

EKOLOŠKI OTISAK CESTOVNOG PROMETA NA CRESKO-LOŠINJSKOM ARHIPELAGU

ECOLOGICAL FOOTPRINT OF ROAD TRAFFIC ON CRES-LOŠINJ ARCHIPELAGO

HRVOJE GROFELNIK

Gimnazija Andrije Mohorovičića Rijeka / *Andrije Mohorovičića Gymnasium, Rijeka*

Primljeno / *Received*: 2010-03-04

UDK 351.811:614.7(497.572)

Prethodno priopćenje

Preliminary communication

Cresko-lošinjski arhipelag čini najveću otočnu prometnu cjelinu sjevernog Jadrana. Arhipelag se sastoji od velikih otoka Cresa i Lošinja te 27 manjih otoka, koji su smješteni između Kvarnera, Kvarnerića, Riječkog zaljeva te otvorenog mora. Geoprometno prostor gravitira uglavnom riječkom prometnom čvoru. Usmjerenost prometnog razvoja otoka determinirana je u drugoj polovici 20. stoljeća razvojem trajektnoga i otočnoga cestovnog prometa. Otočje danas ima izražene sezonske varijacije intenziteta cestovnog prometa zbog prevladavajuće turističke usmjerenosti pri valorizaciji prostora. U istraživanju se pristupilo parcijalnom određivanju ekološkog otiska cestovnog prometa na otocima s obzirom na emisiju CO₂ i sposobnosti apsorpcije CO₂ otočne površine.

U sklopu istraživanja izrađen je model izračuna cestovne kilometraže na otocima te je posredno iz njega izračunata emisija CO₂. Rezultati modela pokazali su značajne sezonske varijacije emisija CO₂ na otocima koje su usko povezane s turističkom valorizacijom prostora i brojem nerezidentnih vozila na otocima. Istaknuti su omjeri sudjelovanja rezidentnih i nerezidentnih vozila na otoku koja utječu na emisiju sukladno svojoj energetske učinkovitosti. Istraživanje je pokazalo da je kapacitet apsorpcije CO₂ na kopnenom prostoru cresko-lošinjskog arhipelaga oko 40 puta veći od emisije CO₂ cestovnog prometa tijekom jedne godine.

Ključne riječi: cresko-lošinjski arhipelag, ekološki otisak, cestovni promet, emisija CO₂, apsorpcija CO₂

Cres-Lošinj Archipelago is the largest insular traffic unit in Northern Adriatic. The archipelago consists of two large islands, Cres and Lošinj, and 27 smaller islands located among Kvarner, Kvarnerić, Rijeka Bay and open sea. From the point of view of traffic, this area gravitates mostly toward Rijeka traffic node. Traffic development of the islands was determined in the second half of the 20th century with the development of ferry traffic and road traffic on the islands. Today, the Archipelago is characterized by prominent seasonal variations of road traffic intensity due to dominant role of tourism in space valorisation. This research included partial determination of Ecological Footprint of road traffic on the islands on the basis of CO₂ emission and capacity of insular surfaces to absorb CO₂.

The author also created a model for calculating road mileage on the islands and indirectly calculated CO₂ emission. The results indicated significant seasonal variations of CO₂ emission on the islands, which are closely related to tourist valorisation of space and the number of non-residential vehicles on the islands. The paper also provides the ratio between residential and non-residential vehicles on the island, which influence the emission in accordance with their energy efficiency. The research showed that the capacity of CO₂ absorption on Cres-Lošinj Archipelago is approximately 40 times greater than CO₂ emission from road traffic during one year.

Key words: Cres-Lošinj Archipelago, Ecological Footprint, road traffic, CO₂ emission, CO₂ absorption

Uvod

Osnova rada je primjena metodologije ekološkog otiska cestovnog prometa na cresko-lošinjskom arhipelagu radi utvrđivanja stupnja opterećenosti okoliša, odnosno emisije

Introduction

In this paper the author applied the Ecological Footprinting methodology of road traffic on Cres-Lošinj Archipelago in order to assess the environmental burden, i.e. the level of CO₂

CO₂ u odnosu na sposobnost apsorpcije CO₂ konkretnog prostora. Uz primjenu metodologije *ekološkog otiska* jedan od osnovnih ciljeva rada je utvrđivanje utjecaja nerezidentnih (turističkih) vozila na emisiju CO₂ na otocima. Hipoteza da turistička kretanja i s njima vezana emisija ispušnih plinova značajno sudjeluje u ukupnoj emisiji CO₂ na otocima potvrđena je utvrđivanjem intenziteta i podrijetla vozila koja sudjeluju u prometu po mjesecima. Tijekom istraživanja nije potvrđena hipoteza da emisija CO₂ cestovnog prometa prelazi sposobnosti apsorpcije konkretnoga otočnog okoliša. Po emisijama i biokapacitetu apsorpcije CO₂ zaključeno je da razvoj turizma na otocima Cresu i Lošinju temeljen na cestovnom prijevozu trenutno održiv s aspekta lokalnog i globalnog utjecaja na okoliš.

