Kemijske značajke tla u PP Medvednica s obzirom na primjenu soli u zimskim uvjetima održavanja ceste

Bulić, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:275949

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

Martina Bulić

KEMIJSKE ZNAČAJKE TLA U PP MEDVEDNICA S OBZIROM NA PRIMJENU SOLI U ZIMSKIM UVJETIMA ODRŽAVANJA CESTE

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Prof. dr. sc. Ivica Kisić

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana_____

na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu s ocjenom_____

pred Povjerenstvom u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Ivica Kisić_____

2. Prof. dr. sc. Marija Bujan _____

3. Prof. dr. sc. Stjepan Husnjak _____

Neposredni voditelj: Doc. dr. sc. Aleksandra Perčin_____

SAŽETAK

Zimsko održavanje ceste u Parku prirode Medvednica jedno je od značajnijih pritisaka okoline na spomenuto zaštićeno područje. Kako bi se osigurali povoljni uvjeti na cesti za sigurno i neometano odvijanje prometa česta je primjena industrijske soli. Otapanjem snijega i leda nataložena sol s vodom dospijeva u tlo te na taj način utječe na kemijske parametre tla. Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj primjene industrijske soli na varijabilnost reakcije tla, vrijednost električne vodljivosti tla, raspodjelu biljci pristupačnog fosfora i kalija te utvrditi sadržaj ukupnog ugljika, dušika i sumpora. Uzorkovanje je provedeno 11. ožujka 2015. nakon otapanja snijega, na 18 lokacija duž zagrebačkog dijela Sljemenske ceste. Uzorci su uzeti u neposrednoj blizini ceste, a za potrebe usporedbe rezultata uzeti su kontrolni uzorci u šumi, na lokacijama udaljenim oko 30 cm od ceste, uvijek na višoj nadmorskoj visini. Ukupno je prikupljeno 36 uzoraka tla. Dobiveni rezultati ukazuju na povećanje pH vrijednosti u tlu uz prometnicu u prosjeku za 22 % i električne vodljivosti tla za 135 % što upućuje na povećanje koncentracije ukupno otopljenih iona u tlu. Koncentracija ukupnog ugljika, dušika i fiziološki aktivnog fosfora također je veća u tlu uz prometnicu o odnosu na kontrolne lokacije, dok je koncentracija fiziološki aktivnog kalija manja u tlu uz cestu nego na kontrolnim lokacijama budući da je zbog veće koncentracije natrijevih iona kalij istisnut u lakše dostupne frakcije tla.

Ključne riječi: tlo, reakcija tla, električna vodljivost tla, industrijska sol

ABSTRACT

Road maintenance during the winter period in the Medvednica Nature Park is one ofthe most significant pressures on the environment of the above mentioned protected area. In order to ensure favorable conditions on the road for safe and smooth trafficflow, industrial roadsalt is often applied. When snow and ice melt, deposited salt dissolved in water reaches the soil and thus affects the chemical parameters of the soil. The aim of this study is to determine the impact of industrial salt to the soil reaction variability, the electrical conductivity value, distribution of physiologically active phosphorus and potassium, also to determine the content of total carbon, nitrogen and sulfur. Sampling was conducted on 11th of March, 2015 after the melting of snow on 18 different locations along the Zagreb part of Sljeme road. Samples were taken in the vicinity of the road. For result comparison purposes the control samples were taken in the forest, on locations at approximately 30 cm of the road at a higher altitude. A total of 36 samples were collected. The results indicate an increase of soil pH along the road by an average of 22% and the soil electrical conductivity value to 135%, which indicates an increase in the concentration of total dissolved ions in the soil. The total concentration of carbon, nitrogen and physiologically active phosphorus are higher on the road sites compared to the control sites, while the concentration of physiologically active potassium in the soil near the road is lower than at the control points, since higher concentration of sodium ions causes potassium to be forced out into exchangeable fractions of soil.

Keywords: soil, soil reaction, electrical conductivity value, roadsalt

SADRŽAJ

1 UVOD 1
2 PREGLED LITERATURE 2
2.1 Parkovi prirode u Republici Hrvatskoj 2
2. 1. 1 Park prirode Medvednica 3
2. 1. 2 Klimatske prilike na području Parka prirode Medvednica 4
2. 1. 3 Geologija, tlo i reljef 5
2. 2 Promet i njegov utjecaj na okoliš 8
2. 2. 1 Cestovni promet u zaštićenim područjima u Republici Hrvatskoj 8
2. 2. 2 Cestovni promet u Parku prirode Medvednica 9
2. 3 Zimsko održavanje ceste 11
2. 3. 1 Utjecaj posipala za ceste na okoliš 12
2. 3. 2 Alternativa, preventivne mjere i smanjena upotreba soli 15
2.4 Ciljevi rada 17
3 MATERIJALI I METODE 18
3.1 Lokacija i uvjeti istraživanja 18
3.2 Uzorkovanje tla 21
3.3 Laboratorijska istraživanja 22
3. 4 Statistička analiza 23
4 REZULTATI I RASPRAVA 24
4. 1 Varijabilnost reakcije tla 24
4. 2 Varijabilnost električne vodljivosti tla (EC) 25
4. 3 Varijabilnost fiziološki aktivnog fosfora u tlu 27
4. 4 Varijabilnost fiziološki aktivnog kalija u tlu 28
4. 5 Varijabilnost ukupnog dušika u tlu 29
4. 6 Varijabilnost ukupnog ugljika u tlu 30
4. 7 Varijabilost ukupnog sumpora u tlu 30
5 ZAKLJUČAK 32
6 LITERATURA 33

1 UVOD

Jedinstvena raznolikost života na zemlji, tj. bioraznolikost temelj je svjetskog gospodarstva i blagostanja. Ona nam osigurava čist zrak i vodu, hranu, materijale i lijekove, zdravlje i rekreaciju, podupire oprašivanje i plodnost tla, regulira klimu i štiti nas od ekstremnih vremenskih uvjeta. Kako bi se omogućilo očuvanje bioraznolikosti, u većini zemalja različita mjesta od posebnog značaja zakonom su zaštićena. Hrvatska je po biološkoj raznolikosti jedna od najbogatijih europskih zemalja. Zakonom o zaštiti prirode u Hrvatskoj je zaštićeno 409 područja na ukupnoj površini od 7547,18 km^2 što čini 8,56% ukupnog teritorija Republike Hrvatske. Najveću površinu obuhvaća kategorija parka prirode s udjelom od 4,56% u ukupnom teritoriju države. Osim što doprinose očuvanju biološke raznolikosti zaštićena područja predstavljaju i značajan izvor prihoda, zbog čega je njihov okoliš izložen svakodnevnim pritiscima. Jedan od najznačajnijih pritisaka na zaštićena područja jest promet. U parku prirode Medvednica nalazi se 34,9 km cesta što predstavlja gustoću od 195 m/km^2. U zimskom periodu česte su vremenske pojave poput snijega i leda zbog čega je potrebno osigurati prohodnost ceste i neometano odvijanje prometa. Navedeno se postiže primjenom posipala za ceste. Međutim sredstva koja se koriste kao posipala za ceste imaju negativan utjecaj na sastavnice okoliša (tlo i vodu), a time i na bioraznolikost. U ovom radu istraživan je utjecaj primjene soli u zimskim uvjetima održavanja Sljemenske ceste na kemijske značajke tla u parku prirode Medvednica.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 Parkovi prirode u Republici Hrvatskoj

Park prirode je prostrano prirodno ili djelomice kultivirano područje kopna i/ili mora s ekološkim obilježjima međunarodne i nacionalne važnosti, s naglašenim krajobraznim, odgojno - obrazovnim, kulturno - povijesnim i turističko - rekreacijskim vrijednostima (NN 80/13). Park prirode ima znanstvenu, kulturnu, odgojno - obrazovnu i rekreativnu namjenu, a u njemu su dopuštene gospodarske i druge djelatnosti te zahvati kojima se ne ugrožavaju njihova bitna obilježja i uloga (MZOIP[1], 2015).



Slika 1. Parkovi prirode u Republici Hrvatskoj
(Izvor: www.croenergo.eu)

Od 11 parkova prirode 6 je planinskih i to su: Velebit, Biokovo, Medvednica, Papuk, Učka te Žumberak - Samoborsko gorje, dok su Telašćica i Lastovsko otočje otočni parkovi (slika 1). Kopački rit i Lonjsko polje predstavnici su biološkog bogatstva nizinsko - poplavnih područja, a Vransko jezero najveće je prirodno jezero u Hrvatskoj (Zaštita prirode, 2015).

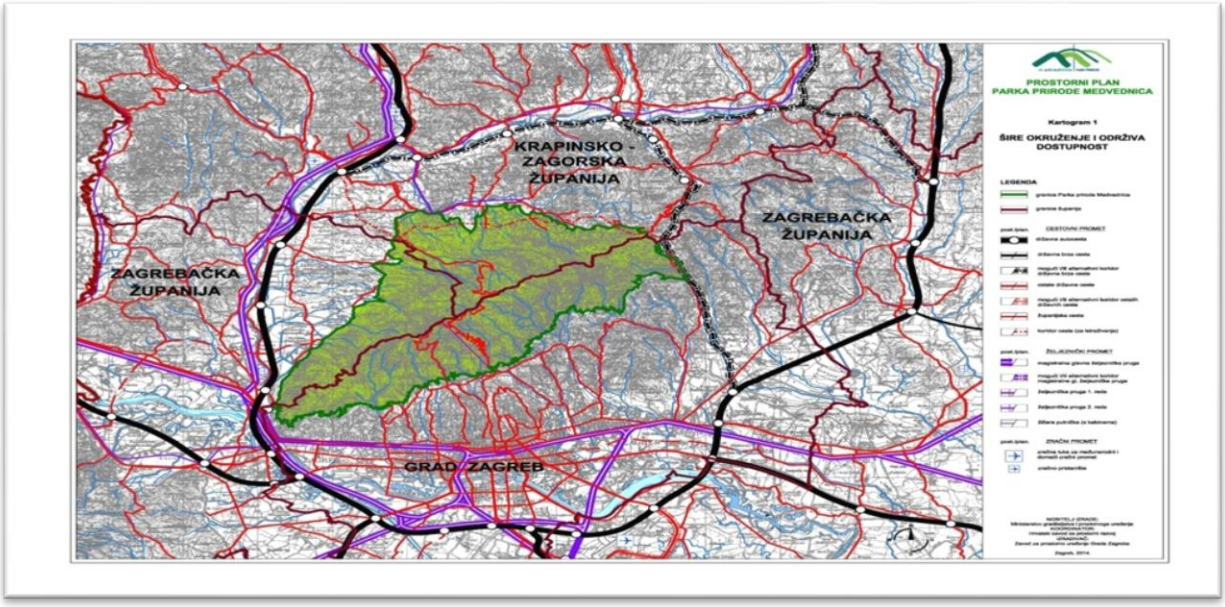
[1]MZOIP - Ministarstvo zaštite okoliša i prirode (www.mzoip.hr)

2. 1. 1 Park prirode Medvednica

Park prirode Medvednica (slika 2) osnovan je 1981. godine. Obuhvaća površinu od 22 826 ha. Park prirode nalazi se na zapadnom dijelu planine Medvednice (Valožić i Cvitanović, 2011). Medvednica se rasprostire od jugozapada prema sjeveroistoku između 15° 49′ 45″ i 16° 07′ 45″ istočne zemljopisne dužine i 45° 49′ 00″ i 45° 59′ 00″ sjeverne zemljopisne širine. Podno njezinih južnih granica pruža se grad Zagreb (Sočo i sur., 2002). Najviši vrh Parka prirode ujedno je i najviši vrh Medvednice - Sljeme te se nalazi na nadmorskoj visini od 1.033 m. Glavni fenomen Parka prirode Medvednica su šume i šumske zajednice koje obuhvaćaju 2/3 Parka prirode (geografija.hr). Svijest o potrebi očuvanja šuma na Medvednici i to ne samo radi korištenja drva kao sredstva za ogrjev javlja se očitije kao reakcija na Gospodarsku osnovu iz 1903. godine Rudolfa Erny-a za gospodarsku jedinicu „Sljeme“ gradskih šuma. U svom komentaru objavljenom u „Šumarskom listu“ Ante Kern, tadašnji šumarski nadzornik, ističe kako bi šume trebalo urediti kao „naravni perivoj“ za zadovoljavanje higijenskih, turističkih i estetskih potreba stanovnika grada Zagreba (PP Parka prirode Medvednica[2], 2014). Međutim nekontrolirane sječe šuma Medvednice i dalje su se nastavile, posljedica čega je pojava jaka erozija vodom na opustošenim područjima, a bujice su počele plaviti livade i polja na području gore što je do tada bilo nepoznato. Tek 1932. godine donijelo je gradsko zastupstvo prijedlog da se na Medvednici uvede gospodarenje kao u zaštićenoj šumi, koja treba da bude park grada i da građanima služi kao odgojno sredstvo (Plavšić – Gojković i Britvec, 1990). Godine 1950. Odjel za zaštitu prirodnih rijetkosti predložio je da se uže područje Medvednice proglasi nacionalnim parkom, a ostale šume na širem području zaštićenim šumama na sjevernim, a parkovnim zelenim površinama na južnim padinama. Odluka o nacionalnom parku nije tada mogla biti donesena iz formalno - pravnih razloga (PP Parka prirode Medvednica, 2014). Godine 1957. izdvojeno je u posebne rezervate još oko 1100 ha šumskih površina koje se odlikuju naročitom slikovitošću (Plavšić – Gojković i Britvec, 1990). Područje je proglašeno izletištem 1963. godine, a zakonom je zaštićeno osam rezervata šumske vegetacije koje je obuhvaćalo 1,042 ha (Valožić i Cvitanović, 2012). Usprkos proglašenju rezervata nastavljeno je s pojačanom eksploatacijom medvedničkih šuma pa je Republički zavod za zaštitu prirode 1979. godine izradio Studiju zaštite prirode kojom se predlaže zaštita Medvednice kao Parka prirode (Opačić i sur., 2014). Dugotrajna borba za opstanak šuma Medvednice okončana je donošenjem dvaju važnih zakona, 1976. i 1981. godine. Zakonom o zaštiti prirode (1976.) uvedena je nova kategorija „park prirode“, a

[2]PP Parka prirode Medvednica – Prostorni plan Parka prirode Medvednica

Zakonom iz 1981. godine proglašen je zapadni dio Medvednice parkom prirode (Plavšić – Gojković i Britvec, 1990).



