сеизмологију СФРЈ - Београд, 1987. год.).

Значајно је истаћи да великим делом простор, који је дефинисан овим планом, у површинском делу изграђују махом квартарне творевине представљене невезаним и везаним неокамењеним наслагама које су аквифери интергрануларне порозности, **тако да се терен може сматрати повредљивим у условима 6º, 7º и 8º (шестог, седмог и осмог сеизмичког степена) MCS скале.** То значи да су могуће пластичне деформације у оваквој врсти тла, па стога треба очекивати повећане трошкове у темељењу објеката.

6 ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ИЗГРАДЊЕ ПРУГЕ

Деоница од Руменке до Врбаса (нова станица) једним делом (до Змајева) је положена преко алувијалних седимената – комплекса глиновито-песковитих прашина и пескова поводањске и фације речног корита (Q_1al). Другим делом (од Змајева) траса је положена преко комплекса прашинастих глина – лесоида (Q_1lp).

Са становишта геоморфологије, терен је заравњен, на коти 82-83 мнв. У оквиру ове деонице садржан је већи број пропуста, денивелисаних укрштања, мостова на каналу Јегричка код Змајева и на каналау ДТД у близини Врбаса. У зони надвожњака и деловима трасе пруге насипи достижу висину од 8 м. У овој деоници предвиђена је изградња - реконструкција станица Кисач, Степановићево, Змајево и Врбас.

6.1 Преглед геотехничких услова терена

Ниво подземне воде је релативно висок, утврђен на дубини од 1 – 3 m испод површине, у депресијама и испод 1m. Релативно висок ниво подземне воде представља геотехничко ограничење у оквиру ове деонице.

У природним условима терен је стабилан. Нестабилност терена може се изазвати вештачким путем у смислу зарушавања ископа испод нивоа подземне воде или слегања изазаваних консолидацијом партија стишљивог и слабо носивог тла испод тежих објеката. Геотехничка својства слојева тла у нивоу темељног подтла, генерално су значајно варијабилна, при чему се, уопштено може рећи да се уз пораст дубине залегања слојева повећава збијеност и носивост тла.

Дебљина слоја хумифицираног тла, достиже дебљину од 1-1.5m, а слој чистог хумуса (са садржајем органске компоненте >6%) има дебљину до 0,5 m. Са обе стране пружног насипа, у зонама постојећих путних прелаза и нарочито железничких станица, депонована је значајна количина насутог и прерађеног тла, по правилу некатегорисаног земљаног материјала и отпада.

Слојеви глиновито прашинастих материјала (ознаке Q_1al и Q_1lp) са класификационим симболима CL и ML – глине и прашине ниске пластичности, заступљени су у површинским деловима терена, до дубине 5 – 7 метара од површине. За ове матерјале карактеристична су велика одступања по параметру збијености, па се на основу тога одређује њихова подобност за подтемељно тло. Приближно у околини некадашњих природних водотока, данас мелиоративних канала, у основи глиновито прашинастих материјала а на прелазу према песковима, заступљене су партије стишљивих прашина – муља (Q_2al). Слојеви средње и добро збијених прашинастих и монотоних сивих пескова (Q_1al^p) са класификационим симболима SM и SP заступљени су у подини глиновито прашинастих (Q_1al) материјала .

Испитивањем квалитета тла у нивоу постељичног слоја, утврђено је да природни глиновито-прашинасти материјали (ознаке Q_1al и Q_1lp), уз висок ниво подземне воде у терену, немају потребну носивост, тако да је на целокупној деоници потребно предвидети ојачање постељице.

Уз наведене ставке деоница се сматра као условно повољана у погледу услова пројектовања, извођења радова и трошкова градње железничке пруге.

6.2 Вредновање материјала у нивоу подлоге прелазног слоја - постељице

На основу резултата испитивања материјала у нивоу подлоге прелазног слоја - завршног слоја насипа постојеће пруге, по траси новог колосека и материјала из постојећег насипа, извршено је вредновање квалитета заступљених материјала за ову деоницу.

Дуж трасе резултати индентификационо-класификационих испитивања показали су да заступљени материјали (CL) групе испуњавају прописане критеријуме које мора испуњавати тло за уградњу подлоге прелазног слоја – постељице, међутим ограничавајући фактор је недовољна носивост.

Испитивањем лабораторијске збијености и носивости материјала, утврђена је ограничена носивост тла у односу на постављене критеријуме збијености подлоге прелазног слоја – постељице (вредности дозвољене носивости : Ev_2= 60 MN/m^2 или Sd > 100%, CBR = 15 %).

Слојеви глиновито-прашинастих материјала, могу се збити до суве запреминске тежине γ_d ≥16 kN/m^3 (прописане у путоградњи) али је носивост тла исказана преко показатеља мала (CBR = 2 - 5 %). Како се искуствено добро зна да за глиновито-прашинасти материјали, са класификационим симболима CL и ML – глине и прашине ниске пластичности, највећа носивост одговара вредности (CBR = 3 – 5 %) што је кореспондентно (Ev_2= 15 - 20 MN/m^2) види се да је носивост тла знатно мања од захтеване Техничким условима.

Ниво подземне воде у терену је релативно висок, на дубини од 1-3 m. Релативно висок ниво подземне воде у терену, стога, представља основно геотехничко ограничење у погледу услова механичке стабилизације тла CL групе, а под тим условима, из практичног искуства, познато је да се на терену тешко постиже степен збијености глина већи од Sd = 92 – 95 %.

Детаљном анализом приказаних резултата на овој деоници, утврђено је да заступљени материјали у нивоу завршног слоја насипа - постељице не испуњавају прописане услове или се њихова употреба не препоручује.

6.3 Препоруке за изградњу и реконструкцију пруге

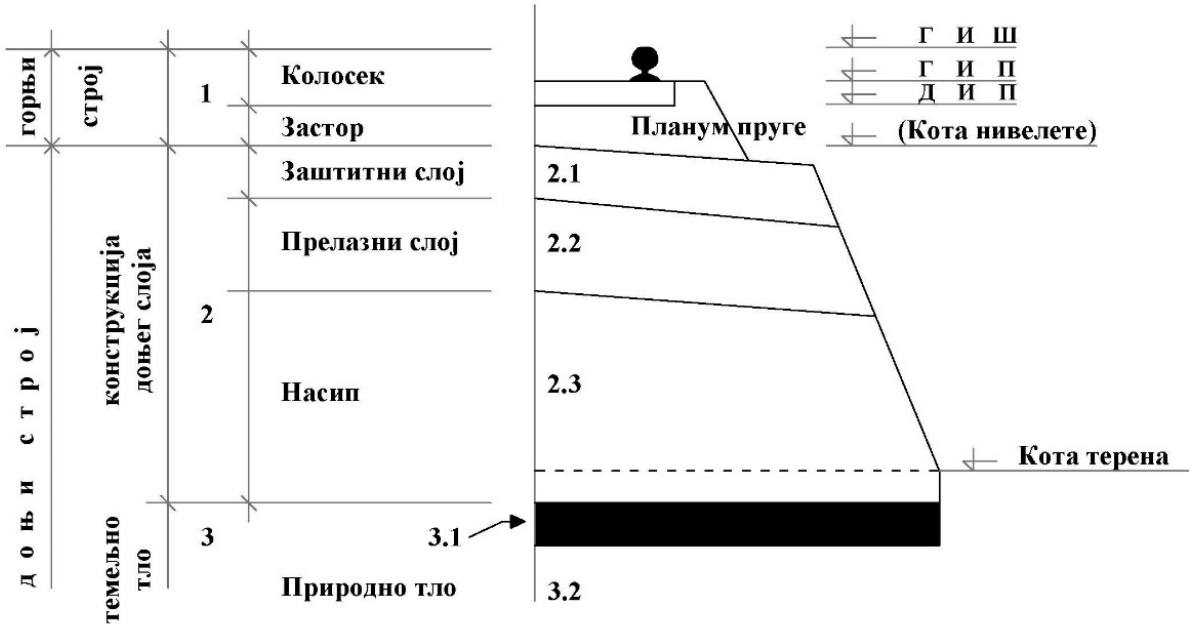
Према пројектном решењу, изградња пруге биће извршена тако што ће се траса будуће пруге на одређеним потезима налазити на новој локацији у односу на постојећу трасу пруге – због ублажавања кривина и сл. и у том случају биће изграђен нов труп двоколосечне пруге.

Са друге стране задржава се садашњи правац трасе пруге и долази до изградње дела трупа пруге због проширења тј додатка другог колосека. У овом случају ће се нови труп надоградити на постојећи.

Све препоруке за реконструкцију постојећег колосека и изградњу новог у складу су са важећим техничким нормативима у нашој земљи. У даљем тексту ће укратко бити приказани важећи прописи за одржавање доњих стројева железничких пруга из документа:

ПРАВИЛНИК О ИЗМЕНАМА И ДОПУНАМА ПРАВИЛНИКА О ТЕХНИЧКИМ УСЛОВИМА И ОДРЖАВАЊУ ДОЊЕГ СТРОЈА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ПРУГА - На основу члана 54. став 2. и члана 56. став 2. Закона о безбедности и интероперабилности железнице („Службени гласник РС”, бр. 104/13, 66/15-др. закон и 92/15).

Посебно је наглашен део који се односи на труп пруге, слика 6.3.1.



Слика 6-1: Шематски приказ конструкције трупа пруге

У табели 6.3.1. дате су вредности за испуњавање услова носивости делова трупа пруге, где је Ev_2 модул деформације, Ev_d динамички модул деформације (*Упутство 338 за контролу сабијености доњег строја железничких пруга динамичком методом уређајем са лаким падајућим тегом)*, а Dpr степен збијености – однос вредности суве запреминске тежине материјала уграђеног у слој у односу на лабораторијску вредност за одговарајући материјал.

Приликом израде и реконструкције трупа пруге потребно је у потпоност се придржавати стандарда и правилника чији је извод дат претходно.

Табела 6.3.1: Услови дозвољене носивости за доње стројеве пруге

Положај слоја	Ранг пруге/ Дубина слоја		E_{v2}	E_{vd}		D_{pr}
			[N/mm^2]	[N/mm^2]		[%]
				GU, GP, GW, GF, SP, SW	све друге врсте тла	
На нивоу планума заштитног слоја / планум пруге	Магистрална[1]		120	50		100 -103
	Регионална[1]		100	45		100
	Локална[2]		80	40		97
На нивоу планума прелазног слоја	Магистрална[1]		80	40	35	100
	Регионална[1]		60	35	30	97
	Локална[2]		45	30	25	95
На нивоу планума насипа[3]	Магистрална/регионална[1]		60	30		100
	Локална[2]		45	25		100
Слојеви насипа на дубини испод планума насипа[3]	≤ 2,0m		45	25		100
	> 2,0m		20	20		95
	У усеку		20[2]-45[1]	20[2] - 25[1]		95
Темељно тло на дубини испод планума насипа	≤ 1,0m	≤ 0,5m	45-60	25-35		98 [4]
		> 0,5 - 1,0m				95 [4]
	> 1,0 - 2,0m		20-60	20-35		92 [4]

1) колоседи отворене пруге, главни колоседи
2) локална пруга и споредни колоседи на свим пругама
3) испод прелазног слоја
4) на дубини испод нивоа планума.

6.3.1 Припрема темељног тла

Радови на припреми темељног тла - подтла трупа пруге, одвијаће се у алувијалним седименатима – комплексу глиновито-песковитих прашина и пескова поводањске фације.

Неопходно је пре изградње насипа одстранити хумусни слој (дебљине од 0,3 – 0,5m, локално и дубље). Овај слој заменити материјалом који ће се уграђивати у насип. Тачну дебљину скидања хумусног слоја, одредиће надзор на лицу места.

Након откривања, подтло је потребно испланирати и омогућити привремено и трајно одводњавање према важећим прописима. Тако припремљено подтло механизовано стабилизовати - сабити. Збијање изводити одговарајућом механизацијом.

Због могућег проблема високог нивоа подземне воде, стабилизацију подтла извести додатком креча или сл, као и размотрити могућност уградње геотекстила са заменом материјала у подтлу.

Због могућег проблема смањене носивости могуће је извршити замену тла. Замену извести од песковитог шљунка или ломљеног камена, који треба механизовано сабити. Могуће је замену материјала извршити и стабилизацијом локалног кохерентног материјала цементно-кречном мешавином како би се постигла боља носивост и смањена влага.

Потенцијална места на којима би се вршила нека врста додатног третирања подтла (замена или употреба геокомпозита) биће тачно прецизирана након додатних истраживања за следећу фазу пројекта.

Захтевани критеријуми за носивост темељног тла – насип висине преко 2m

Положај слоја	Ранг пруге/ Дубина слоја	E_{v2}	E_{vd}		D_{pr}
		[N/mm²]	[N/mm²]		[%]
			GU, GP, GW, GF, SP, SW	све друге врсте тла	
Темељно тло на дубини испод планума насипа	> 1,0 - 2,0m	20-60	20-35		92 [4]

На деловима где је нивелета таква да је пруга пројектована на нископм насипу (у нивоу терена) или усеку, темљно тло ће представљати постељицу - подлогу прелазном слоју.

У том случају услови носивости темељног тла се пооштравају до нивоа испуњености услова материјала за уградњу у постељицу - SRPS U.E8.010, и услова за дозвољену носивост - Ev_2= 60 MN/m^2 или Sd > 100%, CBR = 15 %. У случају неиспуњавања критеријума извршити мере санације тла (применом геосинтетика, заменом материјала од песковитог шљунка или ломљеног камена, као и стабилизацијом хидрауличним везивом-цемент, креч, пепео).