Pregled dosadašnjih istraživanja

Ekološki otisak jedna je od metodologija što su se razvile u zadnjih dvadesetak godina radi određivanja trenutne opterećenosti nekoga određenog prostora s obzirom na njegov lokalni kapacitet nosivosti i u odnosu na kapacitet nosivosti Zemlje. Ekološki su otisak prvi put početkom 1990-ih razradili Mathis Wackernagel i William Rees na The University of British Columbia. Metodologiju ekološkog otiska dalje su razvijali i popularizirali Rees (1992.), Wackernagel i Rees (1996.), McDonald i Patterson (2004.), Martin-Cejas i Ramirez Sanchez (2010) i drugi. U jednom od temeljnih radova "Our Ecological Footprint-Reducing Human Impact on the Earth" – Wackernagel i Rees, 1996., ekološki je otisak definiran kao alat za mjerenje koji omogućava određivanje stupnja iskorištenosti resursne osnove i asimilacije otpadnih tvari za određenu populaciju na konkretnoj površini. Razvijena od strane Wackernagela i Reesa, metodologija računanja ekološkog otiska po površini za određenu populaciju obuhvaća: hranu, stanovanje, promet, usluge, izgrađene površine (objekti, ceste i ostala infrastruktura), obrađene površine, livade, šume i energetske objekte (MCDONALD, PATTERSON, 2004.). U navedenom je radu ekološki otisak predložen kao metoda za određivanje utjecaja na okoliš i osnova za razvoj novih modela proučavanja utjecaja ljudskih djelatnosti na okoliš. Metodologija ekološkog otiska može se koristiti integralno za cijeli prostorni sustav

emission in relation to capacity of CO₂ absorption in a certain area. Besides applying *Ecological Footprinting* methodology, one of the basic aims of the paper was to determine the influence of non-resident (tourist) vehicles on CO₂ emission on the islands. The hypothesis that tourist movements and the accompanying emission of exhaust gases have significant role in total CO₂ emission was confirmed by determining the intensity and origin of vehicles that participate in traffic by months. However, the research results did not confirm the hypothesis that CO₂ emission from road traffic surpasses the possibilities of absorption in insular environment. Considering the emission and biocapacity of CO₂ absorption, the conclusion is that the development of tourism on Cres and Lošinj Islands based on road traffic is currently sustainable from the aspect of local and global influence on the environment.

Previous research

Ecological Footprint is one of the methodologies that have developed in the last twenty years with the purpose of determining current environmental burden in a certain area in relation to its local carrying capacity and the carrying capacity of the Earth. Ecological Footprint was first discussed in 1990s by Mathis Wackernagel and William Rees from the University of British Columbia. Ecological Footprinting methodology was further developed and popularized by Rees 1992, Wackernagel and Rees 1996, McDonald and Patterson 2004, Martin-Cejas and Ramirez Sanchez 2010, etc. In one of the basic works titled "Our Ecological Footprint – Reducing Human Impact on the Earth" by Wackernagel and Rees (1996) Ecological Footprint was defined as a measurement tool that is used for determining the level of resource exhaustion and assimilation of waste matters for a certain population in a certain area. Wackernagel and Rees developed a method for determining the Ecological Footprint per surface area for a certain population and it encompasses: food, housing, traffic, services, built-up areas (buildings, roads and other infrastructure), crop land, pastures, forests and energy objects (MCDONALD, PATTERSON 2004). In this paper Ecological Footprint was suggested as a method for determining the influence on the environment and as a basis for the development of new models for investigating the influence of human activities on the environment. Ecological Footprinting methodology can be used integrally