Slika 2. Zemljopisni položaj PP Medvednica
(Izvor: http://www.mgipu.hr/doc/PPPPMedvednica/Kartogram1.jpg)

Kao što je već i spomenuto, glavna značajka Parka prirode Medvednica su šume (bukve, javora, jasena, jele i hrasta kitnjaka) velike biološke vrijednosti uslijed čega je unutar parka zaštićeno 8 šumskih rezervata. Zbog razlika u visini kao i zbog prisustva brojnih potoka i izvora, ovaj prostor karakteriziraju raznolika staništa koja su zaslužna za bogat biljni i životinjski svijet. U parku je zabilježeno preko 1300 biljnih vrsta, a zbog raznolikosti šuma ptičji svijet broji 70 gnjezdarica. Medvednicu obilježava i raznolikost geološke građe. Najpoznatija stijena Medvednice je zeleni škriljavac, dok su karbonatne stijene zaslužne za nastanak 7.100 m dugog kanala špilje Veternice koja je jedno od naših najznačajnijih paleontoloških nalazišta (Zaštita prirode, 2015).

2. 1. 2 Klimatske prilike na području Parka prirode Medvednica

Područje Medvednice nalazi se u temperaturnoj zoni u kojoj se temperatura zraka smanjuje za 0,5 °C na svakih 100 metara. Srednje godišnje temperature zraka kreću se između 6,2 °C na Puntijarki do 11,4 °C na postaji Zagreb Grič. Analizom je ustanovljeno da bazni potencijal temperature, tj., temperatura koju bi zrak imao na nadmorskoj visini 0 m, na sjevernoj strani Medvednice iznosi 11,3 °C, a na njezinoj južnoj strani 11,7 °C, što je odraz urbanizacije i toplinskog otoka grada (PPParka prirode Medvednica, 2014). Najhladniji mjesec je siječanj sa srednjom mjesečnom temperaturom zraka -3,1 °C. Najtopliji mjesec je srpanj s prosječnom

temperaturom 15,2 °C. Srednja godišnja temperatura zraka je na Medvednici 6,2 °C, a u Zagrebu 11,4 °C, dok je srednja dnevna temperatura ljetnih mjeseci u prosjeku za 6 °C niža od onih u Zagrebu (PP Medvednica[3], 2015). Mjesečne količine oborina najveće su na vršnom području Medvednice. U lipnju padne u prosjeku 138 mm oborina. Vrijednosti opadaju prema sjeveru i jugu. Relativna vlažnost zraka najviša je u hladnom dijelu godine, obično su najviše vrijednosti u prosincu nakon čega vlažnost zraka postepeno pada sve do travnja kada doseže minimum. Relativna vlažnost je u pravilu veća na postajama s većom nadmorskom visinom zbog nižih temperatura ali i bujne vegetacije. Na području parka prevladavaju vrlo blagi vjetrovi (1 do 3 Bf). U određenim vremenskim situacijama može se pojaviti jak ili olujni vjetar u hladnom dijelu povezan s prodorima hladnog zraka sa sjevera ili sjeveroistoka, a ljeti s olujnim nevremenima (PP Parka prirode Medvednica, 2014). Insolacija je puno veća od one u Zagrebu, otprilike za 100 sati godišnje (PP Medvednica, 2015).

2. 1. 3 Geologija, tlo i reljef

Po građi Medvednica je pretežnim dijelom znatne geološke starosti. Jezgru Medvednice izgrađuju stijene paleozoika: devona, karbona i perma. Najzastupljenije stijene su zeleni i glineni škriljavci te mramori, kvarciti i serpentiniti perma (PP Parka prirode Medvednica, 2014). Glavni trup planine izgrađen je od metamorfnih stijena među kojima se ističe zeleni škriljavac. Taj je kamen postao svojevrsnim zaštitnim znakom Medvednice te krasi pročelja mnogih medvedničkih objekata, kao što su Tomislavov dom i kapelica Majke Božje Sljemenske Kraljice Hrvata. Još jedan poznati kamen je litotamnijski vapnenac ili litavac. Zajedno s trijamskim dolomitima čini jedinstvenu kršku zonu. Iako su krške pojave donekle sakrivene pod mlađim holocenskim naslagama i gustom vegetacijom, ipak su tu prisutni brojni krški oblici poput špilja, jama, vrtača, krških dolina i ponikava. Poniranjem voda s područja Ponikvi duž pukotina u stijenama nastala je i špilja Veternica koja se sa svojih više od 7.000 metara otkrivenih kanala ubraja među najdulje špilje u Hrvatskoj (PP Medvednica, 2015).

Najzastupljenija tla na Medvednici su kiselo smeđe tlo ili distrični kambisol, zatim eutrično smeđe tlo ili eutrični kambisol, kalkokambisol, lesivirano tlo i rendzina. Pedosfera ovog područja usko je povezana s litološkom podlogom, tako da se povrh kiselih stijena (škriljci, filiti, brusilovci i pješčenjaci) uglavnom pojavljuje distrični kambisol i luvisol, dok se na bazičnim stijenama najčešće pojavljuje eutrični kambisol. Na nižim dijelovima sjeverne strane

[3]PP Medvednica - Park prirode Medvednica (http://www.pp-medvednica.hr/)

Medvednice, uz pojavu pleistocenskih ilovina i glina, zastupljena su pseudoglejna tla i luvisoli. Na cijelom području Medvednice gdje su nagibi iznad 30 stupnjeva pojavljuju se i rankeri (Bakšić i sur., 2015).

Distrično smeđe tlo (distrični kambisol) formira se na kiselim stijenama pa se naziva još i kiselo smeđe tlo. Karakterizira ga humusni horizont. Prirodna vegetacija distričnog kambisola je šuma (listopadna, mješovita ili četinjarska), a manjim dijelom to mogu biti travnjaci uz jako degradirane šumske površine (Škorić, 1977). Distrično smeđe tlo vrlo je kisele do kisele reakcije (Pernar i sur., 2009). Organska tvar koju godišnje odlažu šumske i travne biljne zajednice podliježe razgradnji u uvjetima siromašnim bazama, kiseloj reakciji i humidnoj klimi što rezultira akumulacijom više ili manje razgrađenog, bazama nezasićenog kiselog humusa. Fizikalna svojstva tla općenito su vrlo dobra (Škorić, 1977). To su u pravilu pjeskovite ilovače propusne za vodu i dobro su prozračne (Martinović, 2000). Sadržaj humusa varira od 3-10%. Adsorpcijski kompleks slabo je zasićen bazama, manje od 50% pa je stoga reakcija tla kisela (pH manji od 5,5). Slaba je opskrbljenost hranjivima, osobito fiziološki aktivnim biljci pristupačnim hranjivima. Zato su to prvenstveno šumska tla, povoljnih fizikalnih svojstava koja zadovoljavaju i skromnije zahtjeve šumskog drveća za biogenim elementima (Škorić, 1977). Ovo tlo spada u dominantne tipove šumskih tala u Hrvatskoj (Vrbek, 2009).

Eutrično smeđe tlo (eutrični kambisol) formira se na bazama bogatim sedimentima. Eutrični kambisoli su većinom ilovasti s nešto povećanim sadržajem gline u (B)v horizontu. Tlo ima dobru dreniranost, osrednji vodni kapacitet i povoljan zračni režim. Reakcija tla je iznad 5,5. Nastaje na lesu i drugim sedimentima bogatim bazama (Vrbek, 2009). Struktura ovih tala je dobra, stabilna i uvjetuje dobru prirodnu drenažu i prozračnost po cijeloj dubini. Porozitet je oko 50%, a vodni kapacitet osrednji (35-40%). Odlična su šumska i vrlo dobra poljoprivredna tla (Škorić, 1977).

Smeđe tlo na vapnencima i dolomitima (kalkokambisol) rasprostranjeno je u vapnenačko dolomitnim planinama (Škorić, 1977). Prema Vrbeku (2009) njegova tvorba vezana je za čiste vapnence i dolomite na kojima kambični (B)rz horizont nastaje postupnim nakupljanjem netopivog glinenog ostatka u procesu okršavanja. Čitavo tlo (solum) je nekarbonatno. Reakcija tla je iznad 5,5. Zbog propusnosti vapnenca takvo je tlo vrlo dobro drenirano. Kalkokambisol je tlo koje je u pravilu slabo opskrbljeno topljivim fosforom (oko 1 mg/100 g

tla), a srednje opskrbljeno topljivim kalijem (10-20 mg/100 g tla). Zasićenost bazama u adsorpcijskom kompleksu viša je od 50% (Vrbek i Pilaš, 2007).

Rendzina je tlo humusno-akumulativnog razreda. Nastaje na karbonatnim matičnim supstratima. Karakterizira ju stabilna graškasta i mrvičasta struktura zbog čega je povoljna i propusnost tla za vodu (Husnjak, 2014). Rendzine su karbonatna tla, humusna sa 5-20% blagog humusa. Reakcija tla je neutralna do slabo bazična, a pH vrijednosti su najčešće 7-8. Takva tla dobro su opskrbljena biljnim hranjivima (Škorić, 1977). Rendzine se mogu nazivati i humusno-karbonatna tla.

Humusno silikatno tlo (ranker) je tip tla humusno-akumulativne klase, a razvija se na silikatnim stijenama. Rankeri su u Hrvatskoj pretežno šumska tla neutralne, kisele ili jako kisele reakcije ovisno o prisustvu baza, koje su sačuvane od pojedinih grupa silikatnih stijena. Prisustvo baza, nadmorska visina te klima i vegetacija određuju karakter humusa i količinu organske tvari (Škorić, 1977). Sadržaj humusa prilično je varijabilan (10-25%). Ovisno o klimatskim uvjetima na rankerima uspijevaju mnoge vrste drveća (bukva, jela, bor, hrast kitnjak). Rankeri su općenito nepogodni za poljoprivrednu proizvodnju (Martinović, 2000).

Lesivirano tlo (Luvisol) je tlo pretežito dubokog soluma. Ova tla pripadaju grupi visokoproizvodnih šumskih tala Hrvatske (Vrbek, 2009). Formiraju se na ilovastim supstratima ili stijenama čijim se raspadanjem može formirati dublji ilovasti profil (Martinović, 2000). Luvisol spada u slabo do umjereno kiselo tlo. Prirodnu vegetaciju takvih tala čine listopadne i mješovite šume, uglavnom hrasta i graba na nižim nadmorskim visinama, odnosno bukve i jele na višim nadmorskim visinama (Husnjak, 2014).

Pseudoglejno tlo na području Hrvatske nastaje u uvjetima različitih kombinacija pedogenetskih čimbenika, zbog kojih se pojavljuje stagniranje oborinske vode i formira tipičan pseudoglejni horizont (Husnjak, 2014). Supstrati na kojima se pseudoglej može formirati moraju biti diferencirani po teksturi tako da se ispod relativno propusnog površinskog sloja javlja za vodu nepropustan sloj. Pseudoglej karakterizira izmjena vlažnog i suhog razdoblja. Tlo pod šumom sadrži 3-5% humusa, a pH vrijednost kreće se oko 5-6. Pseudoglejno tlo vrlo je slabo opskrbljeno aktivnim i ukupnim fosforom. Podložno je eroziji (Martinović, 2000).

2. 2 Promet i njegov utjecaj na okoliš

Promet kao specifična gospodarska djelatnost prijevoza odnosno prijenosa ljudi i roba, svojom kvalitetom i prilagođenošću ljudskim potrebama znatno pridonosi oblikovanju životnog prostora i ukupnom gospodarskom razvoju gdje se mobilnost javlja kao neophodna stavka za razvoj međunarodnog tržišta. S druge strane, stalni gospodarski rast, povećanje proizvodnje, potrošnje a time i obujma prometa, sve više negativno djeluje na čovjekov okoliš te iscrpljuje obnovljive, a pogotovo neobnovljive prirodne resurse. Posljedice se uočavaju u obliku globalnog zatopljenja, povećanja ozonskih rupa, kiselih kiša, istrebljenja biljnih i životinjskih vrsta, smanjivanja obradivog tla zbog izgradnje prometnica te progresivnog iscrpljivanja neobnovljivih izvora energije (Miškulin, 2013). Promet je zbog uporabe fosilnih goriva odgovoran za više od 26% globalnih emisija ugljik (IV) oksida (Božićević, 2011). Cestovni promet najznačajniji je izvor onečišćenja zraka. Također buka iz prometa utječe na kvalitetu života i zdravlje ljudi. Izgradnjom prometne infrastrukture mijenjaju se krajobrazne i prirodne osobitosti pojedinog područja, negativno se utječe na staništa flore i faune (fragmentacija) a time i na krajobraznu raznolikost (Voća, 2014).