Захтевани критеријуми за носивост темељног тла - постељице

Положај слоја	Ранг пруге/ Дубина слоја	E_{v2}	E_{vd}		D_{pr}
		[N/mm²]	[N/mm²]		[%]
			GU, GP, GW, GF, SP, SW	све друге врсте тла	
На нивоу планума насипа[3]	Магистрална/регионална[1]	60	30		100

Обраду темељног подтла неопходно је изводити у сушном периоду.

По завршеном збијању извршити контролу збијености у складу са важећим стандардима.

6.3.2 Израда насипа

Пруга се гради у нивоу терена, ниском насипу, изузетно у насипу висине од око 3,0 – до 8,0 метара. Високи насипи су у деловима навозних рампи за објекте.

Препорука је да се високи насипи преко 4,0 m изводе у три или више фаза за једнаке висине, а да се за окончање фазе (завршетак консолидације) сматра када вредност порних притисака падне испод 1,0 kPa.

Насути материјал механизовано сабијати у слојевима дебљине до 30cm. Након извршене консолидације, то јест период од минимум 30 дана од завршетка насипања извршити планирање насипа на коначну фигуру и обраду косине.

Изградњу насипа вршити у фазама (насипање материјала и сабијање) како би се у свакој фази извршила консолидација подтла и како не би дошло да лома тла и нарушавања стабилности насипа.

Горњу ивицу насипа формирату у нагибу од 5%, ради што ефикаснијег одводњавања.

Ако је потребно проширење постојећег насипа, оно се врши степенасто. Ширина степеника износи 0,6–1,0 m, висина ≤ 0,6 m а нагиб ≤ 5%. Потребно је користити материјал што сличнији постојећем материјалу у насипу, а у складу са приказаним стандардима. На контакту старог и новог насипа обезбедити збијеност као и ону која је потребна за израду насипа.

У зони где ће пруга бити изграђена на постојећем насипу (платои станица и стајалишта), неопходно је постојећи материјал побољшати (замена материјала, стабилизација хидрауличним везивом или уградња геосинтетика) у дебљини 10-30cm у односу на пројектовану коту планума насипа (почетне коте прелазног слоја), а како би се испунио критеријум дозвољене носивости планума насипа.

Насипе треба изводити са надпрофилом, јер потпуно квалитетно збијање до ивице насипа није могуће. Извођење са надпрофилом и касније уклањање вишка материјала са косина гарантује одговарајући (пројектовани) квалитет материјала за насипање и на самој косини насипа.

На основу геостатичких прорачуна (поглавље 6.3.6), препоруке и правилника „Путева Србије“ препоручују се следећи нагиби косина (висина:дужина) за одговарајуће материјале:

За насипе до 3 m висине – нагиб 1:1,5 до 1:2

За насипе преко 3 m висине:

- Прва 3 m од коте планума нагиб 1:1,5 до 1:2
- Преко 3 m од коте планума нагиб 1:1,75 до 1:3

Косине насипа обавезно обезбедити од суфозије, спирања материјала и линијске ерозије – придржавати се стандарда SRPS U.S4.064 *Типови осигурања косина насипа, усека и ножице насипа*. Заштиту извести хумузирањем или облагањем косина геокомпозитом. Проблем суфозије је нарочито изражен код насипа израђених од некохерентних материјала (песак, шљунак) и за такве материјале облагање и зажтита косина је неопходна.

Све насипе обавезно треба обезбедити изградњом канала за одводњавање у ножицама насипа.

За насипе од кохерентног материјала, на локацијама где се очекује висок ниво подземне воде током експлоатације пруге, предвидети дренажни слој – тепих између подтла и насипа танким слојем песковитог шљунка или геокомпозитом.

Препорука је да се за израду насипа користе следећи материјали:

- за слојеве дубине > 2,0m испод планума насипа (почетне коте прелазног слоја) – локални материјал механички стабилизован,

- за слојеве дубине < 2,0m испод планума насипа (почетне коте прелазног слоја) – некохерентни материјал (песак, шљунак или дробљени аграгат) или локални кохерентни материјал стабилизован хидрауличним везивом.

За материјал који ће се користити за изградњу насипа обавезно је претходно испитивање и испуњавање следећих услова.

Материјали који се уграђују у насип морају бити у складу са стандардима SRPS U.E8.010. и SRPS U.E1.010, као и препорукама „Путева Србије“ (*Република Србија, Пројекат рехабилитације транспорта - Тенички услови за грађење путева у републици Србији, 2. Посебни технички услови, 2.2 Земљани радови*).

За невезане материјале:

- крупноћа зрна не сме бити већа од 40 cm у читавом насипу изузев завршног слоја постељице насипа где најкрупније зрно не сме бити веће од 10 cm,
- степен неравномерности U= $\frac{d_{60}}{d_{10}}$ не сме бити мањи од 9,
- каменито тло за израду насипа мора бити од стенских маса постојаних на атмосферске утицаје и ове услове морају да испуне и мешовити материјали према тачки 2.2.4 стандарда SRPS U.E1.010.

За везане материјале:

- максимална запреминска тежина одређена по Проктору мора бити већа од 15,5 kN/m^3,
- оптимална влажност (w_{opt}) мора бити мања од 25%,
- влажност материјала за израду насипа при уградњи мора бити блиска оптималној +/- 2%,
- граница течења (w_L) мора бити мања од 35%,
- индекс пластичности (I_p) мора бити мањи од 12%,
- садржај органских материја мора бити мањи од 6%,

За материјале стабилизоване хидрауличним везивом:

- Испитивање претходне мешавине са израдом пробне деонице, у свему према стандарду SRPS EN 14227-15 *Мешавине везане хидрауличним везивом - Спецификације - Део 15: Тла стабилизована хидрауличним везивом*

Захтевани критеријуми за носивост насипа

Положај слоја	Ранг пруге/ Дубина слоја	E_{v2}	E_{vd}		D_{pr}
		[N/mm^2]	[N/mm^2]		[%]
			GU, GP, GW, GF, SP, SW	све друге врсте тла	
На нивоу планума насипа	Магистрална/регионална[1)]	60	30		100
Слојеви насипа на дубини испод планума насипа	≤ 2,0m	45	25		100
	> 2,0m	20	20		95
	У усеку	20[2)]-45[1)]	20[2)] - 25[1)]		95

6.3.3 Израда прелазног слоја

Прелазни слој представља збијен или побољшан слој израђен од крупнозрног шљунчаног или песковитог материјала и заједно са заштитним слојем формира заштиту од мраза.

У прелазном слоју не могу се уграђивати глиновити материјали нити материјали који могу да се сабијају и консолидују.

Материјали који се уграђују у прелазни слој морају да испуњавају следеће услове:

- материјал отпоран на капиларно пењање;
- невезани агрегат, величине зрна 0/125 mm;
- проценат зрна агрегата испод 0,063 mm < 12%;
- проценат зрна агрегата испод 0,02 mm < 5%;
- U ≥ 15 не садржи више од 3% фракција мањих од 0,02 mm и U ≤ 5 не садржи више од 10% фракција мањих од 0,02 mm.

Материјал у прелазном слоју треба да испуњава филтерске критеријуме у односу на нижележећи или да буде заштићен употребом вештачких материјала за филтер, као што су геотекстили.

Захтевани критеријуми за носивост

Положај слоја	Ранг пруге/ Дубина слоја	E_{v2}	E_{vd}		D_{pr}
		[N/mm^2]	[N/mm^2]		[%]
			GU, GP, GW, GF, SP, SW	све друге врсте тла	
На нивоу планума прелазног слоја	Магистрална	80	40	35	100

6.3.4 Израда заштитног слоја

Након контроле збијености и планирања прелазног слоја, са пројектованим попречним и подужним нагибима, приступити изградњи заштитног слоја.

Заштитни слој има функцију да побољша носивост и да спречи утицај мраза и појаву капиларног пењања воде, као и да обезбеди пропусност воде као филтер из горњих слојева. Заштитни слој израдити од некохерентног материјала минималне дебљине 30 cm.

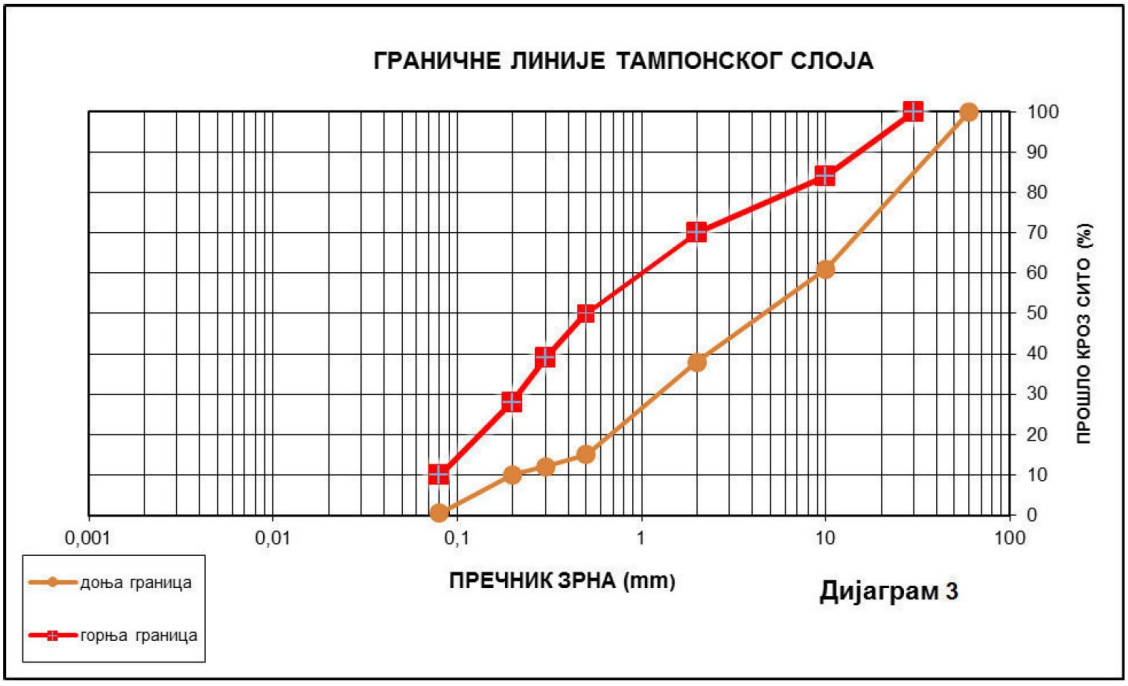
Материјали који се уграђују у заштитни слој морају да испуњавају следеће услове:

- пречник зрна који припада ординати 15% гранулометријске криве заштитног слоја мора бити четири пута мањи од величине зрна код ординате 85%, d85 ≥ 4 × d15;
- максимална величина зрна треба да је ≤ 60 mm;
- степен неравномерности U= $\frac{d_{60}}{d_{10}}$ ≥ 15;
- коефицијент водопропустљивости треба да буде k ≥ 10^{-4} m/s при D_{pr}=100%, што обезбеђује да процедна крива треба да заврши у заштитном слоју на косини насипа или одводног јарка при максималним падавинама.
- Проценат фракције 0,02 mm, max 3%.

Захтевани критеријуми за носивост

Положај слоја	Ранг пруге/ Дубина слоја	E_{v2}	E_{vd}		D_{pr}
		[N/mm^2]	[N/mm^2]		[%]
			GU, GP, GW, GF, SP, SW	све друге врсте тла	
На нивоу планума заштитног слоја / планум пруге	Магистрална	120	50		100 -103

На дијаграму су дате граничне линије унутар којих се мора налазити крива гранулометријског састава која испуњава услове заштитног слоја.



Материјал у заштитном слоју треба да испуњава филтерске критеријуме у односу на нижележећи или да буде заштићен употребом вештачких материјала за филтер, као што су геотекстили.

Након изградње заштитног слоја неопходна је израда засторне призме. Застор урадити од туцаника прописаних карактеристика, са овереним атестом о квалитету, прописане крупноће. Минимална дебљина застора испод доње ивице прага (ДИП) износи 30,0 cm.

6.3.5 Израда усека

На делу трасе где се изградња трупа предвиђа у усеку, предвидети уткоп и уклањање хумуса, даљи откоп до одговарајуће коте.

На деловима где је нивелета таква да је пруга пројектована у усеку, темљно тло ће представљати подлогу прелазном слоју – постељицу. У том случају услови носивости темељног тла се пооштравају до нивоа испуњености услова материјала за уградњу у постељицу - SRPS U.E8.010, и услова за дозвољену носивост - Ev_2= 60 MN/m^2 или Sd > 100%, CBR = 15 %. У случају неиспуњавања критеријума извршити мере санације тла (применом

геосинтетика, заменом материјала од песковитог шљунка или ломљеног камена, као и стабилизацијом хидрауличним везивом-цемент, креч, пепео).

Захтевани критеријуми за носивост темељног тла у усеку - постељице

Положај слоја	Ранг пруге/ Дубина слоја	E_{v2}	E_{vd}		D_{pr}
		[N/mm^2]	[N/mm^2]		[%]
			GU, GP, GW, GF, SP, SW	све друге врсте тла	
На нивоу планума насипа[3)]	Магистрална/регионална[1)]	60	30		100

Код дубоких усека потребно је предвидети заштиту косина од ерозије и обрушавања. Препоручује се заштита косина хумизирањем.