ili parcijalno. Parcijalno korištenje moguće je primjenjivati na određene dijelove u prostoru, ali i određene dijelove prostornih sustava kao što su primjerice pojedine djelatnosti ili aspekti djelatnosti koji se mogu istraživati kao izdvojene jedinice. Mogućnost parcijalnog istraživanja u prostoru daje dodatnu funkcionalnu vrijednost metodologiji ekološkog otiska te je jedan od takvih pristupa korišten u ovom radu. Izdvajanjem dijela sustava, na prostornoj ili strukturnoj razini, može se metodološki pristupiti analizi stanja i planiranju mjera za buduće djelovanje u planskom razvoju prostora. S obzirom na usmjerenost ovog istraživanja potrebno je istaknuti dva rada koja se bave parcijalnom primjenom ekološkog otiska na promet i turističku djelatnost: Gössling, Hansson, Hörstmeier i Saggel (2002.), te Hunter i Shaw (2007.). Pri izračunu parcijalnog ekološkog otiska za neku djelatnost ili prostor koristi se kompleksna statističko-matematička metodologija. Ona omogućava izračunavanje površina Zemlje koje su svojim biokapacitetom sposobne nositi ekološki pritisak određenih djelatnosti s obzirom na intenzitet njihove pojave. U tom smislu ekološki otisak se razvijao kao metodološko pomagalo u radovima Gössling, Hansson, Hörstmeier, Saggel (2002.) i Martin-Cejas, Ramirez Sanchez (2010.), te je došlo do njegove razrade i primjene, kao što je ekološki otisak prometa na određenom prostoru. Metodologiju ekološkog otiska za sada je teško primijeniti na veće i složenije sustave zbog broja ulaznih varijabli koje je često nemoguće pratiti s dovoljnom preciznošću. Stoga je njegova primjena na razini cijelih država ili otočnih lokaliteta kao manjih ili definiranih prostora, po broju i veličini ulaznih varijabli, česta.

Metodologija istraživanja

Geografski prostor obuhvaćen radom određen je teritorijalnim jedinicama Grada Cresa i Grada Malog Lošinja, što se u razmatranom prostoru podudara s obuhvatom cresko-lošinjskog arhipelaga. Otočna skupina koju čine Cres i Lošinj, s pripadajućim manjim otocima, izdvaja se kao najveća otočna funkcionalna cjelina sjevernog Jadrana.

Rad je izrađen konzultiranjem znanstvene i stručne literature, unutar koje se posebno ističu teorijski i praktični radovi vezani uz metodologiju *Ecological Footprinting*, odnosno ekološkog

for the whole spatial system or just partially. Partial usage is possible for certain parts of areas, but also for certain parts of spatial systems, such as, for example, certain activities or aspects of activities that can be investigated as separate units. Possibility of partial research of space provides additional functional value for Ecological Footprinting methodology, and it is one of the approaches applied in this paper. By separating one part of the system, on spatial or structural level, it is possible to analyze the current state and plan the measures for future actions in planned development of space. Considering the orientation of this research, it is necessary to point out two papers that deal with partial application of ecological foot print in traffic and tourism: Gössling, Hansson, Hörstmeier and Saggel 2002, and Hunter and Shaw 2007. Calculation of partial Ecological Footprint for a certain activity or space requires the use of complex statistical and mathematical methodology. It enables calculating the surfaces on Earth that have biocapacity to endure the ecological pressure put by certain activities in relation to the their intensity. Accordingly, the concept of Ecological Footprint as the methodological instrument was discussed in the works of Gössling, Hansson, Hörstmeier, Saggel 2002, and Martin-Cejas, Ramirez Sanchez 2010, and the model was further developed, which led to its application (e.g. Ecological Footprint of traffic in a certain area). It is difficult to apply the Ecological Footprinting methodology on larger and more complex systems due to a number of input variables which are often impossible to keep track of. Therefore, its application is more frequent on the level of states or islands as smaller or more precisely defined areas (in terms of number and size of input variables).

Methodology

Geographic area encompassed in this research was determined by administrative borders of the Town of Cres and the Town of Mali Lošinj, which corresponds to Cres-Lošinj Archipelago. The archipelago that encompasses Cres and Lošinj Islands with the adjacent smaller islands is the largest insular functional unit in Northern Adriatic.

This research is based on the results published in relevant scholarly papers, particularly theoretical and practical papers related to Ecological Footprinting methodology. Analytical part of this

otiska. Analitički dio rada utemeljen je na izvornim statističkim podacima dobivenim od: *Hrvatskih cesta*¹, *Jadrolinije*² i turističkih zajednica Grada Cresa i Grada Malog Lošinja. Analiza je izrađena na temelju znanstvene literature koja opisuje primjenu metodologije ekološkog otiska. Da bi se iz prikupljenih statističkih podataka dobio smisleni materijal, izrađen je matematičko-logički model izračuna kilometraže cestovnih vozila na otocima. Model je rezultirao konkretnim podacima te je dobivena prostorna učestalost prometa po mjesecima, kilometraža po pojedinim dionicama, potrošnja goriva na otocima i u konačnici emisija CO₂. Sintezom podataka dobiven je temelj za kvalitativnu analizu frekventnosti prometa iz kojih su izvučeni zaključci o ekološkom otisku prometa, utjecaju i održivosti razvoja prometa u funkciji razvoja otočnog prostora. Tablični dio rada izrađen je sintezom izvornih statističkih podataka i podataka koji su generirani uz pomoć modela. Kartografski dio rada izrađen je prilagođavanjem GIS kartografske podloge potrebama istraživanja.