2. 2. 1 Cestovni promet u zaštićenim područjima u Republici Hrvatskoj

Prisutnost prometnica, umjetnih i poljodjelskih površina predstavlja potencijalni pritisak za osjetljive ekosustave zaštićenih područja. Prometna infrastruktura dovodi do fragmentacije prostora, a time i staništa u zaštićenim područjima. Fragmentacija zemljišta uzrokovana je povećanom izgradnjom prometnica i urbanih područja te se smatra jednim od glavnih uzroka zabrinjavajuće ugroženosti biološke i krajobrazne raznolikosti. Na takve zahvate posebno su osjetljive velike zvijeri kao što su medvjed, vuk i ris (Kučar-Dragičević, 2007). Prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 80/13) javne ceste, druge prometnice ili druge građevine koje prolaze preko poznatih migracijskih puteva divljih životinja grade se na način da se omogući sigurno prelaženje divljih životinja na odgovarajućim prostornim razmacima. Međutim, zaštićena područja često su posjećena od strane turista i lokalnog stanovništva te su stoga podvrgnuti utjecaju redovitog prometa. Lokalna fauna stoga je često ugrožena prometnicama koje presijecaju zaštićena područja. Mortalitet životinja povećava se za vrijeme trajanja turističke sezone kada je promet u zaštićenim područjima pojačan (Garriga i sur., 2012). Prometnice dovode i do onečišćenja tla, vode i zraka. Štetne tvari ispiranjem dospijevaju u sve dijelove biosfere pa i u podzemne vodotoke (Kučar-Dragičević, 2007). Na onečišćenje tla značajno utječe i primjena posipala za ceste za vrijeme zimskog održavanja cesta.

U publikaciji Agencije za zaštitu okoliša pod nazivom „Kopneni okoliš: pritisci na zaštićena područja“ između ostalog razmatran je i utjecaj prometa kao sektorskog pritiska na zaštićena područja, točnije u kategorijama nacionalnih parkova i parkova prirode. Kod zastupljenosti prometnica u zaštićenim područjima razmatrane su dvije vrste zastupljenosti, a to su zastupljenost autocesta i poluautocesta i zastupljenost autocesta, poluautocesta i ostalih državnih cesta. Najveća površina prometnica prema ukupnoj površini parka bilježi se na području Velebita (pod čime se podrazumijeva PP Velebit, NP Sjeverni Velebit i NP Paklenica). Unutar prijelazne zone najveća površina pod prometnicama u ukupnoj površini parka bilježi se na području PP Lonjsko polje (Kučar-Dragičevć, 2007). Izračunata površina autocesta i poluautocesta unutar zaštićenih područja iznosi 60,77 ha, a unutar prijelazne zone 128,73 ha. Autoceste i poluautoceste prisutne su u PP Lonjsko polje, PP Učka i na području Velebita, a ako se računa i prijelazna zona, prisutne su u PP Lonjsko polje, PP Medvednica, PP Učka i Velebit. Uzmemo li u obzir, uz autoceste i poluautoceste i ostale državne ceste, prikaz zastupljenosti cesta u zaštićenim područjima mijenja se u velikoj mjeri. Ceste unutar zaštićenih područja zauzimaju površinu 302,04 ha, a unutar prijelazne zone 238,92 ha. Dobiveni rezultati prikazuju kako su samo tri zaštićena područja bez prisutnih javnih cesta. To su NP Brijuni, PP Kopački rit i PP Vransko jezero, dok su u prijelaznoj zoni svega dva zaštićena područja bez javnih cesta. To su NP Brijuni i PP Kopački rit (Kučar -Dragičević, 2007).

2. 2. 2 Cestovni promet u Parku prirode Medvednica

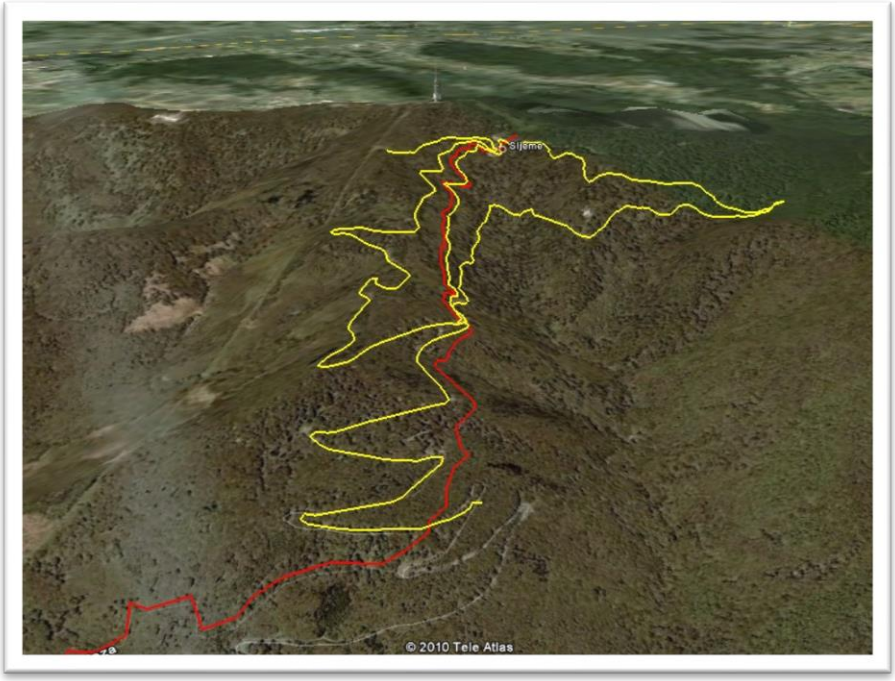
Unutar Parka prirode cestovna infrastruktura je rijetka. Od značajnijih cesta u Parku prirode se nalaze dijelovi državnih javnih cesta D29 i D307, te postojeće nerazvrstane ceste što povezuju Zagreb i Stubičke Toplice sa vršnim dijelom Medvednice te manji dijelovi mreže županijskih, lokalnih javnih cesta i nerazvrstanih cesta u naseljenim dijelovima Parka na zagrebačkoj i zagorskoj strani. Ukupno se unutar Parka (bez obodnih cesta) nalazi 34,9 km cesta što predstavlja gustoću od 195 m/km^2. Ceste na području Parka prirode priložene su u tablici 1. Osim cesta prikazanih u tablici, u Parku se nalaze i šumske ceste i *vlake*, koje su na različite načine uključene u prometnu mrežu Parka (PP Parka prirode Medvednica, 2014).

Tablica 1. Ceste na području Parka prirode Medvednica

Razvrstaj i opis ceste	Duljina u PPM (km)	Duljina uz granicu PPM (km)	Ukupno (km)
Državne ceste	0	7, 3	7, 3
D 29 Čvor Popovec (D3)-Marija Bistrica	_	5, 9	5, 9
D 307 Čvor Mokrice (A2)- Oroslavlje - Donja Stubica	_	1, 4	1, 4
Županijske ceste	0, 1	8, 0	8, 1
Ž 2221 D. Stubica (D 307) M. Bistrica-D. Orešje-Hrastje (D3)	_	1, 2	1, 2
Ž 2224 Ž 2221 –G. Stubica-Sv. Matej-D29	_	5, 0	5, 0
Ž 2225 G. Stubica (Ž2224)-Slani Potok	0, 1	1, 8	1, 9
Lokalne ceste	5, 1	1, 0	6, 1
L 10020 Zelena magistrala-Dubravica (Ž 1015)	1, 8	0, 5	2, 3
L 22071 Donja Stubica (D307)-Pustodol	_	0, 3	0, 3
L 22072 Ž 2221-Milekovo selo	1, 3	_	1, 3
L 22073 Ž 2221-Grabrina	1, 5	_	1, 5
L 22076 Donja Stubica (Ž2221)-Gornja Podgora	0, 5	0, 2	0, 7
Značajne nerazvrstane ceste	46, 9	15, 5	62, 4
Planina Donja D 29	1, 3	1,3	2, 6
Sljemenska-Prilaz Kraljičinom zdencu	10, 0	_	10, 0
Sljemenska-Bliznec	10, 6	0, 4	11, 0
Stubičke toplice (D307)-Pila-Pl. dom Željezničar	17, 2	2, 8	20, 0
Strmec Stubički-G. Bistra-NovakiBistranski-Ivanec Bistranski (D225)	_	11, 0	11, 0
D29 Planina Gornja-Planina Donja-Kučilovina-Prekvršje	7, 8	_	7, 8
Ukupno ceste	52, 1	31, 8	83, 9

Izvor: Prostorni plan Parka prirode Medvednica, 2014.

Sljemenska cesta je županijska cesta koja je izgrađena krajem 19. stoljeća, točnije 1897. na inicijativu tadašnjeg zagrebačkog načelnika Adolfa Mošinskog (Skoko, 2007). Na području parka prirode prostire se na 20,6 km dužine. Na slici 3 prikazan je 3D model Medvednice i na njoj Sljemenska cesta označena žutom bojom.



Slika 3. Sljemenska cesta
(Izvor: www.medvednica.info)

2. 3 Zimsko održavanje ceste

U zimskom periodu česte su vremenske pojave poput snijega, leda i poledice koje mogu na cestama izazvati ozbiljne probleme. Svrha zimskog održavanje ceste (slika 4) upravo je sprječavanje takvih problema, dakle osiguravanje prohodnosti ceste i neometanog odvijanja prometa. Da bi se omogućilo brže otapanje snijega i spriječilo formiranje leda koriste se posipala za ceste. Upotreba posipala za ceste nailazi na široku primjenu u Europi i Sjevernoj Americi u zimskim mjesecima još od 1960-ih godina (Green i sur., 2008). Kao posipala za ceste najčešće se koriste sol i pijesak. Upotrebljavaju se najčešće soli lakih metala: natrijev klorid $NaCl_2$, kalcijev klorid $CaCl_2$ i magnezijev klorid $MgCl_2$ (Šimunjak, 2006). U mnogim europskim zemljama za posipanje cesta upotrebljavaju se još i kemijske tvari poput CaMg acetat (CH_3COO_4), NaMg acetat (CH_3COO_3) i druge tvari (Amundsen i sur., 2010). Pretežno se koristi natrijev klorid (97%), a rjeđe kalcijev klorid (tek 2,5%) (Šimunjak, 2006). Natrijev klorid koristi se najčešće zbog efikasnosti, dostupnosti i niže cijene (Jull, 2009) iako je kalcijev klorid bolje sredstvo za otapanje leda i manje štetan za okoliš od natrijeva klorida (Douglas, 2011). Kao sredstvo za sprječavanje klizavosti (abrazivi) obično se koristi čista kamena sitnež ili pijesak (Šimunjak, 2006). Prema dostupnim podacima prosječni godišnji utrošak soli za zimsku službu na kategoriziranim cestama (državne, županijske, lokalne) iznosi ukupno oko 66 000 tona, od čega 33 400 tona se utroši na državnim cestama, a 32 100 tona na županijskim i lokalnim cestama. Utrošak soli, ovisno o okolnostima kreće se od 10 do

40 g/m^2, a abraziva od 10 do 200 g/m^2 po jednoj aplikaciji. Broj posipanja može doseći i 100 u ekstremnim slučajevima (Šimunjak, 2006). No, iako zimsko održavanje cesta donosi mnoge koristi, sredstva koja se koriste za posipanje ceste vrlo često uzročnici su velikih šteta, ponajprije time što negativno utječu na tlo, biljke i vode. Zbog negativnog utjecaja soli za posipanje ceste u nekim zemljama, primjerice u Češkoj korištenje soli za posipanje ceste u zaštićenim područjima je zakonom zabranjeno (Krenova i sur., 2012).



Slika 4. Zimsko održavanje ceste
(Izvor: http://www.pbs.org/newshour/rundown/why-does-salt-melt-road-ice/)

2. 3. 1 Utjecaj posipala za ceste na okoliš

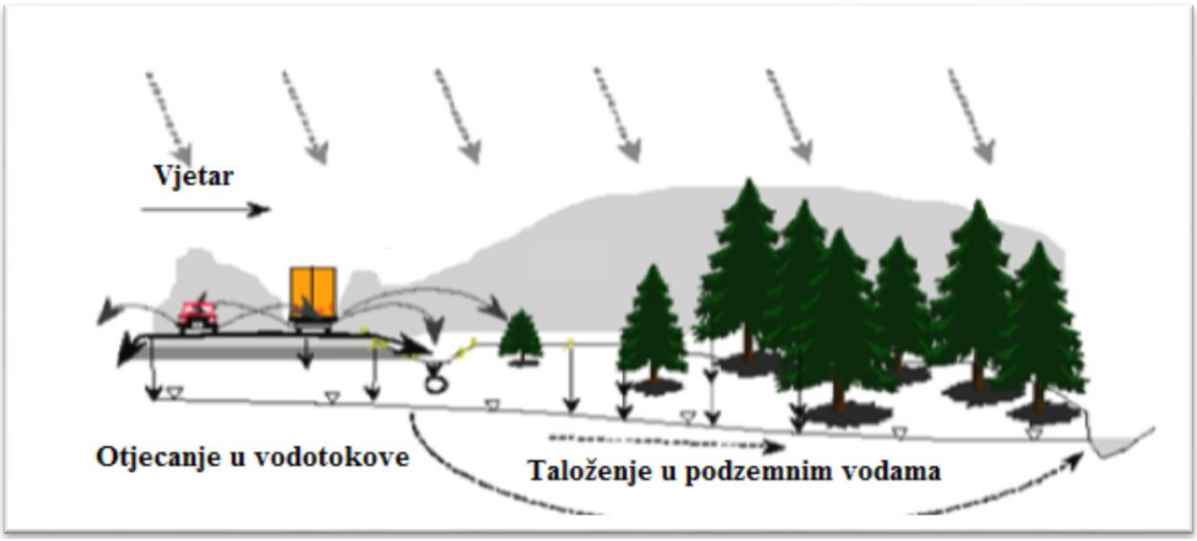
Otapanjem leda primijenjena sol, odnosno natrij na taj način dospijeva u tlo. Nekoliko istraživanja pokazalo je da se povećava udio Na^+ vezanog u tlu uz ceste, dok je istovremeno udio kalcija u tlu smanjen. To ukazuje na to da Na^+ zamjenjuje Ca^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+}, NH_4^+ i druge katione iz kompleksa za ionsku izmjenu te uzrokuje smanjenje sadržaja hranjivih tvari. Smanjuje se opskrba tla vodom i zrakom čime se smanjuju povoljni uvjeti za rast biljaka (Amundsen i sur., 2010). Stupanj zasićenosti tla Na^+ najčešće se izražava kao vrijednost udjela zamjenjivog Na^+ u ukupnom kapacitetu izmjene kationa (ESP vrijednost). U tlima u kojima je ESP vrijednost veća od 6% mogu se očekivati promjene u stabilnosti strukture tla kao posljedica potencijalne disperzije čestica gline (Zovko, 2015).