У усеку обезбедити привремено и трајно одводњавање трупа пруге, то јест предвидети дренажне системе и канале за одводњавање. Испод косина усека извести канале за прихватање атмосферских вода и вода из трупа пруге.

6.3.6 Геостатички прорачуни

У циљу утврђивања стабилности косина насипа и усека, прогнозних слегања и консолидације подтла урађени су геостатички прорачуни.

Прорачуни су урађени за карактеристичне геотехничке моделе терена – попречне пресеке који су препознати као најкритичнији за извођење и каснију експлоатацију пруге (Прилог 3). Прорачуни су уређени и за карактеристичан пресек денивелације – преласка објеката преко пруге.

Физичко-механички параметри тла су усвојени на основу синтезе лабораторијских резултата и резултата добијених in situ – CPT и SPT опити.

Прорачуни су у свему урађени према важећим стандардима и прописима у софтверском пакету Geo 5.

Анализа стабилности косина насипа и усека

На основу усвојених вредности физичко-механичких карактеристика тла, за различите висине изведени су геостатички прорачуни стабилности косина насипа и усека. Усвојено је оптерећење од 52 kPa. За минимални дозвољени фактор усвоојено је Fs>1,4 а на основу прописа SRPS U.C4.200.

Ови прорачуни су изведени за услове граничне равнотеже, методама Bishopa и Morgensten/Price.

Геотехнички модели терена:

Ознака модела	Висина m	Нагиб	Фактор сигурности Bishop/M.Price	Напомена
Насип - доградња km 101+950	5	Од планума насипа 3m – 1:1.5 Даље 1:2	1,53/1,50	**Фактор сигурности задовољавајући.** Доградња насипа. Доградњу извршити историодним материјалом уз степиничасто засецање постојећег насипа и обавезну заштиту косине новоформираног насипа
Насип - доградња km 110+300	6	Од планума насипа 3m – 1:1.5 Даље 1:2	1,54/1,54	**Фактор сигурности задовољавајући.** Доградња насипа. Доградњу извршити историодним материјалом уз степиничасто засецање постојећег насипа и обавезну зажтиту косине новоформираног насипа
Карактеристични модел за денивелације	8	Од планума насипа 3m – 1:1.5 Даље 1:1,75	Кохерентни материјал: 1,5/1,5 Некохерентни материјал 1,41/1,41	**Фактор сигурности задовољавајући.** Насип изградити од некохерентног материјала уз обавезн заштиту косина.

Слегање насипа:

За карактеристичне геотехничке моделе терена – високе насипе урађени су прорачуни слегања и конолидације подтла. Резултати су приказана и коментарисани у табели:

Ознака модела	Висина m	Нагиб	Укупно слегање (cm) / Консолидација	Напомена
Насип - доградња km 101+950	5	Од планума насипа 3m – 1:1.5 Даље 1:2	6,5 cm, у току изградње	Насип доградити од историодног кохерентног материјала уз обавезну заштиту косина.
Насип - доградња km 110+300	6	Од планума насипа 3m – 1:1.5 Даље 1:2	21 cm, у току изградње	Насип доградити од историодног кохерентног материјала уз обавезну заштиту косина.
Карактеристични модел за денивелације	8	Од планума насипа 3m – 1:1.5 Даље 1:1,75	40 cm, у току изградње	Насип изградити од некохерентног материјала уз обавезн заштиту косина.

- Кохерентни материјал који се користи за изградњу/доградњу насипа мора да задовољава следеће услове/параметре у збијеном стању: γ=19 kN/m^3, c'=10 kPa, φ=23^0,
- Некохерентни материјал који се користи за изградњу насипа мора да задовољава следеће услове/параметре у збијеном стању: γ=19 kN/m^3, c'=1 kPa, φ=36^0,

Ове анализе су прелиминарне, а коначне ће бити урађене на дефинитивно усвојеном трупу саобраћајнице и дакон допуњених истаживања за ниво Пројекта за грађевинску дозволу.

7 ЗАКЉУЧАК

Деоница од Руменке до Врбаса (нова станица) једним делом (до Змајева) је положена преко алувијалних седимената – комплекса глиновито-песковитих прашина и пескова поводањске и фације речног корита (Q_1al). Другим делом (од Змајева) траса је положена преко комплекса прашинастих глина – лесоида (Q_1lp).

Ниво подземне воде је релативно висок, утврђен на дубини од 1 – 3 m испод површине, у депресијама и испод 1m. Релативно висок ниво подземне воде представља геотехничко ограничење у оквиру ове деонице.

Дебљина слоја хумифицираног тла, достиже дебљину од 1-1.5m, а слој чистог хумуса (са садржајем органске компоненте >6%) има дебљину до 0,5 m. Са обе стране пружног насипа, у зонама постојећих путних прелаза и нарочито железничких станица, депонована је значајна количина насутог и прерађеног тла, по правилу некатегорисаног земљаног материјала и отпада

Слојеви глиновито прашинастих материјала (ознаке Q_1al и Q_1lp) са класификационим симболима CL и ML – глине и прашине ниске пластичности, заступљени су у површинским деловима терена, до дубине 5 – 7 метара од површине. За ове материјале карактеристична су велика одступања по параметру збијености, па се на основу тога одређује њихова подобност за подтемељно тло. Приближно у околини некадашњих природних водотока, данас мелиоративних канала, у основи глиновито прашинастих материјала а на прелазу према песковима, заступљене су партије стишљивих прашина – муља (Q_2al). Слојеви средње и добро збијених прашинастих и монотоних сивих пескова (Q_1al^p) са класификационим симболима SM и SP заступљени су у подини глиновито прашинастих материјала

Уз наведене ставке деоница се сматра као условно повољана у погледу услова пројектовања, извођења радова и трошкова градње железничке пруге.

Због могућег проблема високог нивоа подземне воде или смањене носивости, стабилизацију подтла извести цементно-кречном мешавином или сл, као и размотрити могућност уградње геотекстила са заменом материјала у подтлу.

Изградњу насипа вршити у фазама (насипање материјала и сабијање) како би се у свакој фази извршила консолидација подтла и како не би дошло да лома тла и нарушавања стабилности насипа.

Ако је потребно проширење постојећег насипа, оно се врши степенасто. Ширина степеника износи 0,6–1,0 m, висина ≤ 0,6 m а нагиб ≤ 5%. Потребно је користити материјал што сличнији постојећем материјалу у насипу, а у складу са приказаним стандардима. На контакту старог и новог насипа обезбедити збијеност као и ону која је потребна за израду насипа.

Косине високих насипа обезбедити од суфозије облагањем косина геотекстилом са хумусом или уградњом бетонских плоча. На осталом делу где су насипи висине до 3m, обавезно их треба обложити хумусом да би се спречили процеси линијске ерозије- спирања.

Све насипе обавезно треба обезбедити изградњом канала за одводњавање у ножицама насипа.

Код усека потребно је предвидети заштиту косина од ерозије и обрушавања. Препоручује се заштита косина хумизирањем.

У усеку обезбедити привремено и трајно одводњавање трупа пруге, то јест предвидети дренажне системе и канале за одводњавање. Испод косина усека извести канале за прихватање атмосферских вода и вода из трупа пруге.

За следећи ниво пројекта неопходно је извести додатне истражне радове којима ће се отклонити све дилеме око реконструкције и модернизације пруге и то за:

- Утврђивање што прецизнијих геотехничких услова дуж трасе пруге самониклог тла и трупа постојеће пруге,
- Утврђивања што прецизнијег нивоа и режима осцилирања подземних вода,
- Утврђивање што прецизнијих геотехничких услова на местима објеката виских насипа и усека а како би се изабрали што повољнији типови конструкције и како би се што прецизније утврдиле вредности слегања и консолидације тла,
- Утврђивање зона дуж трасе на којима би се вршила евентуална замена подтла неком од метода – кеокомпозитом, заменом материјала, употребом хемијске стабилизације,
- Утврђивање прецизнијих геомеханичких параметара и локација потенцијалних позајмишта материјала

Коначан обим и врста истраживања и испитивања даће се Пројектом истражних радова.

Одговорни пројектант:

Иван Стефановић, дипл.инж.геол.

лиценца бр. 391 N945 15

Геостатички прорачуни:

Милош Ранковић, дипл.инж.геол.

лиценца бр. 391 R298 18

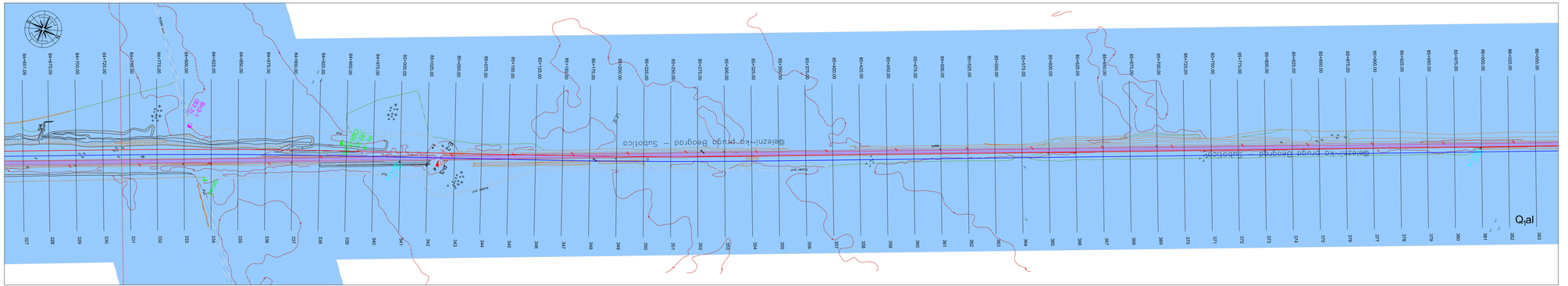
1.6 ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

СПИСАК ПРИЛОГА

ПРИЛОГ БР.	НАЗИВ
1.	Инжењерскогеолошка карта са положајем истражних радова
2.	Подужни геотехнички пресек
3.	Попречни геотехнички пресеци
4.	Геостатички прорачуни

САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о
Немањина 6/IV, 11000 Београд