Ekološki otisak (*Ecological Footprint*) temelji se na mjerenjima korištene količine resursa te otpada koji se pri tome stvara ili mjerenjem energije koja se izračunom pretvara u ekvivalent odgovarajuće površine. Pri izračunu parcijalnoga ekološkog otiska energije fosilnih goriva (*Carbon Footprinting*) emisija CO₂ se pretvara u površinu raslinja potrebnu za apsorpciju emisije CO₂ nastalu pri upotrebi određene količine goriva. Svaka biljna zajednica u određenim klimatskim uvjetima ima svoj prosječni karakteristični godišnji omjer³ emisije i apsorpcije CO₂. Ekološki otisak stavlja u odnos potrošnju (otisak) i nosivost konkretnog prostora (neto sposobnosti apsorpcije CO₂), odnosno na globalnoj razini nosivost čitave Zemlje. U izražavanju ekološkog otiska upotrebljava se jedinica globalni hektar. Globalni hektar (gha) je jedinica površine koja se upotrebljava za iskazivanje stvarnog biokapaciteta okoliša, ali i odražava ljudske zahtjeve za biokapacitetom u

paper is based on original statistical data provided by the companies *Hrvatske ceste*¹, *Jadrolinija*², and tourist boards of the Town of Cres and the Town of Mali Lošinj. The analysis was based on scholarly literature that deals with the application of Ecological Footprinting methodology. In order to combine the statistical data into a meaningful indicator, the author applied mathematical and logical model for calculating the mileage of vehicles on the islands. The model resulted in concrete data that refer to spatial frequency of traffic by months, mileage of certain routes, fuel consumption and CO₂ emission. Data synthesis provided the foundation for qualitative analysis of traffic frequency, which was used for drawing conclusions on Ecological Footprint of the traffic, influence and sustainability of traffic development and its role in the development of insular area. The tables are the result of the synthesis of the original statistical data and the data generated by the model. Cartographical part of the paper was made by adjusting GIS cartographic template to the purpose of this research.

Ecological Footprint is based on measuring the quantity of used resources and the produced waste or on measuring the energy that is converted to surface equivalent value. In calculating partial Ecological Footprint of fossil fuel energy (Carbon Footprinting) the CO₂ emission is converted to vegetation surface necessary for absorbing CO₂ emission resulting from the combustion of a certain amount of fossil fuels. Each plant community in certain climate conditions has its characteristic average annual ratio³ between CO₂ emission and CO₂ absorption. Ecological Footprint refers to the ratio between consumption (footprint) and carrying capacity of an area (net absorption of CO₂), i.e. on global level, it is the carrying capacity of the whole Earth. The main unit for expressing Ecological Footprint is global hectare. Global hectare (gha) is a surface unit that is used for expressing real biocapacity of the environment, but

¹ Izvorni statistički podatci dobiveni su iz baze podataka *Hrvatskih cesta* za mjernu postaju Čunski na otoku Lošinja. Mjerna postaja je tipa (NAB), odnosno brojenje prometa odvija se neprekidno tijekom cijele godine, što omogućuje detaljan uvid u broj tranzita na lokaciji mjerne postaje.

² Izvorni statistički podatci dobiveni su iz baze podataka *Jadrolinije* – Rijeka, a odnose se na mjesečni broj vozila i putnika na trajektnim prugama: Valbiska – Merag, Brestova – Porozina.

³ Omjer odašiljanja i upijanja (emisije i apsorpcije) CO₂ u znanstvenoj se literaturi naziva *Net Ecosystem Carbon Exchange (NEE)*, (ALLARD, 2008; VACCARI, 2004.).

¹ Original statistical data retrieved from *Hrvatske ceste* database refer to Čunski measurement station on Lošinj Island. The measurement station (NAB) registers traffic continuously throughout the year, which enables more detailed information about the transit on the location in question.