Povećana koncentracija soli u tlu zaslužna je za povećanje koloidne mobilnosti s čime je povezana i povećana mobilnost teških metala u tlu. Također dolazi do promjene pH tla (Green i sur., 2008). Povećana razina otopljenih elemenata (Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) u tlu uvjetuje porast pH vrijednosti (Černohlavkova i sur., 2008). Da bi se standardizirali načini mjerenja zaslanjenosti tla i postavile sljedive referentne vrijednosti, zaslanjenost tla se najčešće izražava kao vrijednost električne vodljivosti saturacijskog vodnog ekstrakta tla (EC_e u dS m^{-1}). Prema kriterijima postavljenima od U.S Salinity Laboratory (1954.), tlo se smatra slanim ako je

vrijednost EC_e>4 dS m^{-1} (Zovko, 2015). Putujući slojevima tla soli dospijevaju i do podzemnih voda (slika 5) koje također onečišćuju (Löfgren, 2001). Jednom kada sol dospije u podzemne vode tamo ostaje desetljećima (EPA, 2005). Prema istraživanjima (Green i sur., 2008.) utvrđena je povećana koncentracija natrijevih iona u površinskim i podzemnim vodama koje se nalaze u blizini prometnica. Sol zbog svoje gustoće tone na dno jezera ili ribnjaka uzrokujući smanjenu cirkulaciju vode i reaeraciju u dubinama što dovodi do gubitka otopljenog kisika i uginuća vodenih organizama. Dulja razdoblja bez kisika pogoduju opterećenju dna vodenih površina hranjivim tvarima čime se u proljeće i ljeto stvaraju idealni uvjeti za pojačan rast algi koje u konačnici iscrpljuju i ono malo preostalog kisika.

Također voda s povećanom koncentracijom soli nije pogodna za piće (Amundsen i sur., 2010). Povećana koncentracija soli u vodi za piće može uzrokovati zdravstvene probleme kod ljudi koji boluju od hipertenzije. Previsoka koncentracija soli u vodi mijenja njezin okus, a može izazvati i koroziju vodovodnih cijevi (EPA, 2005).

Prema Pravilniku o prirodnim mineralnim, prirodnim izvorskim i stolnim vodama, Zakona o hrani (NN 55/11) maksimalna dopuštena koncentracija natrija i klora je 200,0 mg/l, dok je maksimalna dopuštena koncentracija nitrita 0,1 mg/l NO_2^- i nitrata 50 mg/l NO_3^-.



Slika 5. Dospijevanje soli u podzemne vode
(Izvor: Amundsen i sur., 2010.)

Osim toga, 2 - 5% sadržaja soli za posipanje ceste čine i mnoge druge tvari kao što su fosfor, dušik, bakar, pa čak i cijanid. Natrijev ferocijanid dodaje se u smjesu soli za posipanje ceste kao sredstvo protiv zgrušavanja, oko 0,01% po suhoj masi (Envirocast, 2003). Bez aditiva za sprječavanje zgrušavanja kristali soli se formiraju u komade koje je nemoguće ravnomjerno

rasprštiti po cesti (Siegel, 2007). Iako je toksičnost ferocijanida niska, izloženost suncu čini ga fotorazgradivim. Tada se složeni oblik cijanida (ferocijanid) razgradi do slobodnog oblika cijanida (CN^- i HCN) koji je vrlo toksičan za ljude i vodeni svijet (Olson i Ohno, 1989).

Primjena velikih količina soli za posipanje ceste negativno utječe i na biljke. Povećane razine NaCl u tlu uzrokuju pojavu osmotske neravnoteže u biljkama pa dolazi do inhibicije apsorpcije vode. Velika količina soli utječe na ometanje primanja biljnih hranjiva a time i na daljnji rast i razvoj biljke. NaCl inhibira cvatnju, klijavost sjemena i rast korijena i stabljike (Siegel, 2007). Pri visokim koncentracijama u tlu, natrij (Na^+) je u kompeticiji s esencijalnim biljnim hranjivima. Korijen biljke apsorbira toksične razine klorida (Cl^-) iz soli za posipanje ceste koji se akumuliraju u pupovima, lišću i grančicama, uzrokujući isušivanje (Gil, 2014). Biljke koje su izložene stresu zbog prevelike količine soli imaju tendenciju da postanu osjetljivije na bolesti (Green i sur., 2008). Većina oštećenja vegetacije javljaju se na udaljenosti od oko 20 m od izvora onečišćenja, u ovom slučaju prometnica. Negativni učinci soli za posipanje cesta zabilježeni su i na udaljenostima i do 200 m od prometnica, budući da kontaminanti migriraju putem vode (Siegel, 2007).

Simptomi (slika 6) kod biljaka variraju ovisno o vrsti i o tome kako je sol dospjela u biljku (upijanjem soli korijenom biljke ili izravnom aplikacijom soli na nadzemne dijelove biljke). Kod izravne aplikacije soli na biljku simptomi se manifestiraju u obliku promjene boje iglica i lišća na stablima, vrlo često samo na jednoj strani stabla. S vremenom dolazi do pojave nekroze na rubovima listova. Smeđe, nekrotične iglice ubrzo opadaju. Četinjače i zimzelene vrste koje su razvile lisnu masu tijekom sezone posipanja cesta posebno su ugrožene, no i listopadne vrste mogu također biti značajno ugrožene (slika 6). Posljedica izravne aplikacije soli na biljku uzrokuje značajne štete na pojedinim dijelovima stabala, dok manje jedinke mogu biti u cijelosti uništene (Amundsen i sur., 2010.).



Slika 6. Simptomi oštećenja biljke kao posljedica primjene posipala za ceste
(Izvor: Jull, 2009.)

Sol za posipanje ceste može imati negativan utjecaj i na životinjski svijet, npr. na ptice i sisavce. Ptice često pogrešno zamijene čestice soli za sjeme te na taj način u svoj organizam unose sol. Divljač također konzumira sol jedući lišće i pijući vodu u kojoj je akumulirana sol. Negativan utjecaj na životinjski svijet svakako ima i uništenje vegetacije budući da se na taj način reducira količina hrane, skloništa te mjesta za gniježđenje i razmnožavanje (Siegel, 2007).

2. 3. 2 Alternativa, preventivne mjere i smanjena upotreba soli

Kao posipala za ceste najčešće se koriste tvari bazirane na kloridima, među kojima dominira natrijev klorid. Sastoji se od 40% Na i 60% Cl i manje količine Ca, Mg i sulfata. Kao posipala za ceste u upotrebi su i kalcijev klorid, magnezijev klorid i kalijev klorid no u znatno manjoj mjeri (Amundsen i sur., 2010). Iako efikasne u ulozi posipala za ceste te tvari vrlo često nepovoljno utječu ne samo na okoliš već i na cestovnu infrastrukturu i vozila budući da su visoko korozivne (Jull, 2009). Da bi se umanjilo negativno djelovanje navedenih tvari potrebno je primijeniti preventivne mjere. Jedna od najefikasnijih preventivnih mjera je sadnja biljaka tolerantnih na sol. Sadnja stabala i grmlja otpornih na sol spriječiti će otjecanje vode kontaminirane solju u zonu korijena osjetljivih biljaka. Vegetaciju osjetljivu na sol moguće je zaštititi postavljanjem fizičkih barijera oko bilja kao što su plastika ili materijali od jute. Potrebno je izbjegavati prebacivanje kontaminiranih hrpa snijega na vegetaciju. Primjena gipsa na teška glinovita tla s visokom koncentracijom soli rezultirati će boljom aeracijom tla (Jull, 2009.). Dodavanje organske tvari u tlo pomaže u regeneraciji povoljnih svojstava tla (prozračnost i propusnost tla) (Douglas, 2011). Američka agencija za zaštitu okoliša predlaže

štedljivu uporabu soli, budući da je jedan od najvažnijih faktora koji igra ulogu u primjeni soli temperatura. Stoga je pri višim temperaturama potrebna manja količina soli. Sol je potrebno nanijeti na cestu što je ranije moguće, prije nego snijeg padne jer je mnogo teže otopiti nataloženi snijeg nego spriječiti njegovo taloženje. Stoga je izrazito bitno pratiti vremensku prognozu (EPA, 2005). Osim preventivnih mjera mnoge zemlje u Americi odlučile su se za primjenu alternativnih sredstava. U državi Wisconsin odnedavno je u primjeni slana voda nastala kao nusprodukt pri proizvodnji sireva kao što je npr. mozzarella. Sol otopljena u takvoj otopini ima nižu točku ledišta pa je potrebno primijeniti manju količinu industrijske soli. U nekim državama u SAD-u zabilježena je i upotreba melase koja se dodaje soli za posipanje ceste. Pokazala se učinkovitom budući da pomaže soli da ostane prilijepljena na cesti, a ujedno čini sol za posipanje ceste manje korozivnom (www.cbc.ca). U regiji Niagara u Kanadi popularno sredstvo u borbi protiv stvaranja leda na cestama je sok šećerne repe. Naime, nakon što se iz repe ekstrahira šećer, sok i voda koji ostaju kao nusprodukti koriste se kao dodatak tekućini za odleđivanje. Koncentracija ugljikohidrata u tekućini snižava njezinu točku ledišta. Kada se pomiješa sa solju dobivena smjesa bolje prianja na primijenjenu površinu. Nakon primjene tekućine za odleđivanje pomiješane sa sokom šećerne repe potrebno je primijeniti manje soli za posipanje ceste nego inače. Upotreba soli smanjena je s 85 kg po kilometru staze na 78 kg po kilometru staze (Niagararegion, 2015). Magnezijev acetat, kalcijev acetat, natrijev acetat i kalijev acetat organski su spojevi koje je također moguće primijeniti kao alternativu solima na bazi klorida (Amundsen i sur., 2010).

2.4 Ciljevi rada

Ciljevi ovog diplomskog rada su sljedeći:

1. Utvrditi utjecaj primjene industrijske soli kojom se tretira Sljemenska cesta na varijabilnost reakcije tla (pH) i vrijednost električne vodljivosti tla koje je smješteno u neposrednoj blizini tretirane prometnice
2. Odrediti raspodjelu biljci pristupačnog kalija i fosfora te sadržaja ukupnog ugljika, dušika i sumpora u tlu u neposrednoj blizini tretirane prometnice

3 MATERIJALI I METODE

3.1 Lokacija i uvjeti istraživanja

Istraživanje je provedeno na području parka prirode Medvednica, točnije duž zagrebačkog dijela Sljemenske ceste.

Lokacije uzorkovanja (slika 7):

1. Parkiralište Bliznec
2. Iznad JUPPM na zavoju ceste
3. Izvor
4. 5. kilometar
5. Kod Leusteka
6. 8. kilometar
7. Ispod Brestovca
8. Šumarske jaslice
9. Žičara
10. Tomislavov dom
11. Grafičar
12. Risnjak
13. Vidikovac 1
14. Ariš
15. Kraljičin zdenac
16. Ugibalište Miroslavec
17. Klizište
18. Šestinski lagvić

Zagorska strana Sljemenske ceste nije obuhvaćena istraživanjem budući da se prema procjenama taj dio ceste mnogo manje soli nego zagrebački dio. Stoga zagorska strana ceste nije u tolikoj mjeri podložna onečišćenju posipalom za ceste.



Slika 7. Neke od lokacija uzorkovanja tla duž Sljemenske ceste
(Izvor: www.google.hr/maps/place/Medvednica)

Vremenske prilike na Sljemenu toga dana prikazane su u tablici 2. Zabilježena minimalna dnevna temperatura toga dana iznosila je -1 °C, dok je maksimalna dnevna temperatura iznosila 12 °C. Ukupna dnevna količina oborina iznosila je 2 mm.

Tablica 2. Vremenske prilike 11.03.2015 na Sljemenu

Datum	Dnevna minimalna temperatura	Dnevna maksimalna temperatura	Maksimalni stalni vjetar	Ukupna dnevna količina oborina
11.03.2015.	-1°C	12°C	22 Km/h	2 mm

Izvor: freemeteo, 2016.

Prosječna minimalna temperatura na Sljemenu za mjesec ožujak iznosila je 12,5 °C, dok je prosječna maksimalna temperatura iznosila 13,2 °C. Zabilježena prosječna količina oborina za mjesec ožujak iznosila je 1,2 mm (tablica 3).

Tablica 3. Prosječne vrijednosti vremenskih prilika za mjesec ožujak, 2015.

Datum	Prosječna minimalna temperatura	Prosječna maksimalna temperatura	Prosječni stalni vjetar	Prosječna količina oborina
11.03.2015	12,5°C	13,2°C	24 Km/h	1,2 mm

Izvor: freemeteo, 2016.