Прилог 1
Инжењераскогеолошка карта са положајем истражних радова

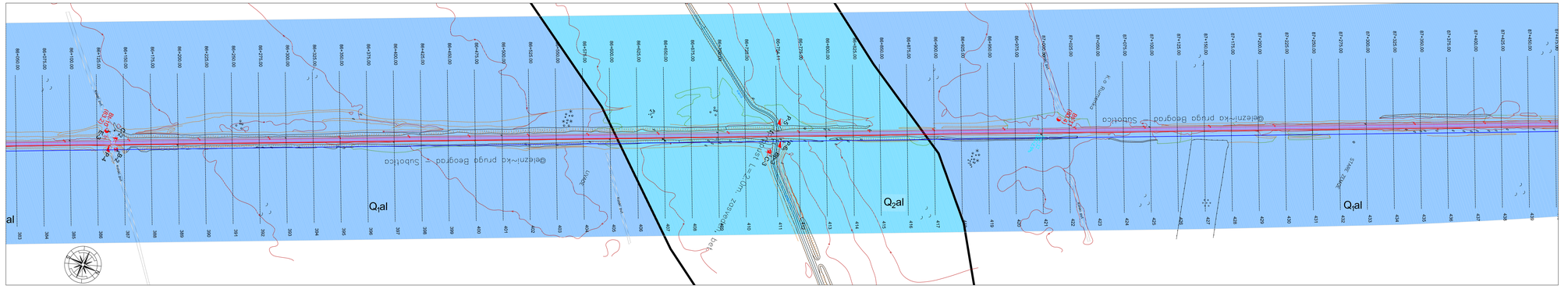


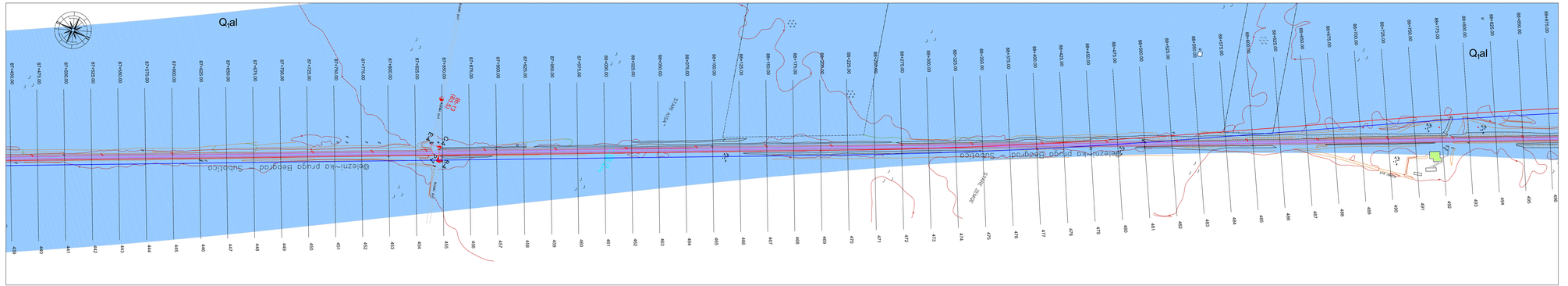
Легенда потенциях појмова

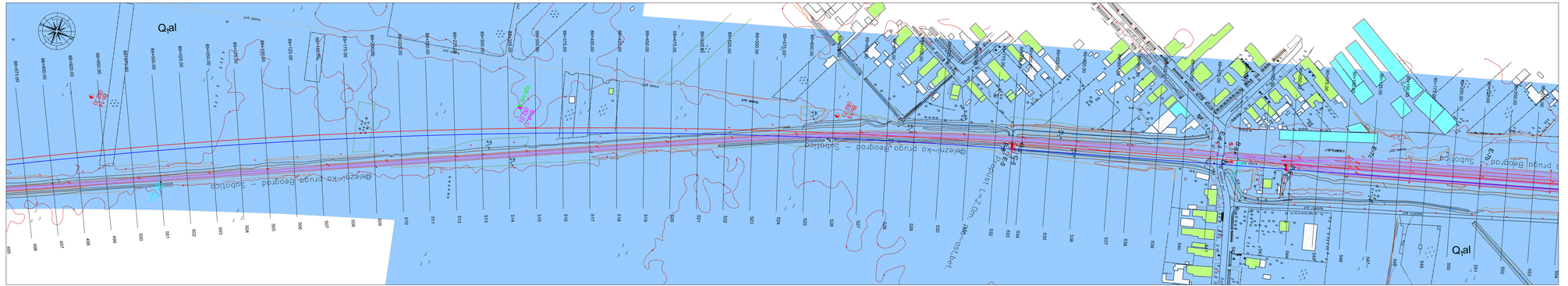
Систем / Систем	Серија / Серија	Спрат / Спрат	Ознака / Ознака	Опис
Кенозоик / Кенозоик	Квартар / Квартар	Холоцен / Холоцен	Q4al	Алувијум (шљунак, песак, глина и муљ) изграђује алувијалну раван и речне терасе. Шљунак је средње до добро сортиран, са претежно добро заобљеним облицима. Песак је средњозрнаст до ситнозрнаст. Глина и муљ су пластични.
			Q3	Алувијум (шљунак, песак, глина и муљ) изграђује алувијалну раван и речне терасе. Шљунак је средње до добро сортиран, са претежно добро заобљеним облицима. Песак је средњозрнаст до ситнозрнаст. Глина и муљ су пластични.
			Q2	Алувијум (шљунак, песак, глина и муљ) изграђује алувијалну раван и речне терасе. Шљунак је средње до добро сортиран, са претежно добро заобљеним облицима. Песак је средњозрнаст до ситнозрнаст. Глина и муљ су пластични.
			Q1	Алувијум (шљунак, песак, глина и муљ) изграђује алувијалну раван и речне терасе. Шљунак је средње до добро сортиран, са претежно добро заобљеним облицима. Песак је средњозрнаст до ситнозрнаст. Глина и муљ су пластични.
			Q0	Алувијум (шљунак, песак, глина и муљ) изграђује алувијалну раван и речне терасе. Шљунак је средње до добро сортиран, са претежно добро заобљеним облицима. Песак је средњозрнаст до ситнозрнаст. Глина и муљ су пластични.
			Q	Алувијум (шљунак, песак, глина и муљ) изграђује алувијалну раван и речне терасе. Шљунак је средње до добро сортиран, са претежно добро заобљеним облицима. Песак је средњозрнаст до ситнозрнаст. Глина и муљ су пластични.
			N2	Алувијум (шљунак, песак, глина и муљ) изграђује алувијалну раван и речне терасе. Шљунак је средње до добро сортиран, са претежно добро заобљеним облицима. Песак је средњозрнаст до ситнозрнаст. Глина и муљ су пластични.
			N1	Алувијум (шљунак, песак, глина и муљ) изграђује алувијалну раван и речне терасе. Шљунак је средње до добро сортиран, са претежно добро заобљеним облицима. Песак је средњозрнаст до ситнозрнаст. Глина и муљ су пластични.
			Pl	Алувијум (шљунак, песак, глина и муљ) изграђује алувијалну раван и речне терасе. Шљунак је средње до добро сортиран, са претежно добро заобљеним облицима. Песак је средњозрнаст до ситнозрнаст. Глина и муљ су пластични.

Извођење истражних радова (ДИП 2017. - ИТ)

Ознака врсте / Ознака врсте	Ознака броја / Ознака броја	Опис
		Вертикална / коса сонда са дубинском геофизичком опремом ГИМ-1А и софтвером ВИЗ
		Истражна сонда са дубинском геофизичком опремом ГИМ-1А и софтвером ВИЗ
		Истражна бушотина са језгром
		Истражна бушотина са језгром
		Истражна бушотина са језгром

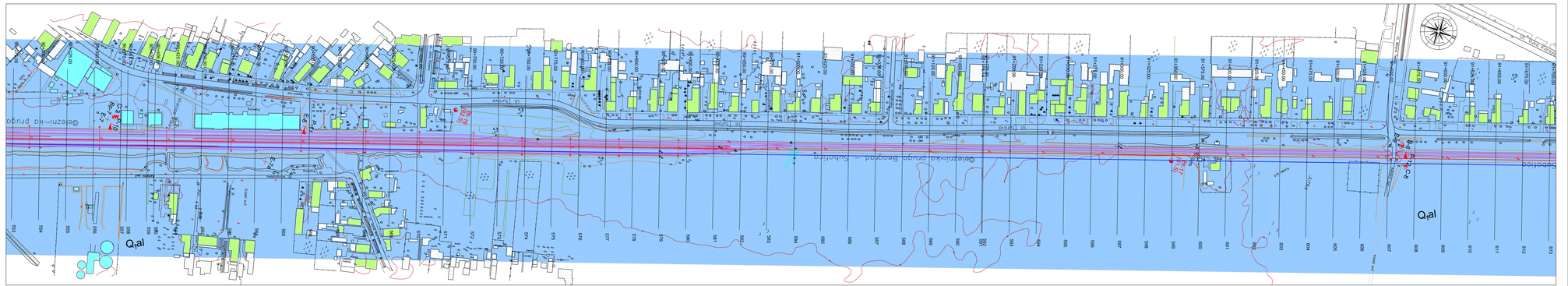

Q1al
Q2al
Q4al
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Улица
Улица
Ул

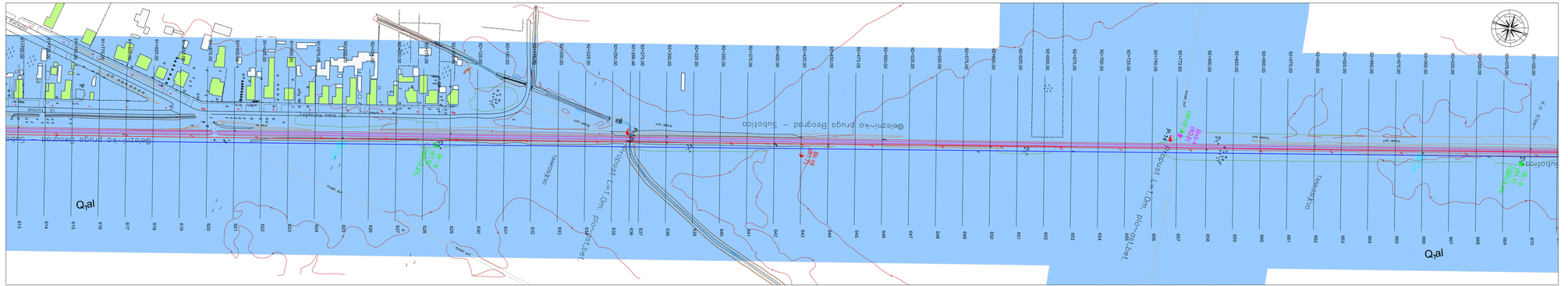

Q4al
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Q4al
Стари Ковин
Нови Ковин
Ул. Ивана Милутиновића
Ул. Ивана Милутиновића
Ул. Ивана Милутиновића

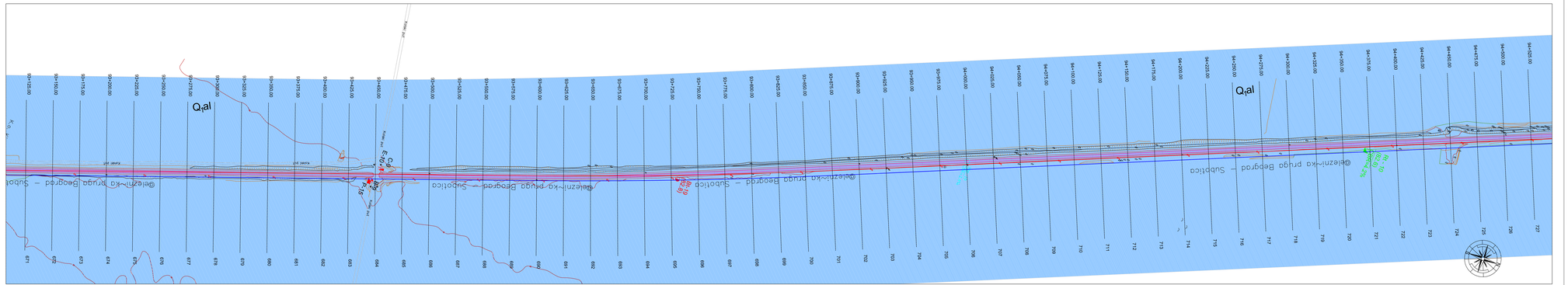


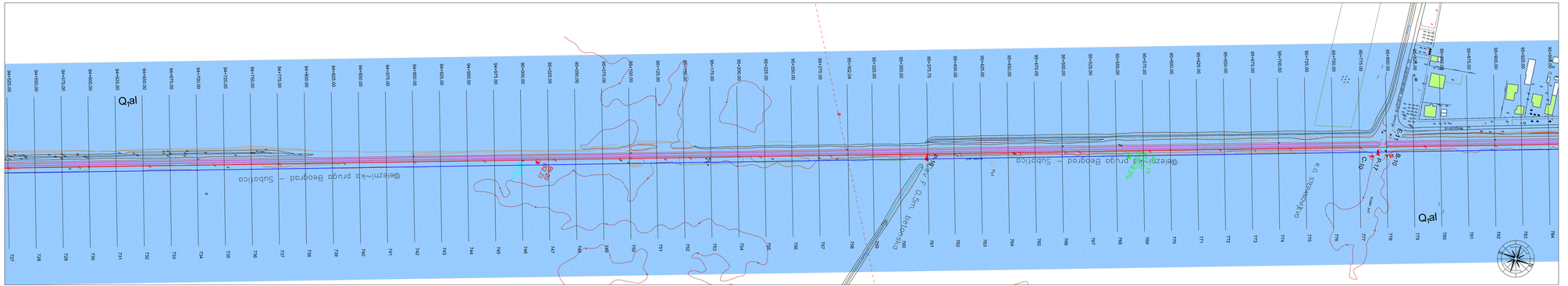
Легенда топонимни единици

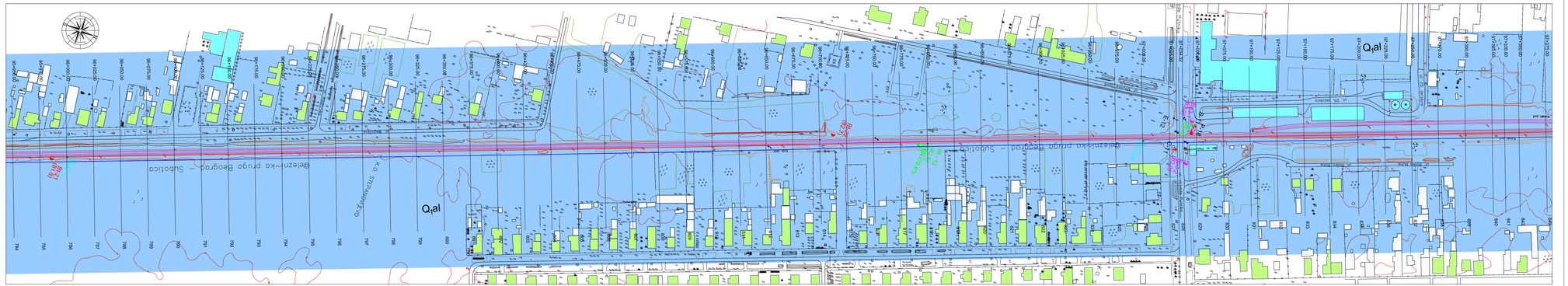
Epoch	Period	Symbol	Name
Holocene	Quaternary	Q4al	Алувиални седименти (глини, песоци, чакъли и конгломерати) изградени от реки, дерета и потоци. Най-често образуват алувиални конуси и алувиални равнини.
		Q4pr	Пролувиални седименти (глини, песоци, чакъли и конгломерати) изградени от временни водни потоци. Образуват пролувиални конуси и пролувиални равнини.
		Q4dl	Делувиални седименти (глини, песоци, чакъли и конгломерати) изградени от временни водни потоци. Образуват делувиални конуси и делувиални равнини.
		Q4ml	Смесени (пролувиално-делувиални) седименти (глини, песоци, чакъли и конгломерати) изградени от временни водни потоци. Образуват пролувиално-делувиални конуси и пролувиално-делувиални равнини.
		Q4dpr	Смесени (делувиално-пролувиални) седименти (глини, песоци, чакъли и конгломерати) изградени от временни водни потоци. Образуват делувиално-пролувиални конуси и делувиално-пролувиални равнини.
		Q4pl	Езерни седименти – седиментни скали (глини, песоци, чакъли, конгломерати, варовици, мергели, туфи, туфити, диатомити, трепели, опоки, въглища, торфи, лигнити, кафяви въглища, каменни въглища, антрацити, сапропели, сапропелити, гелити, сапропелити, гелити, сапропелити, гелити

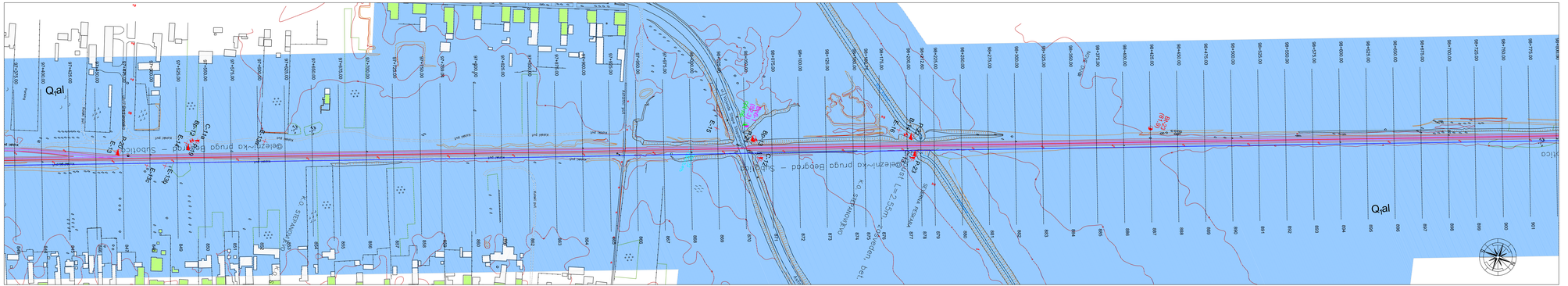

Q4al
Q3al
Q2al
Q1al
Београд-Нови Сад
Београд-Суботица
Београд-Бар
Београд-Сарајево
Београд-Солун
Београд-Софија
Београд-Будимпешта
Београд-Загреб
Београд-Ниш
Београд-Ниш
Београд-Ниш

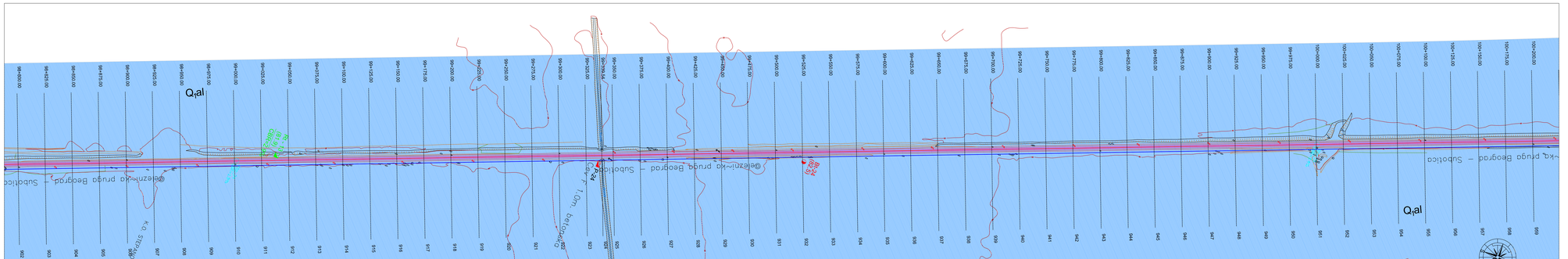

Q4al
Q4al
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Kanal Jegrička
Kanal Jegrička
Kanal Jegrička

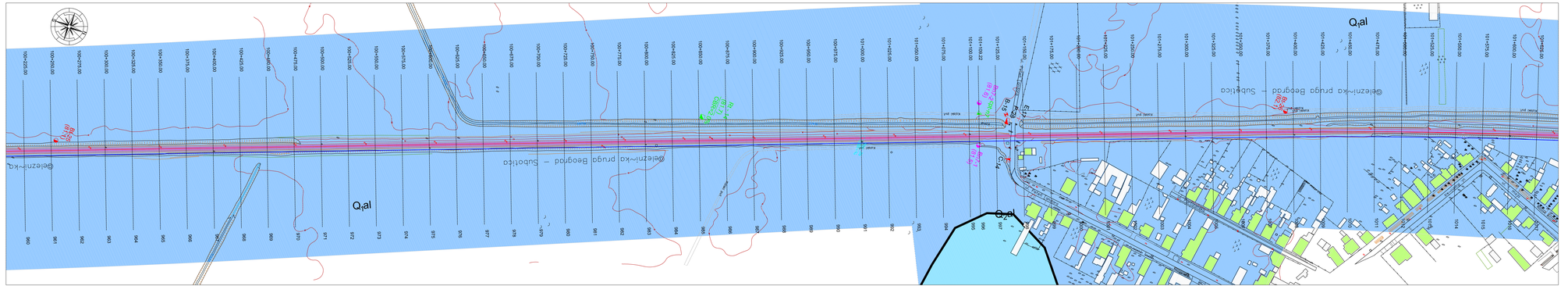

Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Q4al
Q4al
Канал ДТД
Канал ДТД
Канал ДТД

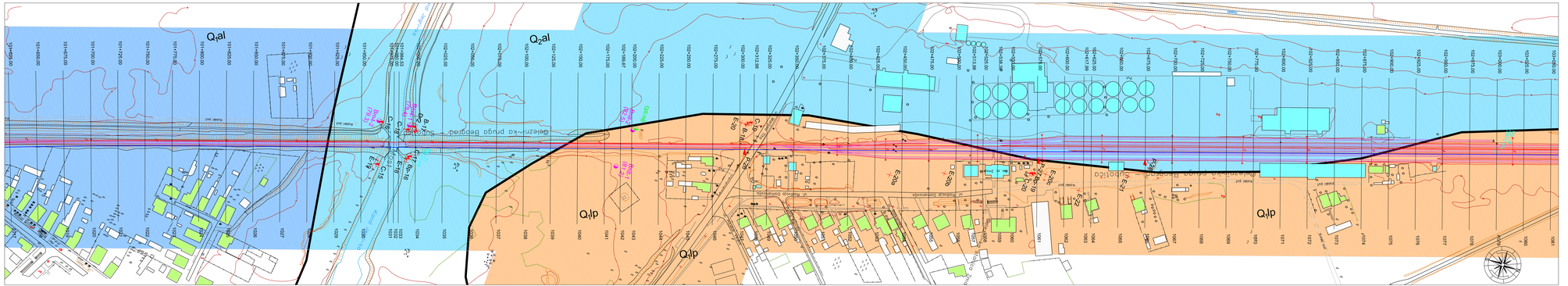

Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Q4al
Q4al
Q4al

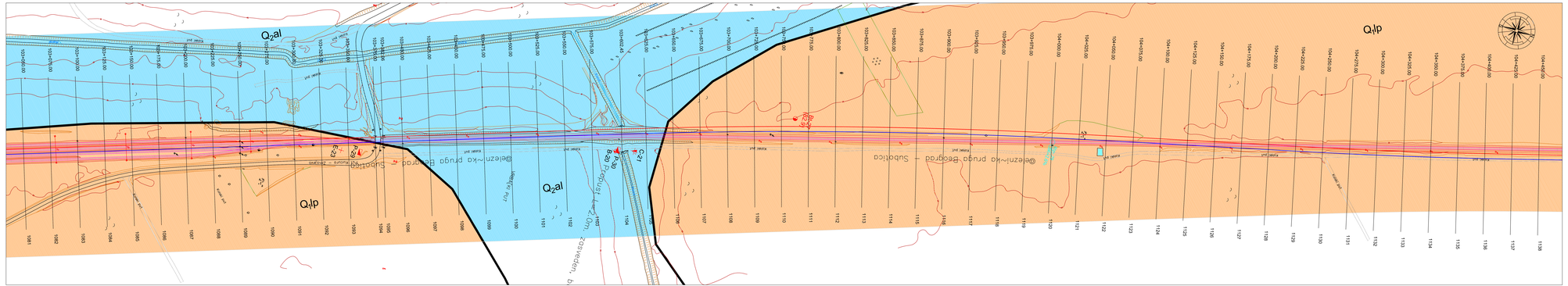

Q4al
Q3al
Q2al
Q1al
Delezn~ka pruga Beograd – Subotica
K.O. STARI JANKOVO
Ulica Save Kovačevića
Ulica Save Kovačevića
Ulica Save Kovačevića

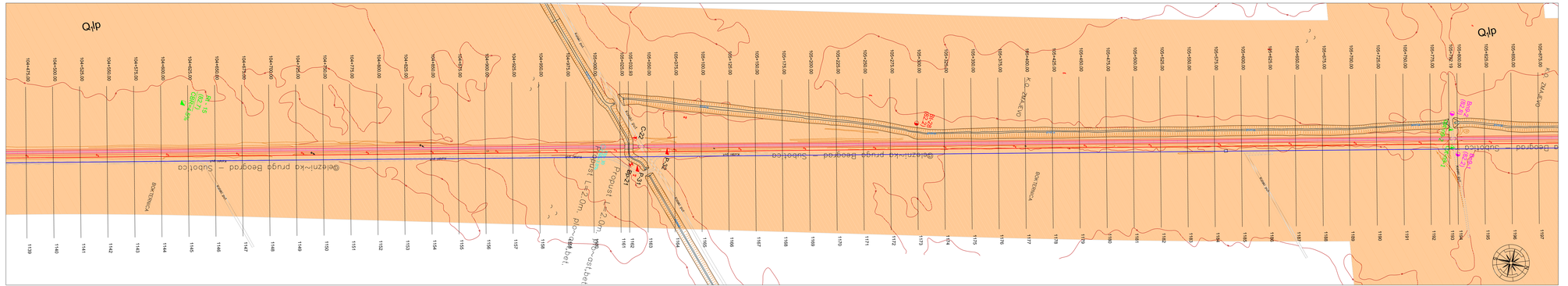

Q4al
Q4al
Q4al

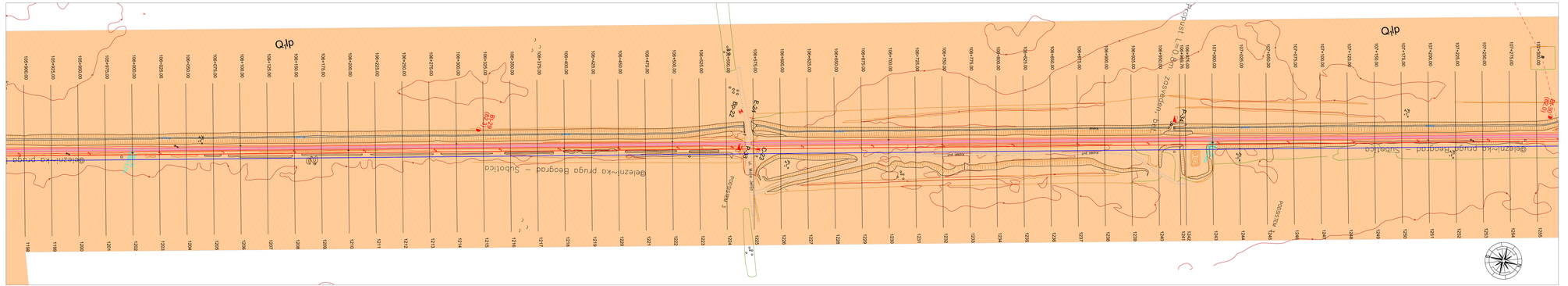

Q₄al
Q₄al
Q₄al

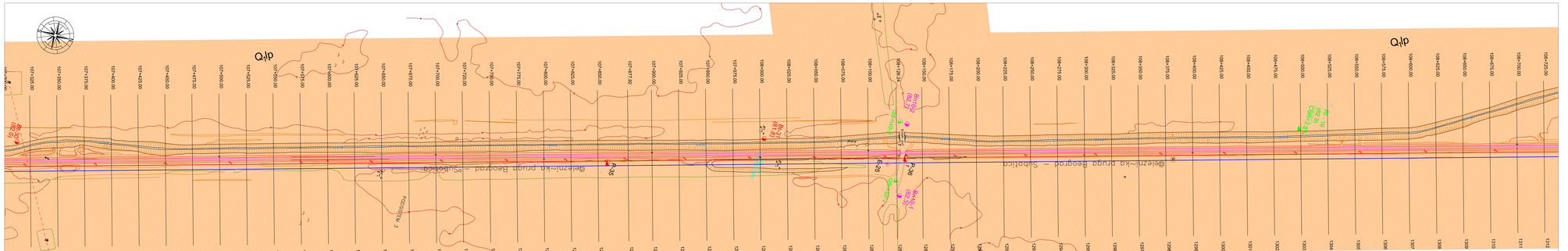

Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Q4al
Q4al
Q2d
km 0+000,00
km 0+025,00
km 0+050,00
km 0+075,00
km 0+100,00
km 0+125,00
km 0+150,00
km 0+175,00
km 0+200,00
km 0+225,00
km 0+250,00
km 0+275,00
km 0+300,00
km 0+325,00
km 0+350,00
km 0+375,00
km 0+400,00
km 0+425,00
km 0+450,00
km 0+475,00
km