U tablici 4 zabilježeno je kretanje snježnih padalina kroz razdoblje od listopada 2014. do travnja 2015. Primjerice 07. prosinca 2014. palo je ukupno 2 cm snijega, a dan nakon palo je dodatnih 5 cm, što sveukupno čini 7 cm, nadalje, 09. prosinca nisu zabilježene nove snježne oborine te se snijeg u međuvremenu počeo otapati, pa je 12. prosinca zabilježeno 4 cm snijega, nakon čega je uslijedilo duže razdoblje bez snježnih oborina do 26. prosinca 2014.

Tablica 4. Ukupne snježne oborine na Sljemenu za period od listopada 2014. do travnja 2015.

Godina dan\mjesec	Snijeg ukupni cm 2014 10	Snijeg novi cm 2014 10	Snijeg ukupni cm 2014 11	Snijeg novi cm 2014 11	Snijeg ukupni cm 2014 12	Snijeg novi cm 2014 12	Snijeg ukupni cm 2015 1	Snijeg novi cm 2015 1	Snijeg ukupni cm 2015 2	Snijeg novi cm 2015 2	Snijeg ukupni cm 2015 3	Snijeg novi cm 2015 3	Snijeg ukupni cm 2015 4	Snijeg novi cm 2015 4
1							36		41		X 63			
2							34	1	51	12	X 63		0	0
3							24		50		53			
4							21		52	2	50			
5							18	1	55	3	47	X 1	X 1	X 1
6							20	3	68	24	46			
7					2	2	20		99	X30	45			
8					7	5	19		99	1	45			
9					4	0	19		97		43			
10					5	1	18		X105	8	42			
11					5		9		97	0	38			
12					4		14	5	96		37	0		
13							10		86		36			
14							8		83		35			
15							6	0	78		35			
16							5		75		34			
17							1		72		33			
18									69		31			
19									67		27		X 1	X 1
20									65		26			
21									62		25			
22									59		22			
23	X 3	X 3							57	1	18			
24							21	X21	49		16			
25							33	12	67	22	13			
26					14	14	36	2	65	0				
27					11		34		64					
28					31	X21	32	0	63					
29					X 38	7	32							
30					X 38	1	33	2						
31					36	0	X 42	9						

Izvor: DHMZ, 2016.

Količina snijega u razdoblju od zime 2013. do zime 2015. iznosila je sveukupno 1199 m (Tablica 5).

Tablica 5. Ukupna visina snijega za razdoblje 2013-2015.

Datum	Visina snijega u metrima
Siječanj 2013.	596 m
Veljača 2013.	237 m
Ožujak 2013.	82 m
Prosinac 2014.	32 m
Siječanj 2015.	183 m
Veljača 2015.	69 m

Izvor: freemeteo, 2016.

3.2 Uzorkovanje tla

Uzorkovanje tla provedeno je 11.03.2015. na 18 lokacija duž zagrebačkog dijela Sljemenske ceste. Sa svake lokacije uzeta su dva uzorka tla pomoću agrotehničke sonde. Jedan uzorak uzet je u neposrednoj blizini ceste (slika 7), a drugi uzorak uzet je u šumi (slika 8), oko 30 m dalje od ceste i predstavlja kontrolni uzorak. Uzorkovanje tla vrši se na način da se agrotehnička sonda vrtnjom zabija u tlo od 0 do 30 cm dubine, a izvađeni sadržaj istresa se u spremnik. Da bi uzorak bio reprezentativan potrebno je dobro usitniti i izmiješati nekoliko pojedinačnih uzoraka. Reprezentativni uzorak stavlja se u čistu i označenu PVC vrećicu. Potom odlazi na daljnju laboratorijsku analizu.



Slika 8. Uzorkovanje tla uz cestu (Izvor: Bulić, 2015).



Slika 9. Uzorkovanje tla na kontrolnoj lokaciji (Izvor: Bulić, 2015).

3.3 Laboratorijska istraživanja

Određivanje **pH vrijednosti** provedeno je prema protokolu HRN ISO 10390:2004.

Reakcija tla određena je u suspenziji tla s 1M/L KCl u omjeru 1:2,5 (w/v) potenciometrijskom metodom. Za mjerenje je korišten Bechamov Φ 72 pH-metar i kombinirana staklena elektroda. pH vrijednost određena je elektrometrijski, mjerenjem razlike potencijala između dviju elektroda (radne i referentne) uronjenih u suspenziju tla.

Određivanje **električne vodljivosti** (EC) tla provedeno je elektrokemijskom metodom. Mjerenje je izvršeno pomoću konduktometra Lab 960 Schott Instruments u filtratu ekstrakta tla i vode u omjeru 1:5 (w/v).

Na slici 10 prikazani su mjerni instrumenti za laboratorijsko određivanje pH vrijednosti i električne vodljivosti tla.



Slika 10. Analitički instrumenti za određivanje pH i EC (Perčin, 2015).

Određivanje **ukupnog dušika, ugljika i sumpora** provedeno je simultano, metodom suhog spaljivanja na Vario, Macro CHNS analizatoru. Određivanje ukupnog dušika provedeno je

prema normi HRN ISO 13878:2004, dok je sadržaj ukupnog ugljika određen prema normi HRN ISO 10694:2004. Sadržaj sumpora u tlu određen je prema normi HRN ISO 15178:2005. Postupak se temelji na spaljivanju uzorka u struji kisika 1150°C uz prisustvo volfram (IV) oksida koji služi kao katalizator.

Fiziološki aktivni fosfor i kalij ekstrahirani su s AL-otopinom odnosno amonij acetat laktatnom kiselinom.

Fiziološki aktivni fosfor u tlu određen je spektrofotometrijski pomoću kolorimetrijske metode. Korišten je spektrofotometar DR /2000 HACH. Mjerio se intenzitet razvijene plave boje P-kompleksa na valnoj duljini $\lambda = 620$ nm.

Fiziološki aktivni kalij u tlu određen je metodom plamene fotometrije s Jenway plamenim fotometrom. Određivanje je provedeno direktno iz ekstrakta tla mjerenjem emisije elektromagnetskog zračenja.

3. 4 Statistička analiza

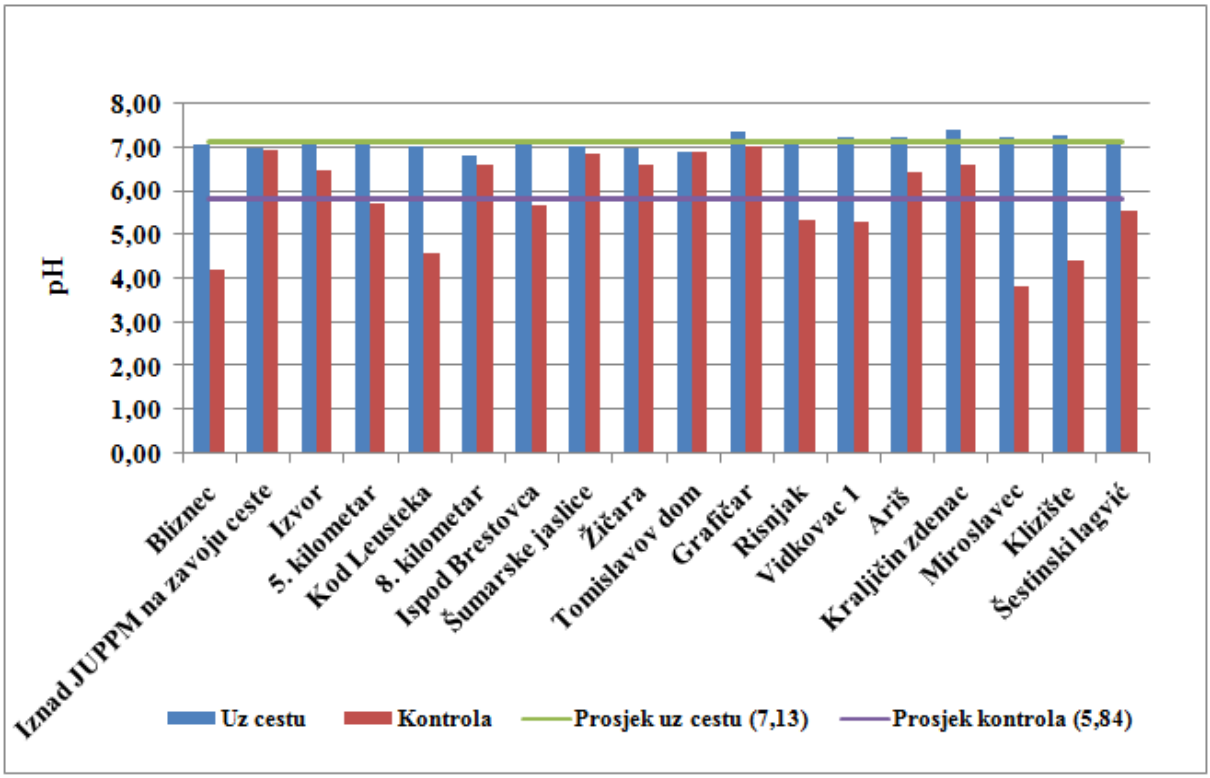
Deskriptivna statistika koja je uključivala izračun mjerila centralne tendencije odnosno aritmetičke sredine, kao i izračun mjerila varijabilnosti, odnosno koeficijenta varijacije provedena je u paketu SAS 9.1.3.

4 REZULTATI I RASPRAVA

4. 1 Varijabilnost reakcije tla

Na grafikonu 1 prikazana je varijabilnost reakcije tla prema lokacijama istraživanja.

Vidljivo je da pH tla prirodno varira na lokacijama na kojima su uzeti kontrolni uzorci. Veća je varijabilnost reakcije tla uz varijacijski koeficijent (cv) od 17% na kontrolnim lokacijama, nego reakcije tla uz cestu koje je bilo u doticaju sa industrijskom solju, gdje varijacijski koeficijent iznosi 2%. Raspon pH vrijednosti tla na kontrolnim lokacijama kreće se od 3,82 na lokaciji Mirolavec do 7,05 na lokaciji Grafičar, dok se raspon pH vrijednosti na tlima uz cestu kreće od 6,82 na lokaciji 8. kilometar do 7,39 na lokaciji Kraljičin zdenac.



Grafikon 1. Varijabilnost pH vrijednosti tla prema lokacijama uzorkovanja

Od ukupno 18 uzoraka uzorkovanih na kontrolnim lokacijama, 8 uzoraka pripada slabo kiselim tlima, 5 uzoraka pripada srednje kiselim tlima, 3 uzorka pripadaju jako kiselim tlima, 1 uzorak vrlo jako kiselim tlima i 1 uzorak neutralnim tlima. To se može pripisati različitim tipovima tala istraživanih lokacija. Vidljivo je povećanje reakcije tla u prosjeku za 22% na lokacijama uz cestu u odnosu na pH vrijednosti na kontrolnim lokacijama. Srednja pH vrijednost izmjerena na lokacijama uz cestu i na kontrolnim lokacijama upućuju na to da je tlo uz cestu slabo alkalne reakcije (pH 7,13), dok je na kontrolnim lokacijama slabo kisele

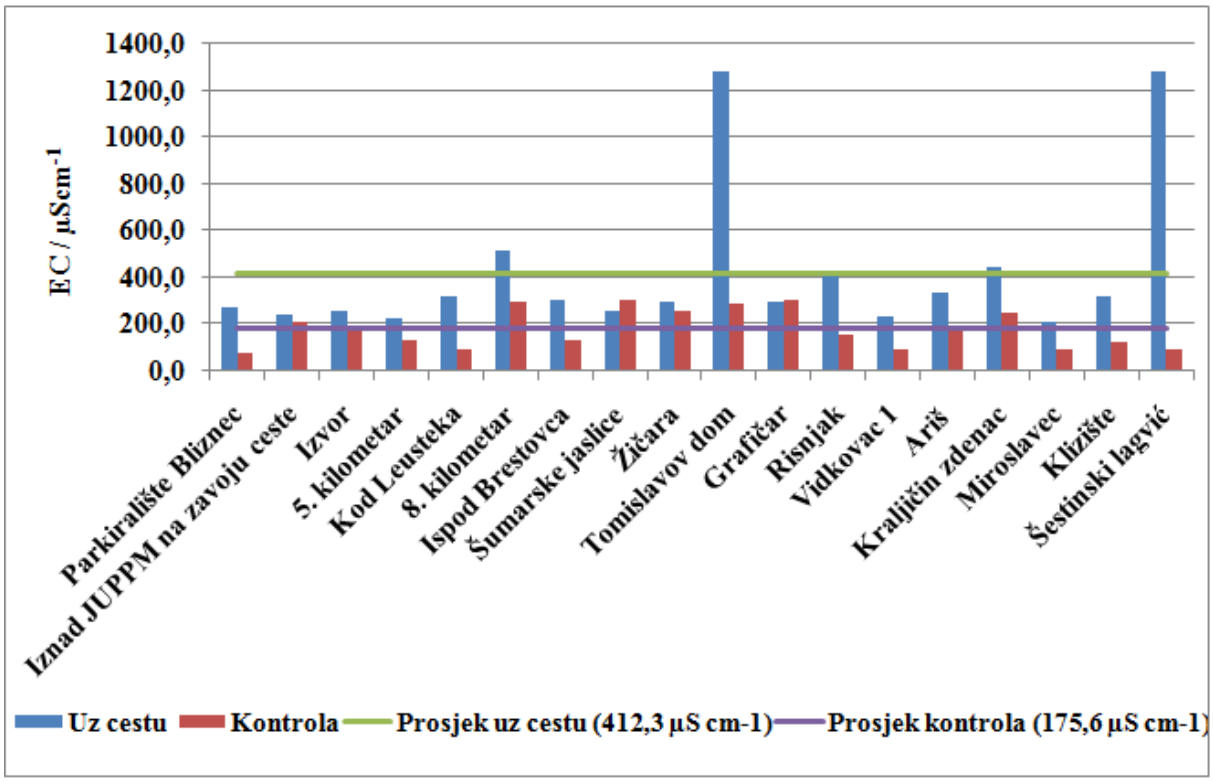
reakcije (pH 5,84). Hofman i sur. (2012) u svojem su istraživanju utvrdili povećanje pH vrijednosti tla koje je bilo u doticaju sa industrijskom solju u odnosu na tlo koje nije bilo u doticaju sa industrijskom solju. Uzorkovanje je provedeno u prirodnom rezervatu Kokorinsko i nacionalnom parku planine Krkonoše (Češka) uz prometnicu s vrlo intenzivnim prometom. Prometnica je u zimskom periodu učestalo tretirana industrijskom solju. Uzorci tla uzeti su sa 0 do 15 cm dubine uz cestu i na kontrolnim lokacijama. Kontrolni uzorci uzeti su na lokacijama koje su 20 m udaljene od prometnice. Uzorkovanje je provedeno u jesen 2009. i u proljeće 2010. kako bi se utvrdilo radi li se o samo privremenim ili trajnim posljedicama uporabe industrijske soli budući da je u jesen većina soli već isprana. Na obje istraživane lokacije (Kokorinsko i Krkonoše) zabilježeno je smanjenje pH vrijednosti paralelno s povećanjem udaljenosti od ceste (Hofman i sur., 2012).