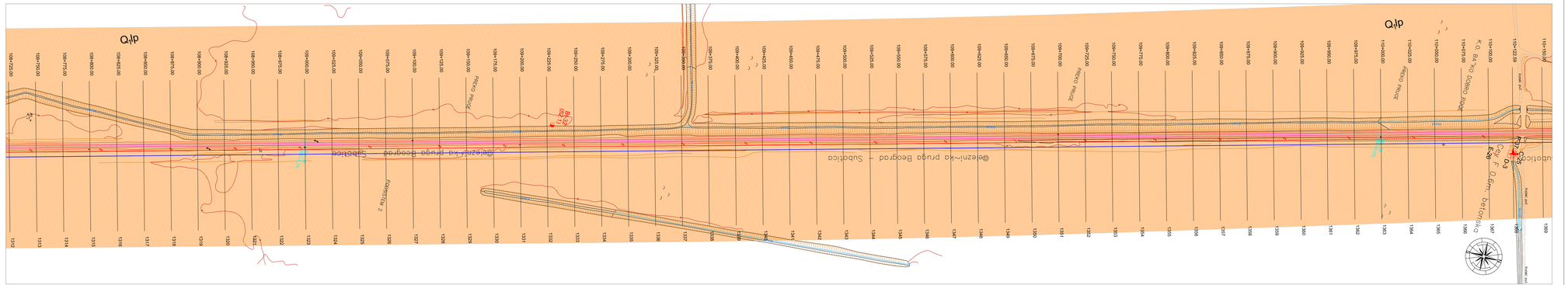

Q1al
Q2al
Q1dp
Q1dp
Q1dp

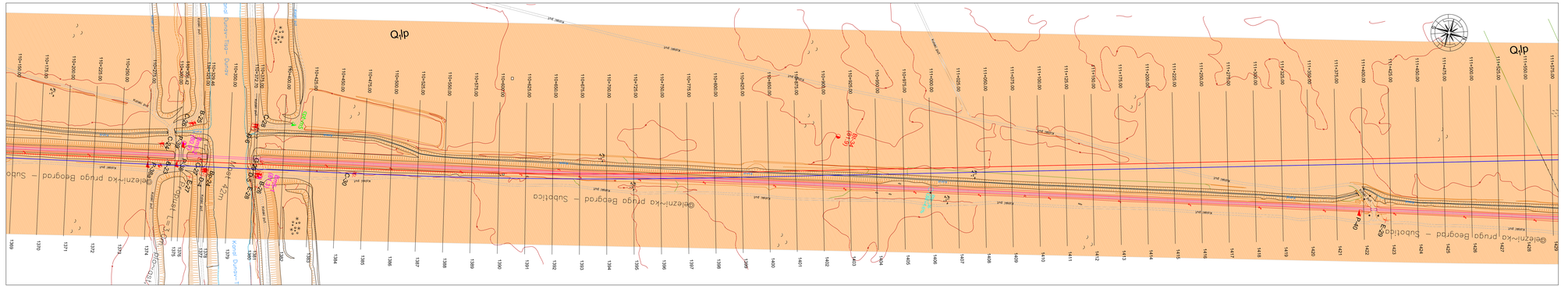

Q2al
Q4lp
Q4lp
Q2al
Q2al
Q4lp
Q4lp
Q2al
Q4lp
Q4lp
Q4lp

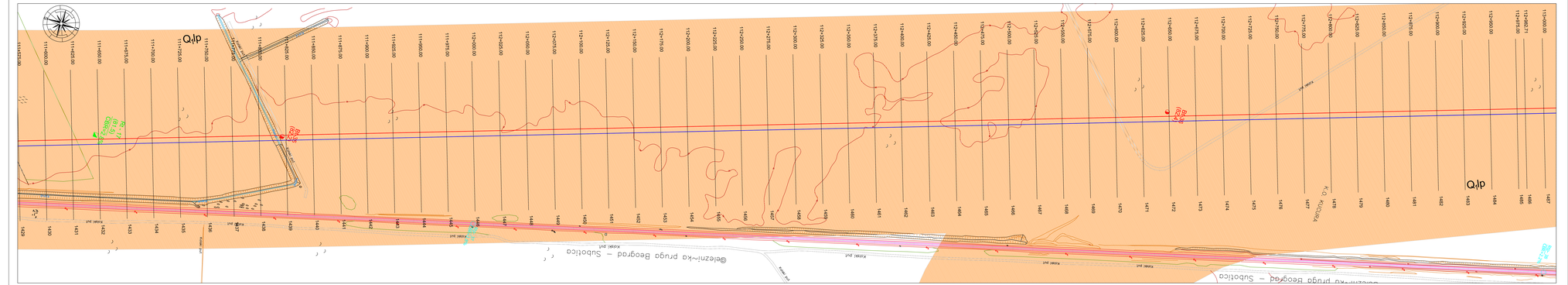

Q4lp
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица


Q4p
Q4p
Q4p


Qdp
Qdp
Qdp

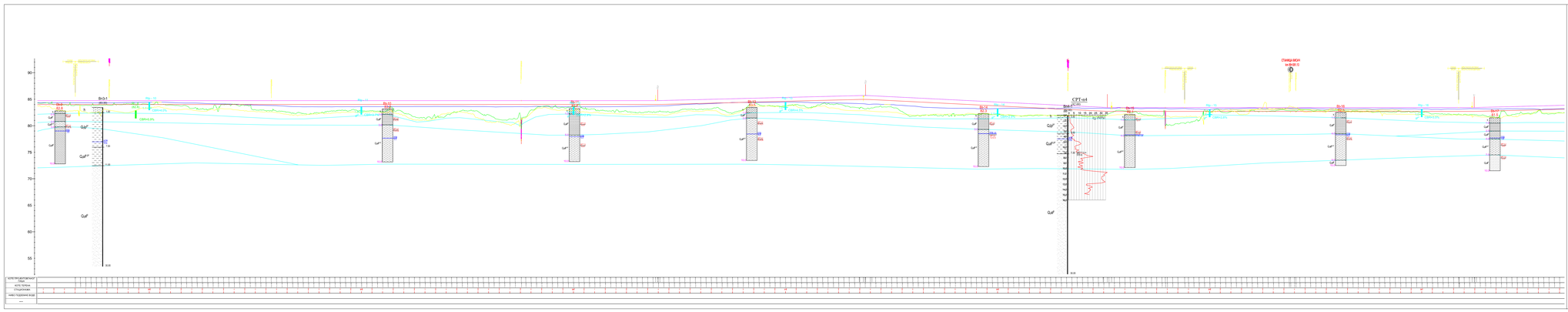

Q4p
Železnička pruga Beograd – Subotica
PRUGA PRUGE
Železnička pruga Beograd – Subotica
Železnička pruga Beograd – Subotica
Železnička pruga Beograd – Subotica

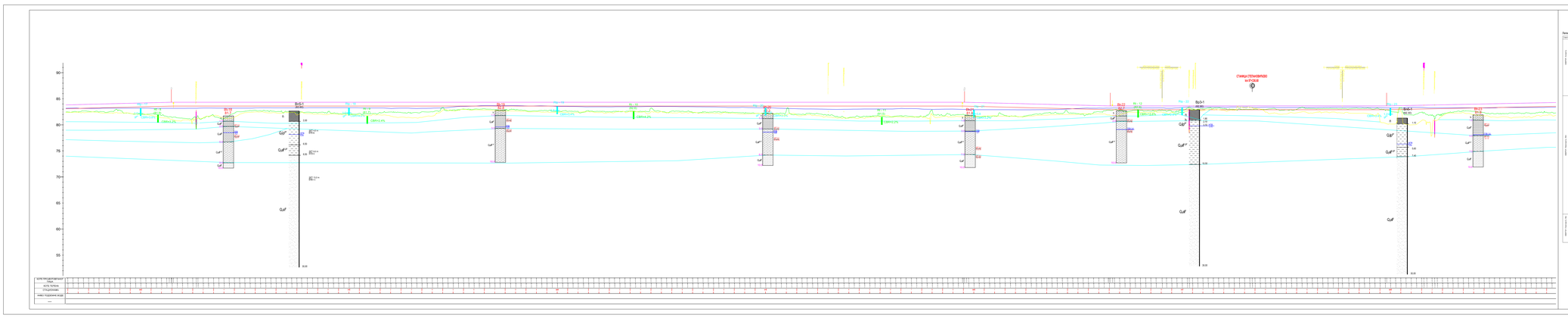

Q4p
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица

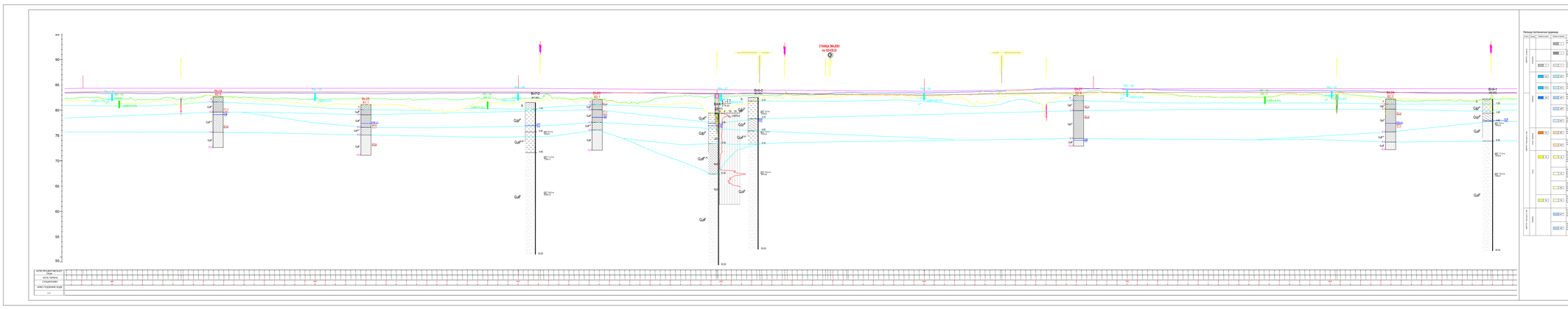

Q4lp
Железничка пруга Београд – Суботица
Железничка пруга Београд – Суботица
Kanal DTD
Kanal DTD
Kanal DTD

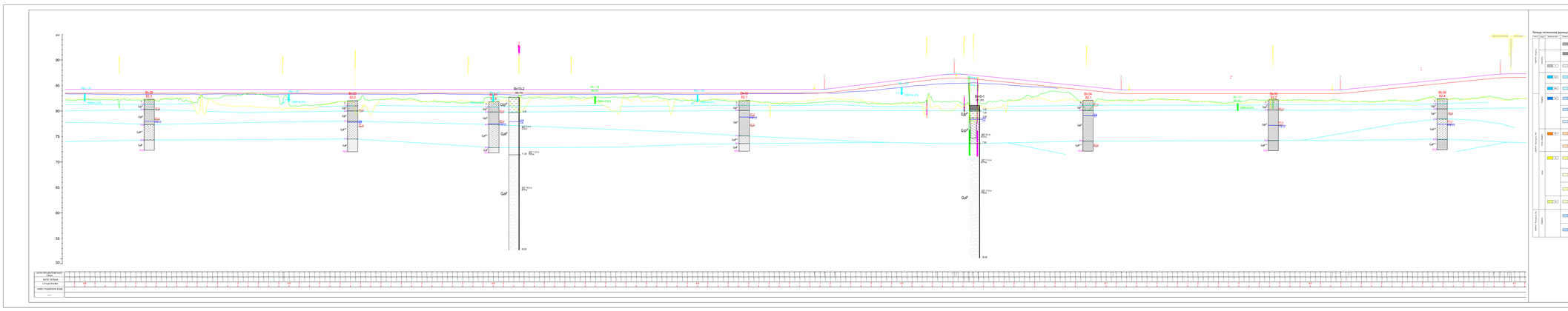
САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о
Немањина 6/IV, 11000 Београд

Прилог 2
Подужни геотехнички пресек


Bh3-1
Bh3-2
Bh3-3
Bh3-4
CPT-s4
Bh3-5
Bh3-6
Bh3-7
Bh3-8
Bh3-9
Bh3-10
Bh3-11
Bh3-12
Bh3-13
Bh3-14
Bh3-15
Bh3-16
Bh3-17
Bh3-18
Bh3-19
Bh3-20
Bh3-21
Bh3-22
Bh3-23
Bh3-24
Bh3-25
Bh3-26
Bh3-27
Bh3-28
Bh3-29
Bh3-30
Bh3-31
Bh3-32
Bh3-33
Bh3-34
Bh3-35
Bh3-36
Bh3-37
Bh3-38
Bh3-39
Bh3-40
Bh3-41
Bh3-42
Bh3-43
Bh3-44


Пр.1 - 1
Пр.1 - 2
Пр.1 - 3
Пр.1 - 4
Пр.1 - 5
Пр.1 - 6
Пр.1 - 7
Пр.1 - 8
Пр.1 - 9
Пр.1 - 10
Пр.1 - 11
Пр.1 - 12
Пр.1 - 13
Пр.1 -

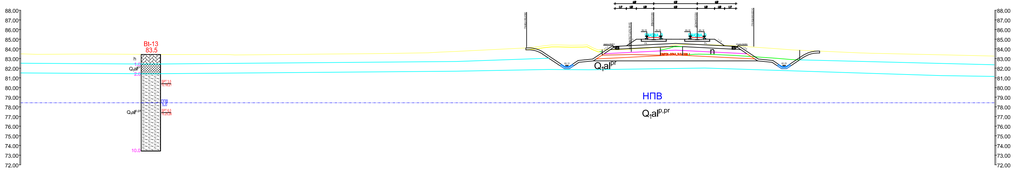

Bh2-4
Bh2-3
Bh2-2
Bh2-1
Bh3-4
Bh3-3
Bh3-2
Bh3-1
Bh4-4
Bh4-3
Bh4-2
Bh4-1
Bh5-4
Bh5-3
Bh5-2
Bh5-1
Bh6-4
Bh6-3
Bh6-2
Bh6-1
Bh7-4
Bh7-3
Bh7-2
Bh7-1
Bh8-4
Bh8-3
Bh8-2
Bh8-1
Bh9-4
Bh9-3
Bh9-2
Bh9-1
C-17
C-18
C-19
C-20
C-21
C-22
C-23
C-24
C-25
C-26
C-27
C-28
C-29
C-30
C-31
C-32
C-33
C-34
C-35
C-36
C-37
C-38
C-39
C-40
C-41
C-42
C-43
C-44
C-45
C-46
C-47
C-48
C-49
C-50
C-51
C-52
C-53
C-54
C-55
C-56


m.n.
Вр-31
Вр-30
Вр-10-2
Вр-5-1
Вр-4
Вр-32
Вр-33
Вр-34
R1 - 50
R1 - 37
R1 - 50
R1 - 50
R1 - 50

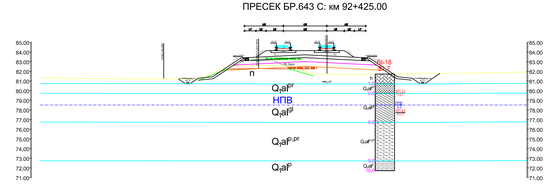
САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о
Немањина 6/IV, 11000 Београд

Прилог 3
Попречни геотехнички пресеци

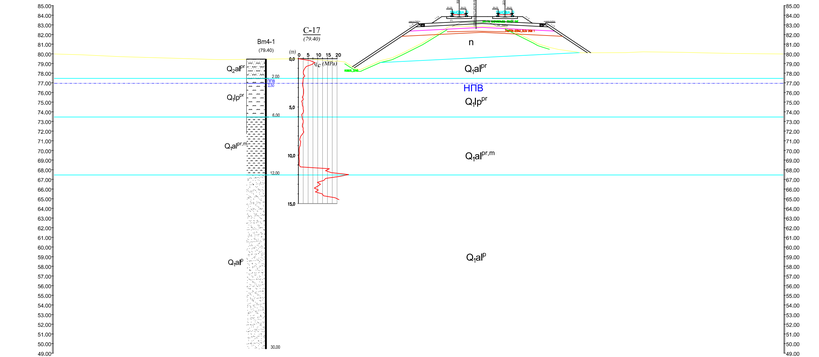
ПРЕСЕК БР.455 С: км 87+850.00



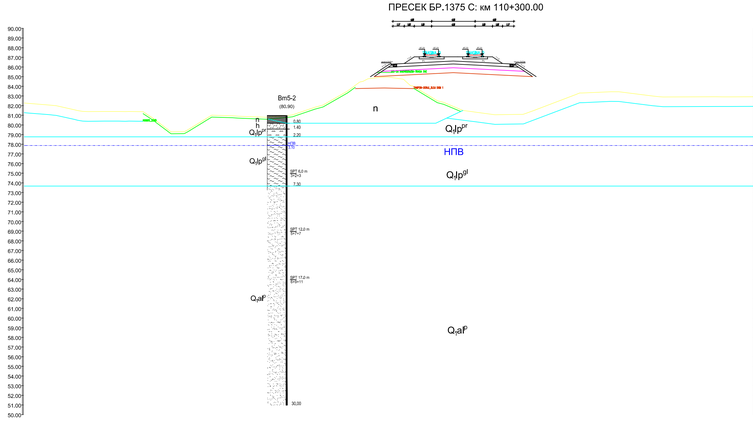
ПРЕСЕК БР.643 С: км 92+425.00



ПРЕСЕК БР.1030 С: км 101+950.00



ПРЕСЕК БР.1375 С: км 110+300.00



Легенда геотехничких јединица

Старост	Генеза	Ознака на карти	Ознака на профилу	Опис
КВАРТАР - Холоцен (Q₂)	Алувијум		A	ХУМУС - Хумусни материјал тамносмеђе до црне боје, суво и водом упијајући дробљен, ЦЛ - СЛ, јако до врло јако биогена, биљни остаци са остацима, непластичан, пластичан или средње пластичан
			A	МУЉУ - Муљеви материјали неорганске природе тамне, у зони обраслој инфраструктуром и насипима, сиве до светло сиве, од прашинастог песковитог глиновитог до песковитог материјала, ЦЛ - СЛ, средње пластичан, пластичан или неорганске природе
			A'	ПЕСКОВИ ИЛОВАСТИ - Песковито глиновити материјали различите старости, сиве боје, ЦЛ - СЛ, средње пластичан, пластичан или неорганске природе
			Q₂P	ТРЕШЊА ТЕРАСА - Заступљена у зони изградње вијадукта и насипа, представљена је песковито глиновитим материјалима, средње пластичним, пластичним или неорганске природе
			Q₂P	ОКОВИ - средње формирани у тракту трасе, чине подлогу вијадукта. представљени су песковитим материјалима, жуте конзистенције, лако свијају Врло, збијени остаци палеозоика карактеристике.
	Алувијум		Q₂P	ТРЕШЊА ТЕРАСА - представљена је песковито, до глиновитим прашинама, песковима до глиновитих песка, средње до неконсолидоване, лако свијају Врло и чине подлогу вијадукта и насипа, са различитим карактеристикама.
			Q₂P	ТЕРАСА ТРЕШЊЕ - представљена је песковито, до глиновитим прашинама, песковима до глиновитих песка, средње до неконсолидоване, лако свијају Врло и чине подлогу вијадукта и насипа, са различитим карактеристикама.
			Q₂P	ТЕРАСА ТРЕШЊЕ - представљена је песковито, до глиновитим прашинама, песковима до глиновитих песка, средње до неконсолидоване, лако свијају Врло и чине подлогу вијадукта и насипа, са различитим карактеристикама.
	Еолин и делувијум		Q₂P	ТЕРАСА ТРЕШЊЕ - представљена је песковито, до глиновитим прашинама, песковима до глиновитих песка, средње до неконсолидоване, лако свијају Врло и чине подлогу вијадукта и насипа, са различитим карактеристикама.
			Q₂P	ТЕРАСА ТРЕШЊЕ - представљена је песковито, до глиновитим прашинама, песковима до глиновитих песка, средње до неконсолидоване, лако свијају Врло и чине подлогу вијадукта и насипа, са различитим карактеристикама.
	Еолин		Q₂P	ЛЕС - представљен је песковитим прашинама, глиновитим прашинама, песковима до глиновитих песка, средње до неконсолидоване, лако свијају Врло и чине подлогу вијадукта и насипа, са различитим карактеристикама.
			Q₂P	ЛЕСОИДНИ ЛЕС - представљен је песковитим прашинама, глиновитим прашинама, песковима до глиновитих песка, средње до неконсолидоване, лако свијају Врло и чине подлогу вијадукта и насипа, са различитим карактеристикама.
			Q₂P	ЛЕСОИДНИ ЛЕС - представљен је песковитим прашинама, средње пластичне, жуте до тамносмеђе боје, средње неконсолидоване (ЦЛ), у површини и повећаним садржајем органских материја, чине Врло Лако подлогу вијадукта и насипа, Изражена је тамнија боја у површини због садржаја органских материја, чине Врло Лако подлогу вијадукта и насипа, Због садржаја је условно пластичан потенцијал карактеристика.
			Q₂P	ТЕСАК - представљен је алеуролитом средњозрном до финозрном песковитом цементу до глиновитом цементу, средње до јако цементисан, средње до јако испуцао, средње до јако распадљив, Врло Тешко до средње тешко откопљив, Врло Тешко у површини због јаког распадања, Врло Тешко у површини због јаког распадања, Врло Тешко у површини због јаког распадања

САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о
Немањина 6/IV, 11000 Београд

Прилог 4
Геостатички прорачуни

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : Geotehnicki elaborat za Idejni projekat za izgradnju zeleznicke pruge Beograd-Subotica
Part : Deonica Novi Sad - Subotica, km 101+950 nasip nadogradnja H=4m 1:1.5
Date : 23.1.2019.

Soil parameters

Q1 al p,pr

Unit weight :	γ =	19,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	33,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	0,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	20,00 kN/m^3

Q1 al p

Unit weight :	γ =	19,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	35,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	0,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	20,00 kN/m^3

Q1 al pr

Unit weight :	γ =	20,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	19,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	15,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	21,00 kN/m^3

n-1

Unit weight :	γ =	19,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	23,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	10,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	20,00 kN/m^3

n

Unit weight :	γ =	19,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	23,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	10,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	20,00 kN/m^3

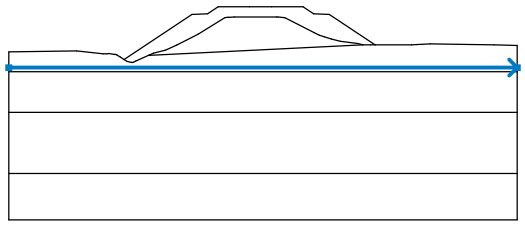
Q1 lp pr

Unit weight :	γ =	20,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	19,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	14,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	21,00 kN/m^3

Water

Water type : GWT

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	-6,00	50,00	-6,00		

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	12,55	[m]	Angles :	α_1 =	-2,54	[°]
	z =	9,88	[m]		α_2 =	47,88	[°]
Radius :	R =	14,73	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 217,29 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 332,02 kN/m

Sliding moment : M_a = 3200,74 kNm/m
Resisting moment : M_p = 4890,62 kNm/m
Factor of safety = 1,53 > 1,40
Slope stability ACCEPTABLE

Analysis 2

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	13,14	[m]	Angles :	α_1 =	-7,92	[°]
	z =	7,45	[m]		α_2 =	54,25	[°]
Radius :	R =	12,75	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Morgenstern-Price)

Factor of safety = 1,50 > 1,40
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : Geotehnicki elaborat za Idejni projekat za izgradnju zeleznicke pruge Beograd-Subotica
Part : Deonica Novi Sad - Subotica, km 110+300 nasip nadogradnja H=6m
Date : 24.1.2019.

Soil parameters

n

Unit weight :	γ =	19,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	23,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	10,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	20,00 kN/m^3

Q1 lp pr

Unit weight :	γ =	20,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	19,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	14,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	21,00 kN/m^3

Q1 lp gl

Unit weight :	γ =	20,50 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	20,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	15,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	21,00 kN/m^3

Q1 al p

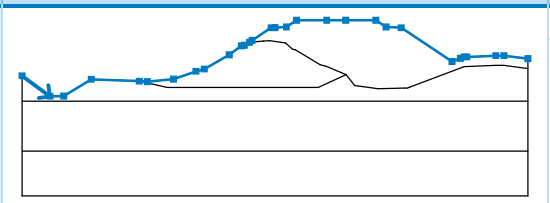
Unit weight :	γ =	19,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	35,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	0,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	21,00 kN/m^3

n-1

Unit weight :	γ =	19,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	23,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	10,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	20,00 kN/m^3

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	18,80	51,65	18,80		

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	19,70	[m]	Angles :	α_1 =	-10,39	[°]
	z =	36,40	[m]		α_2 =	53,27	[°]
Radius :	R =	14,08	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 278,45 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 429,80 kN/m

Sliding moment : M_a = 3920,55 kNm/m
Resisting moment : M_p = 6051,60 kNm/m

Factor of safety = 1,54 > 1,40
Slope stability ACCEPTABLE

Analysis 2

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	19,59	[m]	Angles :	α_1 =	-11,14	[°]
	z =	36,31	[m]		α_2 =	53,88	[°]
Radius :	R =	14,13	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Morgenstern-Price)

Factor of safety = 1,54 > 1,40
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : Geotehnicki elaborat za Idejni projekat za izgradnju zeleznicke pruge Beograd-Subotica
Part : Deonica Novi Sad - Subotica, poprecne veze nasip H=8m 1:1.5; 1:1.75
Date : 25.1.2019.

Soil parameters

n-1

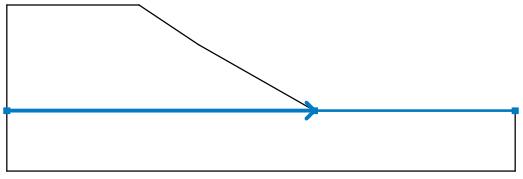
Unit weight :	γ	=	19,00 kN/m^3
Stress-state :	effective		
Angle of internal friction :	φ_{ef}	=	23,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef}	=	10,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m^3

Q1 al pr,m

Unit weight :	γ	=	20,00 kN/m^3
Stress-state :	effective		
Angle of internal friction :	φ_{ef}	=	20,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef}	=	15,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m^3

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	9,98	23,25	9,98	38,42	9,98

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	21,60	[m]	Angles :	α_1 =	-58,39	[°]
	z =	26,79	[m]		α_2 =	5,22	[°]
Radius :	R =	16,81	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 320,52 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 481,78 kN/m

Sliding moment : M_a = 5388,00 kNm/m
Resisting moment : M_p = 8098,67 kNm/m
Factor of safety = 1,50 > 1,40
Slope stability ACCEPTABLE

Analysis 2

Circular slip surface

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slip surface parameters							
Center :	x =	21,49	[m]	Angles :	α_1 =	-60,15	[°]
	z =	25,91	[m]		α_2 =	5,82	[°]
Radius :	R =	15,93	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Morgenstern-Price)
Factor of safety = 1,50 > 1,40
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : Geotehnicki elaborat za Idejni projekat za izgradnju zeleznicke pruge Beograd-Subotica
Part : Deonica Novi Sad - Subotica, poprecne veze nasip H=8m 1:1.5; 1:1.75
Date : 25.1.2019.