Smanjenje vrijednosti reakcije tla popraćeno udaljenošću od ceste u svojim istraživanjima bilježe i mnogi drugi (Gill, 2014; Green i sur., 2008; Cobo, 2014; Neher i sur., 2013). Niže pH vrijednosti na kontrolnim lokacijama mogu se djelomično pripisati utjecaju šumskih biljnih zajednica na istraživanim lokacijama. Naime, šumske zajednice odlažu dio nadzemnih organa na površinu tla u obliku listinca. Procesima humifikacije i mineralizacije novonastala organska tvar sudjeluje u stvaranju humusa koji ovisno o kvaliteti organske tvari može biti kisele ili blage reakcije. Vegetacijski ostaci bukve daju humus blago kiselog karaktera, a četinjače koje sadrže visok udio tanina, smola i lignina daju humus kiselog karaktera (Špoljar, 2007). Prema Martinović (2003) šumska prostirka ima jak utjecaj na aciditet tla te su poznati i slučajevi gdje su površinski slojevi tla manje kiseli od dubljih zbog koncentracije baza u šumskoj prostirci.

4.2 Varijabilnost električne vodljivosti tla (EC)

Grafikon 2 predstavlja varijabilnost električne vodljivosti (EC-Electricalconductivity) tla. Srednja vrijednost električne vodljivosti tla na lokacijama uz cestu iznosi 412,3 μScm^{-1} (0, 412dSm^{-1}), a na kontrolnim lokacijama 175,6 μScm^{-1} (0,175 dSm^{-1}) što ukazuje na povećanje ukupno otopljenih iona u tlu za 135%. Manja je varijabilnost među vrijednostima električne vodljivosti tla na kontrolnim lokacijama, uz varijacijski koeficijent od 46% nego na lokacijama uz prometnicu (cv=77%). Prema Zima (2012) veća koncentracija Na^+ i Cl^- uzrokovana povećanom primjenom industrijske soli doprinosi većoj snazi iona, a time i većoj električnoj vodljivosti. Značajno veće razine Na^+ u tlu uz cestu u odnosu na razinu Na^+ u tlu na kontrolnoj lokaciji koja je od ceste udaljena 20 m zabilježili su i Hofman i sur. (2012).

Povećanje vrijednosti električne vodljivosti u tlu bliže prometnici u svom istraživanju bilježi Garcia (2015). Istraživanje je provedeno na četiri lokacije s različitom udaljenošću od prometnice (3 m, 5m, 10 m i 30 m). Na svakoj od istraživanih lokacijama najveće vrijednosti EC zabilježene su na udaljenosti od 3 m od prometnice. Na pojedinim lokacijama zabilježene su izrazito visoke vrijednosti od čak 9, 240 dSm^{-1} (Garcia, 2015).

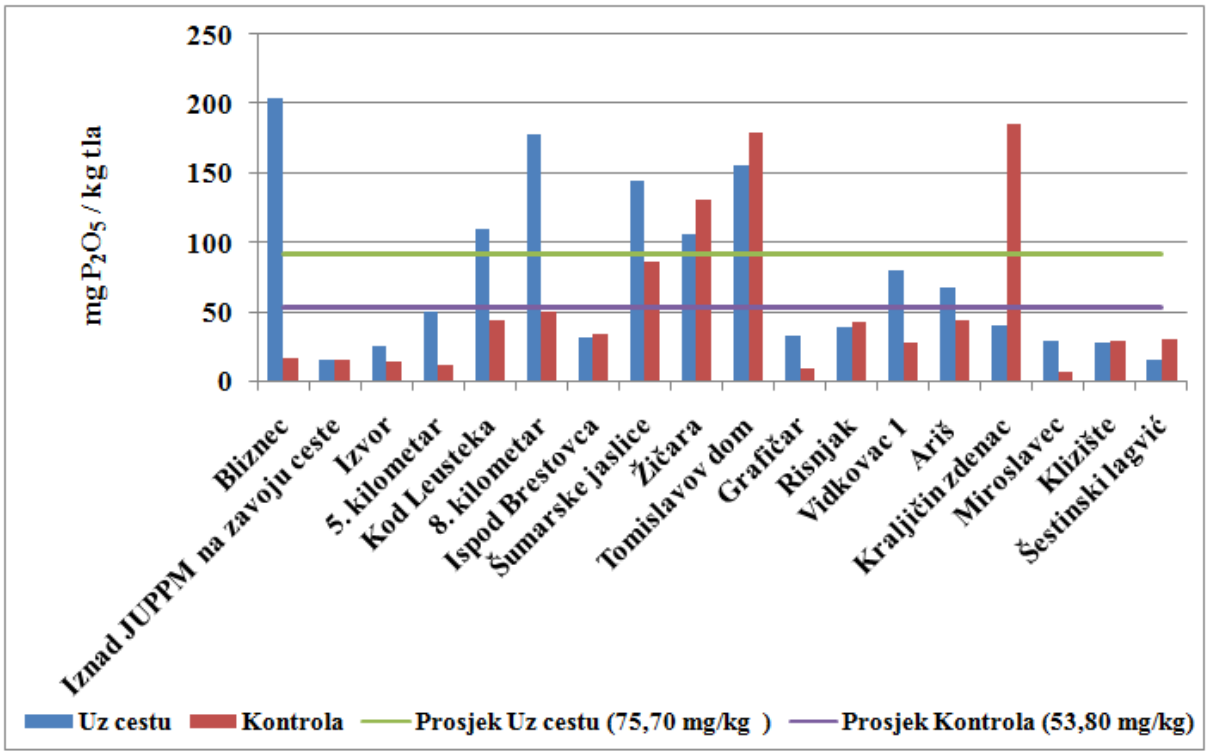


Grafikon 2. Varijabilnost električne vodljivosti tla prema lokacijama uzorkovanja

Vidljiv je antropogeni utjecaj na tlo neposredno uz cestu što je osobito izraženo na pojedinim lokacijama kao što su Tomislavov dom (EC=1283 μScm^{-1} = 1, 283dSm^{-1}) i Šestinski lagvić (EC=1282 μScm^{-1} =1, 282 dSm^{-1}). Na navedenim lokacijama nalaze se restorani sa velikim parkiralištima zbog čega je na tim mjestima kretanje ljudi i prometno opterećenje veće. Sukladno tome na tim lokacijama primjenjuje se veća količina soli za posipanje ceste što u konačnici utječe na kemijske parametre tla, u ovom slučaju konkretno na električnu vodljivost tla. Unatoč vidljivom povećanju električne vodljivosti u tlima uz cestu one ne prelaze kriterije U. S Salinity laboratory (1954) prema kojima se tlo smatra slanim ukoliko su EC vrijednosti veće od 4 dSm^{-1}.

4.3 Varijabilnost fiziološki aktivnog fosfora u tlu

Na grafikonu 3 prikazana je varijabilnost fiziološki aktivnog fosfora u tlu. Na temelju priloženog grafičkog prikaza može se zaključiti kako su koncentracije fosfora veće u tlima uz cestu u odnosu na koncentracije fosfora u tlima na kontrolnim lokacijama.



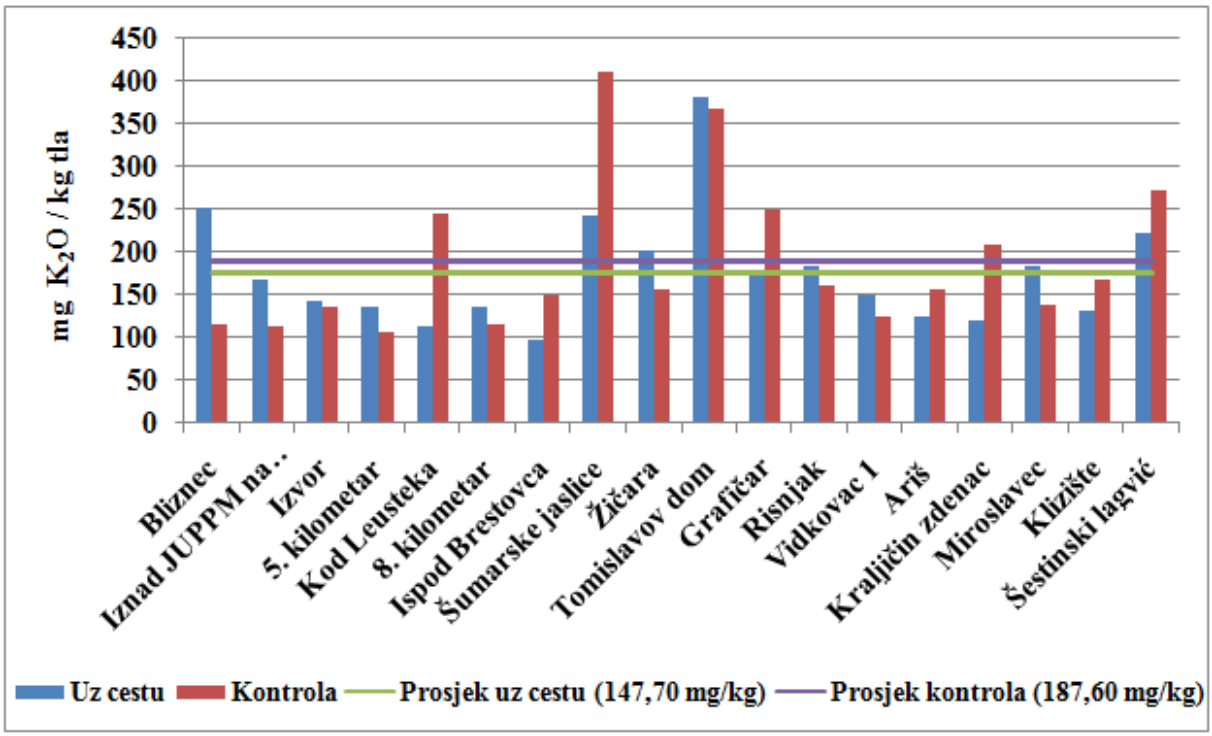
Grafikon 3. Varijabilnost fiziološki aktivnog fosfora u tlu

Zamijećena je velika varijabilnost među vrijednostima fiziološki aktivnog fosfora u tlu. Varijacijski koeficijent u tlima uz prometnicu iznosi 77%, dok u tlima na kontrolnim lokacijama iznosi 101%. Vrijednosti variraju od 15,50 mg P_2O_5/kg tla (Iznad JUPPM na zavoju ceste) do 204,60 mg P_2O_5/kg tla (Bliznec) na lokacijama uz prometnicu i od 7,10 mg P_2O_5/kg tla (Miroslavec) do 185,90 mg P_2O5/kg tla (Kraljičin zdenac) na kontrolnim lokacijama. Za tipove tala prisutnih na Medvednici karakteristična je uglavnom smanjena količina rastopljivog P_2O_5 (neka tla su izrazito deficitarna u ukupnom fosforu, npr. pseudoglejna tla), čime je moguće objasniti niske razine P_2O_5 u nekim tlima na kontrolnim lokacijama (Martinović, 2000 i Martinović, 2003). Srednja vrijednost fiziološki aktivnog fosfora na kontrolnim lokacijama iznosi 53,80 mg P_2O_5/kg tla, a na lokacijama uz prometnicu 75,70 mg P_2O_5/kg tla što ukazuje na povećanje sadržaja fiziološki aktivnog fosfora u tlu u prosjeku za 41%. Kao što je ranije navedeno, industrijskoj soli dodaju se tvari protiv zgrušnjavanja smjese koje često sadrže primjese sa različitim tvarima poput fosfora, pa na taj se način fosfor nakuplja i taloži u tlu (Envirocast, 2003).

4. 4 Varijabilnost fiziološki aktivnog kalija u tlu

Na grafikonu 4 prikazana je varijabilnost fiziološki aktivnog kalija u tlu. Vrijednosti fiziološki aktivnog kalija u tlu kreću se od 96,70 (Ispod Brestovca) do 381,90 mg K_2O/kg tla (Tomislavov dom) na lokacijama uz prometnicu, a na kontrolnim lokacijama od 104,10 (5. kilometar) do 411,50 mg K_2O/kg tla (Šumarske jaslice).

Vrijednosti fiziološki aktivnog kalija u tlu na obje istraživane lokacije pokazuju veliku varijabilnost, uz varijacijski koeficijent od 38% na tlima uz prometnicu i varijacijski koeficijent od 46% na kontrolnim lokacijama.

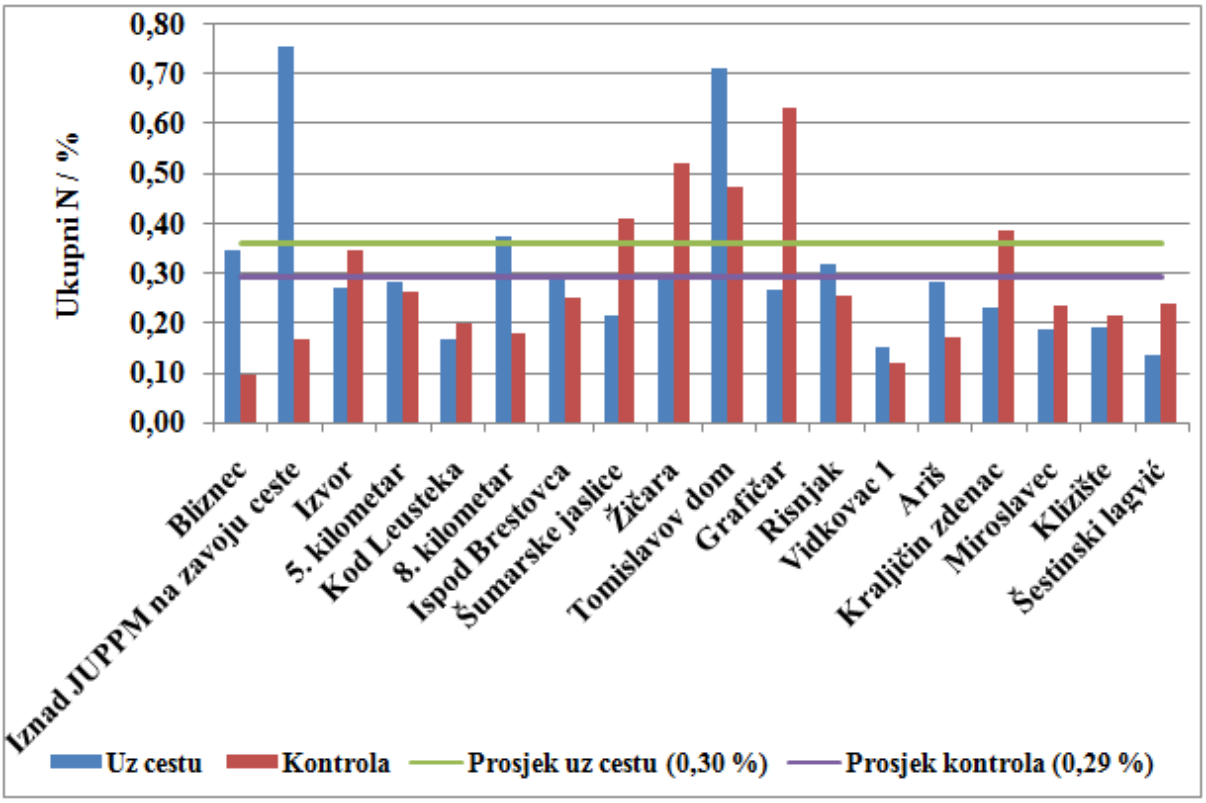


Grafikon 4. Varijabilnost fiziološki aktivnog kalija u tlu prema rezultatima uzorkovanja

Srednje vrijednosti ukazuju na smanjenje sadržaja fiziološki aktivnog kalija u tlu na lokacijama uz prometnicu za 6,90% u odnosu na kontrolne lokacije. Posipanje prometnica industrijskom solju u zimskim uvjetima uzrokuje ispiranje hranjivih iona iz tla, među kojima i kalija. Što objašnjava i smanjenje koncentracije kalija u tlu u neposrednoj blizini ceste i u ovom slučaju. Norrstorm i Bergstedt (2000.) utvrdili su da natrijevi ioni koji potječu od industrijske soli za posipanje ceste utječu na ispiranje baznih kationa, primjerice kalija koji je zbog visoke koncentracije natrijevih iona istisnut u lakše dostupne zamjenjive frakcije.

4. 5 Varijabilnost ukupnog dušika u tlu

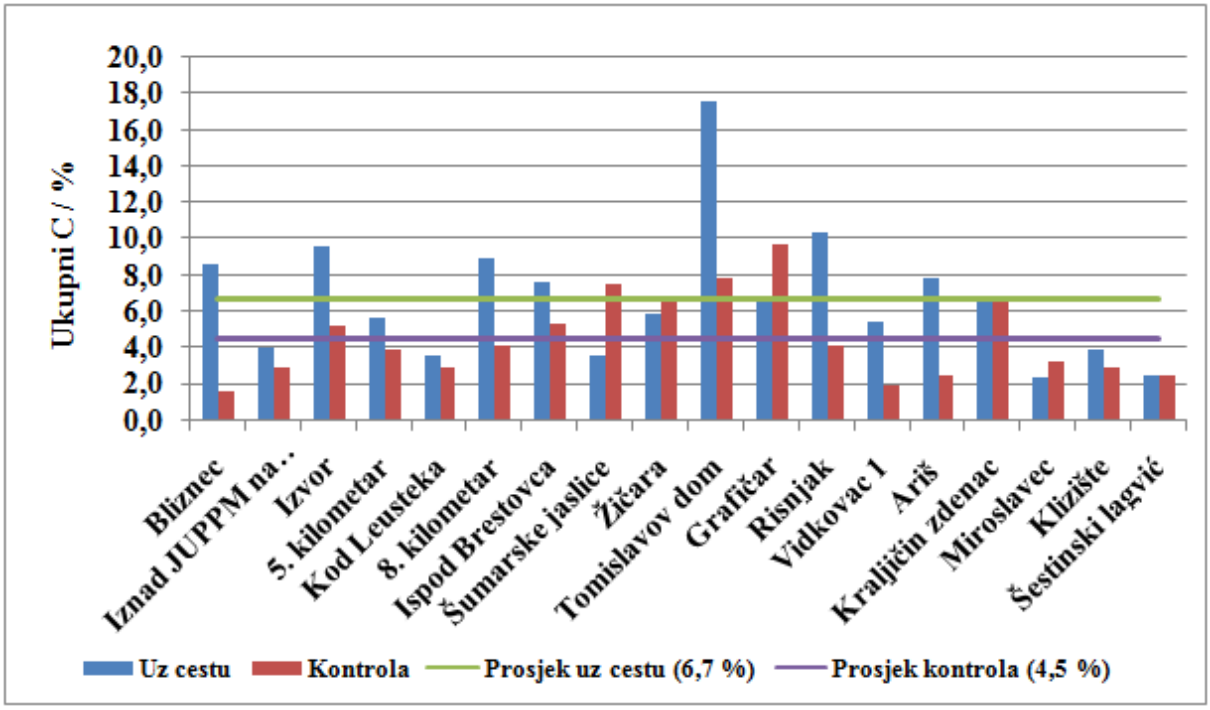
Varijabilnost ukupnog dušika u tlu prikazana je na grafikonu 5. Sadržaj ukupnog dušika u tlu na lokacijama uz cestu kreće se od 0,14 (Šestinski lagvić) do 0,75% (Iznad JUPPM na zavoju ceste), a na kontrolnim lokacijama od 0,10 (Bliznec) do 0,63% (Grafičar). Kretanje vrijednosti ukupnog sadržaja dušika u tlu različito je ovisno o tipovima tala, pa tako kalkokambisol sadrži 0,1 do 1,0% ukupnog N, rendzina od 0,2 do 0,8%, rankeri od 0,15 do 0,25%, eutrično smeđe tlo 0,16 do 0,41% i distrično smeđe tlo od 0,22 do 0,40% (Martinović, 2003). Pseudoglejno tlo dobro je opskrbljeno dušikom, dok je lesivirano tlo srednje opskrbljeno dušikom (Kraljičković i sur., 2008). Uočena je veća varijabilnost vrijednosti ukupnog dušika na lokacijama uz prometnicu uz varijacijski koeficijent od 54%. Vrijednosti ukupnog dušika u tlu na kontrolnim lokacijama pokazale su manju varijabilnost uz varijacijski koeficijent od 49%. Srednje vrijednosti ukazuju na povećanje sadržaja ukupnog dušika u tlu na lokacijama neposredno uz cestu za 3,50%. Prema klasifikaciji sadržaja ukupnog dušika u tlu prema Voltmanu tlo na kontrolnim lokacijama i na lokacijama uz cestu uglavnom je umjereno do bogato opskrbljeno dušikom (Martinović, 2003).



Grafikon 5. Varijabilnost ukupnog dušika u tlu prema lokacijama uzorkovanja

4. 6 Varijabilnost ukupnog ugljika u tlu

Grafikon 6 predstavlja varijabilnost ukupnog ugljika u tlu prema lokacijama uzorkovanja. Srednja vrijednost količine ukupnog ugljika u tlima na kontrolnim lokacijama iznosi 4,5%, dok u tlima na lokacijama uz prometnicu srednja vrijednost iznosi 6,7%. Vrijednosti variraju od 1,6% (Bliznec) do 9,7% (Grafičar) na kontrolnim lokacijama, a na lokacijama uz cestu vrijednosti se kreću od 2,3% (Miroslavec) do 17,5% (Tomislavov dom).



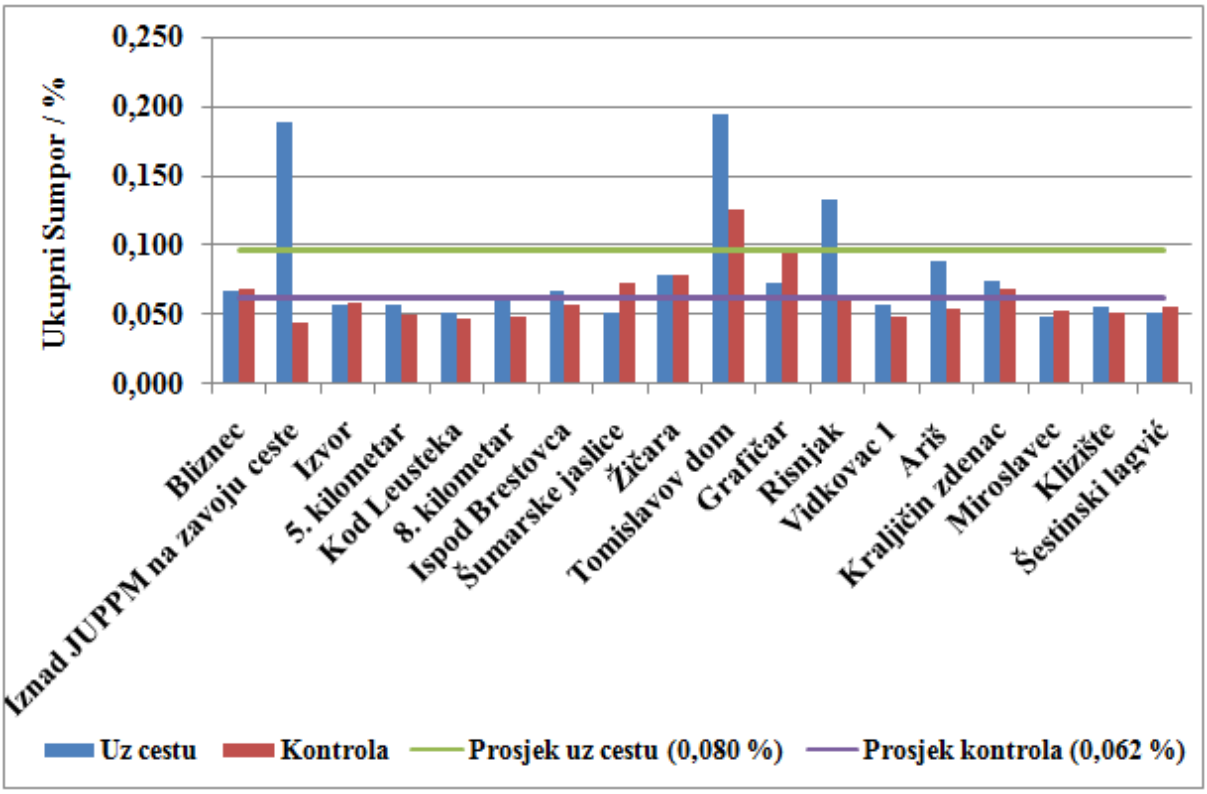
Grafikon 6. Varijabilnost ukupnog ugljika u tlu prema lokacijama uzorkovanja

Prirodne vrijednosti ukupnog ugljika u šumskim tlima po pojedinim tipovima tla različito variraju, pa tako distrično smeđe tlo sadrži 6,9 do 25,1% ukupnog ugljika, eutrično smeđe tlo sadrži 1,3 do 6,1%, rendzine 1,9 do 4,5%, kalkokambisol 2,9 do 11,7%, dok pseudoglejno tlo sadrži oko 5,23% ukupnog ugljika (Martinović, 2000 i Martinović, 2003). Vidljivo je povećanje sadržaja ukupnog ugljika u tlu na lokacijama uz prometnicu za 48%. Primijećena je neznatna razlika u varijabilnosti sadržaja ukupnog ugljika u tlu na kontrolnim lokacijama uz varijacijski koeficijent od 53% u odnosu na sadržaj ukupnog ugljika u tlu na lokacijama uz cestu uz varijacijski koeficijent od 50%.