Soil parameters

n-1

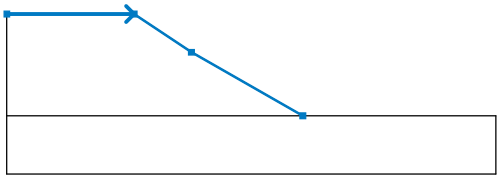
Unit weight :	γ =	19,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	36,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	1,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	20,00 kN/m^3

Q1 al pr,m

Unit weight :	γ =	20,00 kN/m^3
Stress-state :		effective
Angle of internal friction :	φ_{ef} =	20,00 °
Cohesion of soil :	c_{ef} =	15,00 kPa
Saturated unit weight :	γ_{sat} =	21,00 kN/m^3

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	9,98	23,25	9,98	38,42	9,98

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	29,65	[m]	Angles :	α_1 =	-46,37	[°]
	z =	37,39	[m]		α_2 =	-13,26	[°]
Radius :	R =	28,13	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 127,10 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 179,06 kN/m

Sliding moment : M_a = 3575,26 kNm/m
Resisting moment : M_p = 5036,83 kNm/m
Factor of safety = 1,41 > 1,40
Slope stability ACCEPTABLE

Analysis 2

Circular slip surface

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slip surface parameters							
Center :	x =	29,59	[m]	Angles :	α_1 =	-46,38	[°]
	z =	37,35	[m]		α_2 =	-13,14	[°]
Radius :	R =	28,08	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Morgenstern-Price)
Factor of safety = 1,41 > 1,40
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Analysis of consolidation

Input data

Soil parameters

Q1 al pr

Unit weight :	γ	=	20,00 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	5,00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m^3
Soil :	consolidating, input k		
Coefficient of permeability :	k	=	7,000E-03 m/day

Q1 al pr,m

Unit weight :	γ	=	20,50 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	6,00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m^3
Soil :	consolidating, input k		
Coefficient of permeability :	k	=	1,500E-02 m/day

Q1 al p

Unit weight :	γ	=	19,00 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	20,00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m^3
Soil :	consolidating, input k		
Coefficient of permeability :	k	=	9,500E-01 m/day

n-1

Unit weight :	γ	=	19,00 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	10,00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m^3
Soil :	does not consolidate		

n

Unit weight :	γ	=	19,00 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	10,00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m^3
Soil :	consolidating, input k		
Coefficient of permeability :	k	=	8,600E-02 m/day

Q1 lp pr

Unit weight :	γ	=	20,00 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	5,50 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m^3
Soil :	consolidating, input k		
Coefficient of permeability :	k	=	8,400E-03 m/day

Results (Stage of construction 1)

Results

Analysis of geostatic stress was successfully completed

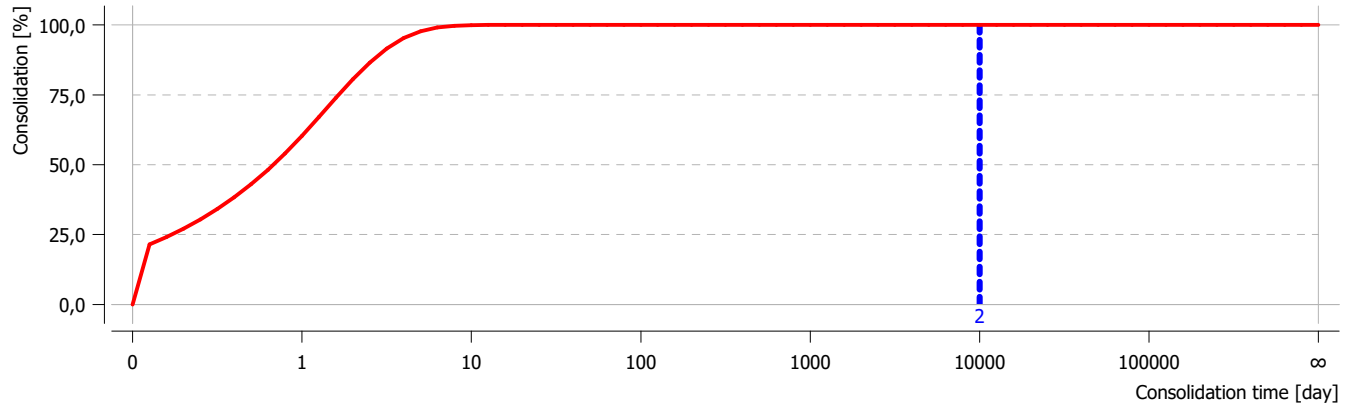
Results (Stage of construction 2)

Results

Analysis performed, method Analysis using oedometric modulus
Maximum settlement = 65,8 mm
Maximum depth of influence zone = 14,70 m

[GeoStructural Analysis - Settlement | version 5.19.4.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Graph of consolidation



Graph of consolidation in the location of maximum settlement (X = 31,03 m)

[GeoStructural Analysis - Settlement | version 5.19.4.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Analysis of consolidation

Input data

Project

Task : Geotehnicki elaborat za Idejni projekat za izgradnju zeleznicke pruge Beograd-Subotica
Part : Deonica Novi Sad - Subotica, km 110+300 nadogradnja postojeceg nasipa
Date : 18.1.2019.

Soil parameters

n

Unit weight :	γ	=	19,00 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	10,00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m^3
Soil :	consolidating, input k		
Coefficient of permeability :	k	=	8,600E-02 m/day

Q1 lp pr

Unit weight :	γ	=	20,00 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	5,50 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m^3
Soil :	consolidating, input k		
Coefficient of permeability :	k	=	8,400E-03 m/day

Q1 lp gl

Unit weight :	γ	=	20,50 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	6,00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m^3
Soil :	consolidating, input k		
Coefficient of permeability :	k	=	2,100E-03 m/day

Q1 al p

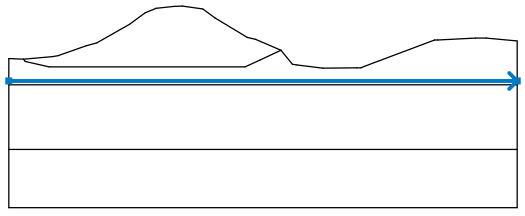
Unit weight :	γ	=	19,00 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	20,00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m^3
Soil :	consolidating, input k		
Coefficient of permeability :	k	=	9,500E-01 m/day

n-1

Unit weight :	γ	=	19,00 kN/m^3
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	10,00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m^3
Soil :	does not consolidate		

Water

Water type : GWT

No.	GWT location	Coordinates of GWT points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	20,00	40,00	20,00		

[GeoStructural Analysis - Settlement | version 5.19.4.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Results (Stage of construction 1)

Results

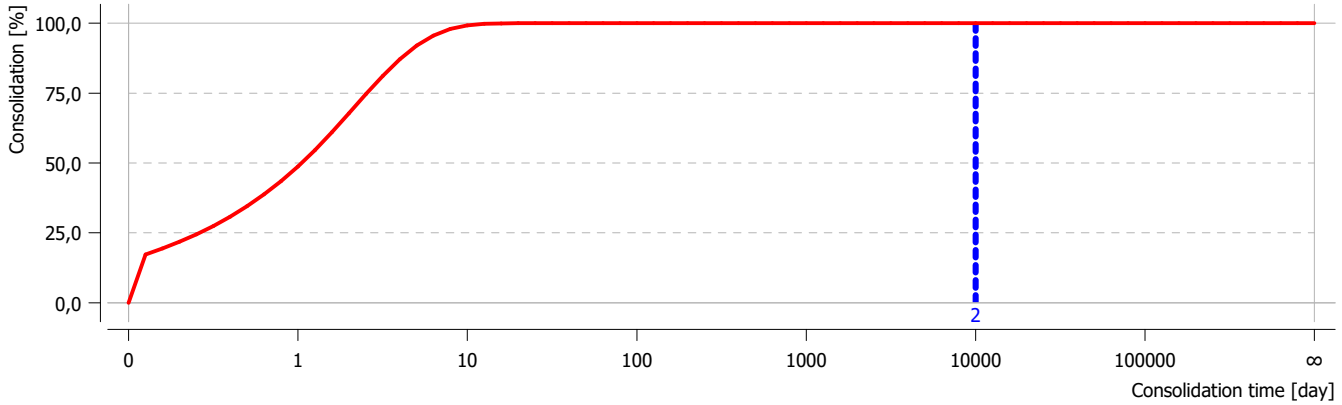
Analysis of geostatic stress was successfully completed

Results (Stage of construction 2)

Results

Analysis performed, method Analysis using oedometric modulus
Maximum settlement = 207,8 mm
Maximum depth of influence zone = 30,63 m

Graph of consolidation



Graph of consolidation in the location of maximum settlement (X = 23,57 m)

[GeoStructural Analysis - Settlement | version 5.19.4.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Projekat:

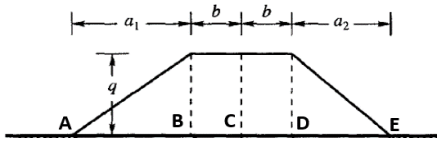
Objekat:

Proračun prognoznog sleganja tla ispod nasipa

Napomena:

Podaci o nasipu

Visina nasipa h (m)	Dimenzije nasipa a1 (m)	a2 (m)	2×b (m)	Zaprem. težina γ (kN/m3)	Napon od nasipa q= γ×h
8.0	15.8	15.8	7.0	20.0	160.0



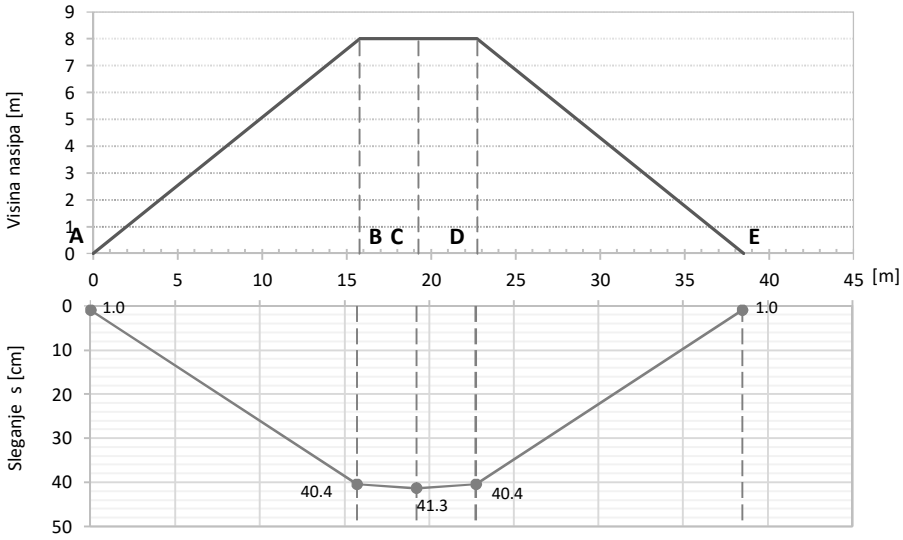
Podaci o tlu i proračun sleganja

Sloj	Dubina (m)	Debljina H (m)	z (m)	γ (kN/m³)	Mv (kPa)	k_f [cm/s]	σz (kPa)	Tačka [A] Δσz [A] (kPa)	s [A] (cm)	Tačka [B] Δσz [B] (kPa)	s [B] (cm)	Tačka [C] Δσz [C] (kPa)	s [C] (cm)	Tačka [D] Δσz [D] (kPa)	s [D] (cm)	Tačka [E] Δσz [E] (kPa)	s [E] (cm)
Nasip	0.0	-	0.0	20.0	-	-	0.0	0.0	-	160.0	-	160.0	-	160.0	-	0.0	-
1	6.0	6.00	3.00	10.0	6000	1.0E-05	30.0	9.5	**1.0**	149.9	**15.0**	156.8	**15.7**	149.9	**15.0**	9.5	**1.0**
2	90.0	84.00	48.00	10.0	15000	1.0E-03	480.0	35.5	**-**	45.4	**25.4**	45.8	**25.7**	45.4	**25.4**	35.5	**-**
						Ukupno sleganje ispod tačke:			**1.0**		**40.4**		**41.3**		**40.4**		**1.0**

Uslov dubine sleganja za odnos dopunskog i geostatičkog napona:

Δσ/σz > 9% (0.1-0.2)

Skica nasipa sa dijagramom sleganja



Vremenski tok konsolidacije

U [%]	T	t [mes]	s [cm]
5	0.002	0.0	**2.1**
10	0.008	0.0	**4.1**
15	0.018	0.0	**6.2**
20	0.031	0.0	**8.3**
25	0.049	0.0	**10.3**
30	0.071	0.0	**12.4**
35	0.096	0.0	**14.5**
40	0.126	0.0	**16.5**
45	0.159	0.0	**18.6**
50	0.196	0.0	**20.7**
55	0.238	0.0	**22.7**
60	0.286	0.1	**24.8**
65	0.340	0.1	**26.9**
70	0.403	0.1	**28.9**
75	0.477	0.1	**31.0**
80	0.567	0.1	**33.1**
85	0.684	0.1	**35.1**
90	0.848	0.2	**37.2**
95	1.129	0.2	**39.3**

Komentar:

Ukupno sleganje nasipa ispod središnje tačke C iznosi 41.3 cm.

50 % sleganja nasipa će se obaviti za 0 mes., a 90 % za 0.2 mes.