4.7 Varijabilnost ukupnog sumpora u tlu

Varijabilnost ukupnog sumpora u tlu prikazana je na grafikonu 7. Vrijednosti količine ukupnog sumpora u tlu na lokacijama uz cestu pokazuju veliku varijabilnost uz varijacijski

koeficijent od 54%. Na lokacijama uz cestu vrijednosti ukupnog sumpora u tlu variraju od 0,048% na lokaciji Miroslavec do 0,193% na lokaciji Tomislavov dom. Vrijednosti ukupnog sumpora u tlu na kontrolnim lokacijama pokazuju manju varijabilnost (32%) i variraju od 0,043% na lokaciji Iznad JUPPM na zavoju ceste do 0,126% na lokaciji Tomislavov dom. Srednje vrijednosti ukazuju na povećanje sadržaja ukupnog sumpora u tlu na lokacijama uz cestu za 29,03%.



Grafikon 7. Varijabilnost ukupnog sumpora u tlu prema lokacijama uzorkovanja

Povećanje sadržaja sumpora u tlu na lokacijama uz cestu uzrokovano je primjenom soli za posipanje ceste budući da se u industrijsku sol namijenjenu za posipanje cesta dodaju različiti aditivi za sprječavanje zgrušnjavanja kristala soli među kojima se nalaze i različiti elementi u tragovima, kao što su sumpor, fosfor, bakar, cink i dušik. Zajedno s ferocijanidom mogu činiti i do 5% ukupne težine soli (Marsalek, 2003).

5 ZAKLJUČAK

Promatrajući dobivene rezultate možemo zaključiti da primjena industrijske soli u svrhu zimskog održavanja ceste ima značajan utjecaj na kemijske parametre tla. Vidljiv je antropogeni utjecaj koji je osobito izražen na lokacijama na kojima su smješteni ugostiteljski objekti s parkirnim mjestima kao što su Bliznec, Kraljičin zdenac, Šestinski lagvić, Tomislavov dom i drugi. Budući da su takva mjesta veća okupljališta ljudi i automobila, pritisak na okoliš je veći.

Reakcija tla (pH) u KCl-u ukazuje na povećanje pH vrijednosti tla na lokacijama uz cestu u odnosu na kontrolne lokacije gdje je pH vrijednost prirodno niža. Srednje pH vrijednosti izmjerene na lokacijama uz cestu i na kontrolnim lokacijama ukazuju na to da je tlo uz cestu slabo alkalne reakcije (pH 7,13), dok je na kontrolnim lokacijama slabo kisele reakcije (pH 5,84).Također, utvrđeno je povećanje električne vodljivosti u tlu uz prometnicu za 135%. Srednja vrijednost električne vodljivosti tla na lokacijama uz prometnicu iznosi 412 μScm^{-1}, a na kontrolnim lokacijama 175,61 μScm^{-1}.

Sadržaj fiziološki aktivnog fosfora u tlu uz prometnicu povećan je u prosjeku za 41% u odnosu na sadržaj fiziološki aktivnog fosfora u tlu na kontrolnim lokacijama, dok je sadržaj fiziološki aktivnog kalija za 6,9% manji nego u tlu na kontrolnim lokacijama. Smanjenje sadržaja fiziološki aktivnog kalija u tlu pripisuje se povećanom sadržaju natrijevih iona koji utječu na ispiranje baznih kationa kao što je kalij. Ioni kalija tada su istisnuti u lakše dostupne zamjenjive frakcije.

Srednje vrijednosti ukupnog dušika, ugljika i sumpora u tlu ukazuju na povećanje navedenih elemenata u tlu uz prometnicu u odnosu na kontrolne lokacije. Sadržaj ukupnog dušika u tlu povećao se za 3,5%, sadržaj ukupnog ugljika za 48%, a sadržaj ukupnog sumpora u tlu povećao se za 29,03%.

Budući da je ovaj rad rezultat preliminarnog istraživanja, jasno je da postoji potreba za daljnjim monitoringom, odnosno stalnim praćenjem dinamike pojedinih parametara. U ovom istraživanju uzorkovanje je izvršeno neposredno nakon otapanja snijega, no bilo bi korisno kada bi se provelo istraživanje u jesen (nakon što je većina soli već isprana) da bi se utvrdilo jesu li posljedice primjene posipala za ceste samo privremene ili su ipak trajne.

6 LITERATURA

1. Amundsen, C. E., Håland, S., French, H., Roseth R., Kitterød N. O. (2010). Salt SMART, Environmental damages caused by roadsalt-a literature review, Norwegian Public Roads Aministration, No. 2587.
2. Bakšić D., Pernar N., Perković I., Vrbek B., Roje V. (2015). Raspodjela zemnoalkalijskih i alkalijskih kovina (Ca, Mg, K, Na) u šumskom tlu parka prirode Medvednica, Izvorni znanstveni članci, Šumarski list, 1–2 (2015): 7–20.
3. Božićević J. (2011). Ekološki problemi suvremenog prometa, Međunarodni znanstveni skup „Ekološki problemi prometnog razvoja".
4. Cobo A. C. (2014). Soil Acidity of the SAC Parking Lotand ESS Building at Stony Brook University, Soil Analysis Research Papers Summer 2014.
5. Černohlávková J., Hofman J., Bartoš T., Sáňka1 M. , Anděl P**.** (2008). Effects of road deicing salts on soil microorganisms, Plant Soil and Environment, 54, 2008 (11): 479–485.
6. Douglas S.M. (2011). De-icing salts: Damage to woody ornamentals, The Connecticut Agricultural Experiment Station.
7. DHMZ (2016) - Državni hidrometeorološki zavod, podaci ustupljeni 25.04.2016.
8. Envirocast (2003). Snow, road salt and the Cheasapeake Bay, Weather and watershed newsletter, Vol 1., No 3.
9. EPA U.S. Environmental Protection Agency New England (2005). What you should know about safe winter roads and the environment, Congress Sreet, Boston.
10. Garcia G. G. (2015). Análisis y evaluación de los efectos producidos en el suelo y el agua por la aplicación de sustancias químicas para el deshielo en carreteras de la provincia de Huesca, Universidad de Zaragoza.
11. Garriga, N., Santos, X., Montori, A., Richter-Boix, A., Franch, M., Llorente, G.A. (2012). Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. Springer Scinece+Business Media B.V.
12. Gil A. L. (2014). Effect of road salt on soil pH near parking lots, Soil Analysis Research Papers Summer 2014.
13. Green, S.M., Machin, R., Cresser, M.S. (2008). Effect of long-term changes in soil chemistry induced by road salt applications on N-transformations in roadside soils. Environmental Pollution, Volume 152 (1): 20-31.

14. Husnjak S. (2014). Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb.
15. Hofman J., Travničkova E., Andel P. (2012). Road salt effects on soil chemical and microbial properties at grassland and forest site in protected natural areas. Plant soil environment, 58, 2012 (6): 282–288
16. Jull, L. G. (2009). Winter salt injury and salt tolerant landscape, University of Wisconsin.
17. Kraljičković J., Rukavina D., Županac G., Rendulić I., Čmelik Ž., Mirošević N., Husnjak S. (2008). Regionalizacija voćarske i vinogradarske proizvodnje u Zagrebačkoj županiji, Agronomski fakultet Zagreb.
18. Krenova Z., Chocholouškova Z., Zyval V. (2012). Effects of applying deicing salt to roads in protected areas: A preliminary study in the Bavarian forest national park, European Journal of Environmental Sciences, Vol. 2, No. 1.
19. Kučar-Dragičević S. (2007). Kopneni okoliš: pritisci na zaštićena područja, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb.
20. Löfgren S. (2001). The chemical effects of deincing salt on soil and stream water on five catchments in southeast Sweden, Water, Air, and Soil Pollution 130**:** 863– 868.
21. Marsalek J. (2003). Road salt in urban stormwater: an emerging issue in stormwater management in cold climates, WaterSciTechnology, 48(9):61-70.
22. Martinović J. (2000). Tla u Hrvatskoj, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb.
23. Martinović J. (2003). Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj, Hrvatske šume, Jastrebarsko.
24. Miškulin S. (2013). Razvoj prometa u funkciji očuvanja energetskih resursa, diplomski rad, Pomorski fakultet, Rijeka.
25. Neher D. A., Asmussen D., Lovell T. S. (2013). Roads in northern hardwood forests affect adjacent plant communities and soil chemistry inproportion to the main tained roadside area, Science of the Total Environment 449 (2013) 320–327.
26. Norrstörm A. C. Bergstedt E. (2000). The impact of road de-icing salts (NaCl) on colloid dispersion and base cation pools in roadside soils, University of Technology Stockholm.
27. Olson A., Ohno T. (1989). Determination of free cyanide levels in surface and groundwaters affected by highway salt storage facilities in Maine, University of Maine.

28. Opačić V. T., Curić D., Jandras M., Kutle K., Marijan N., Mirt I., Perković D., Vodanović I. (2014). Zaštićena područja kao rekreacijske zone grada – primjer Parka prirode Medvednica, Hrvatski geografski glasnik 76/1, 61 – 87.
29. Pernar N., Vukelić J., Bakšić D., Baričević D., Perković I., Miko S., Vrbek B. (2009).Soil properties in beech-fir forests on Mt. Medvednica (NW Croatia), Periodicum Biologiorum UDC 57:61, Vol. 111, No 4, 427–434.
30. Plavšić-Gojković N., Britvec M. (1990). Povijesno i prirodoznanstveno značenje parka prirode Medvednica, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
31. Prostorni plan Parka prirode Medvednica (2014). Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja, Hrvatski zavod za prostorni razvoj i Zavod za prostorno uređenje grada Zagreba.
32. Siegel L. (2007). Hazard Identification for Human and Ecological Effects of Sodium Chloride Road Salt, Department of Environmental Services, State of New Hampshire.
33. Skoko, M. (2007). Život i djelo Albina Leusteka glavnog šumara zagrebačke gradske šumarije na Medvednici, Šumarski list, UDK 630 (05):291- 300.
34. Sočo I., Nikolić T., Hršak V., Jelaska S., Plazibat M. (2002). The distribution of the genus *Daphne* L. (Thymelaeaceae) in Medvednica Nature park, Croatia, Natura Croatica., Vol. 11, No. 2., 225–236, Zagreb.
35. Šimunjak, Z. Z. (2006). Utjecaji zimskog održavanja na mostove i cestovne građevine. Gospodarsko interesno udruženje trgovačkih društava za održavanje cesta, Zagreb.
36. Škorić A. (1977). Tipovi naših tala, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
37. Špoljar A. (2007). Tloznanstvo i popravak tla, 1 dio, Interna skripta, Križevci.
38. Valožić L., Cvitanović M. (2011). Mapping the Forest Change: Using Landsat Imagery in Forest Transition Analysis within the Medvednica Protected Area, Hrvatski geografski glasnik 73/1, 245-255.
39. Voća, N. (2014). Prijedlog izvješća o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj (razdoblje od 2009. do 2012.), Agencija za zaštitu okoliša.
40. Vrbek B., Pilaš I. (2007). Prilog poznavanju tala Štirovače na Velebitu, Šumarski institut Jastrebarsko, 42 (2): 155-166.
41. Vrbek B. (2009). Šumski ekosustavi Jaskanskog kraja, https://www.google.hr/?gws_rd=ssl#q=vrbek+lesivirano+tlo, pristupljeno 20.01.2016
42. Zima M. (2012). Effect of road salt application on soil conductivity in Canmore, Alberta, Studies by Undergraduate Researchers at Guelph Vol. 5, No. 2, 28-36.

43. Zovko M. (2015). Procjena rizika zaslanjivanja i mobilnosti metala u poljoprivrednim tlima priobalnih riječnih područja, doktorski rad, Zagreb.

- HRN ISO 13878 (2004). Kakvoća tla - Određivanje sadržaja ukupnog dušika suhim spaljivanjem
- HRN ISO 10694 (2004). Kakvoća tla- Određivanje sadržaja ukupnog ugljika suhim spaljivanjem
- HRN ISO 15178 (2005). Kakvoća tla - Određivanje sadržaja ukupnog sumpora suhim spaljivanjem
- HRN ISO 10390 (2004). Kakvoća tla - Određivanje pH vrijednosti
- Zakon o hrani (NN 55/11)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13)

Izvori s web stranica:

1. Freemeteo (2016) - http://freemeteo.com.hr, pristupljeno 31.01.2016.
2. MZOIP (2015) - Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, www.mzoip.hr, pristupljeno 11.10.2015.
3. Niagararegion (2015) - https://www.niagararegion.ca/living/roads/roadsaltreduction.aspx, pristupljeno 15.11.2015.
4. PP Medvednica (2015) Park prirode Medvednica, http://www.pp-medvednica.hr/, pristupljeno 11.10.2015.
5. Zaštita prirode (2015) - http://www.zastita-prirode.hr/Zasticena-priroda/Zasticena-podrucja/Parkovi-prirode/Park-prirode-Medvednica, pristupljeno 11.10.2015.
6. www.cbc.ca (2015) - http://www.cbc.ca/news/road-salt-alternatives-include-cheese-brine-molasses-1.2468744, pristupljeno 15.11.2015.
7. www.geografija.hr (2015) - http://www.geografija.hr/hrvatska/tri-desetljeca-zastite-sume-u-parku-prirode-medvednica/, pristupljeno 11.10.2015.

Izvori za slike:

8. Slika 1. - www.croenergo.eu, pristupljeno 11.10.2015.
9. Slika 2. - http://www.mgipu.hr/doc/PPPPMedvednica/Kartogram1.jpg, pristupljeno 11.10.2015.

10. Slika 3.- www.medvednica.info, pristupljeno 11.10.2015.
11. Slika 4. - http://www.pbs.org/newshour/rundown/why-does-salt-melt-road-ice, pristupljeno 14.11.2015
12. Slika 7. - www.google.hr/maps/place/Medvednica, pristupljeno 12.01.2016.