² Original statistical data were retrieved from *Jadrolinija* – Rijeka database and they refer to monthly number of vehicles and passengers on the following ferry lines: Valbiska – Merag and Brestova – Porozina.

³ In scholarly literature the ratio between CO₂ emission and CO₂ absorption is referred to as *Net Ecosystem Carbon Exchange (NEE)*, (ALLARD, 2008; VACCARI, 2004.).



Slika 1. Geografski smještaj cresco-lošinjskog arhipelaga
 Figure 1 Geographic position of Cres-Lošinj Archipelago

okolišu (ekološki otisak). Globalni hektar računa se za pojedinu godinu na razini produktivnosti čitave Zemlje te pojedinačno država ili manjih prostornih jedinica.

Analiza stanja cestovnoga prometnog sustava na otocima Cresu i Lošinju

Primorsko-goranska županija ima vrlo povoljan geoprometni položaj koji je definiran čvorišnim smještajem na više međunarodnih i regionalnih prometnih pravaca. Geoprometni položaj na križanju prometnih pravaca između Srednje Europe, Sredozemlja te istočnog ruba Europske Unije i Jugoistočne Europe iznimno je povoljno utjecao i utječe na razvoj čitave regije, a sukladno tome i na cresko-lošinjski arhipelag. Djelatnosti koje su osobito vezane uz korištenje povoljnoga prometnog položaja Primorsko-goranske županije, jesu tradicionalna pomorska i lučka djelatnost te sve više turizam, što se osobito ističe na cresko-lošinjskom otočju.

Otočno područje cresko-lošinjskog arhipelaga izdvojeno u ovom radu, sastoji se od dvaju velikih otoka koji su prometno međusobno povezani mostom u naselju Osor te su kao cjelina preko dvije trajektne luke (Merag i Porozina) usmjereni prema Rijeci kao makroregionalnom središtu, te manjim dijelom prema Zadru (trajektna veza Mali Lošinj – Zadar). Manji otoci koji su sastavni dio otočja ovim radom stavljeni su u drugi plan jer ne sudjeluju u standardnom cestovnom prometu. Također nije uzet u obzir ni promet trajektne pruge Zadar – Mali Lošinj, zbog znatno manje učestalosti.

Otoci Cres i Lošinj s kopnom su povezani uglavnom redovitim trajektnim prugama: Brestova – Porozina i Valbiska – Merag. Konceptom suvremenoga planskog prometnog razvoja Primorsko-goranske županije veza Valbiska – Merag dobiva na značenju i potiskuje nekadašnji primat veze Brestova – Porozina.

Na otocima općenito, pa tako i u Republici Hrvatskoj, postoje dva koncepta prometnog integriranja unutar samoga otočnog prostora, a to su koncept glavne uzdužne prometnice s odvojcima i koncept kružne otočne ceste s odvojcima. Budući da su otoci Lošinj i Cres izrazito izdužene topografije, koncept uzdužne glavne prometnice osnova je prometnog sustava promatranog prostora. Uz osnovnu longitudinalnu prometnicu Cres – Mali Lošinj prepoznatljivi su odvojeci koji

it also expresses human demands for biocapacity of the environment (Ecological Footprint). Global hectare is calculated for each year on the level of productivity of the whole Earth, and individually for each country or smaller spatial units.

Analysis of the current state of road traffic system on Cres and Lošinj Islands

Primorje-Gorski kotar County has extremely favourable traffic location, which is defined by its nodal position on several international and regional transport routes. Traffic location on the crossroad of transport routes that connect Central Europe, the Mediterranean, eastern borders of the European Union and Southeastern Europe has had favorable influence on the development of the whole region, including Cres-Lošinj Archipelago. The activities that are particularly closely related to favourable traffic location of Primorje-Gorski kotar County are traditional maritime and port activities, and tourism, which is particularly important on Cres-Lošinj Archipelago.

Insular area of Cres-Lošinj Archipelago that is investigated in this paper comprises two large islands that are connected by a bridge in the settlement of Osor, but they are also connected to Rijeka, as macro regional centre, by two ferry ports (Merag and Porozina), and in a smaller sense to Zadar (ferry Mali Lošinj – Zadar). Smaller islands that are also a part of this archipelago are less investigated in this paper because they are not a part of standard road traffic. The traffic of the ferry Mali Lošinj – Zadar was not taken into consideration, also because of smaller frequency.

Cres and Lošinj Islands are connected to the mainland by regular ferry lines: Brestova – Porozina and Valbiska – Merag. In the concept of modern, planned traffic development of Primorje-Gorski kotar County the line Valbiska – Merag has become more important and it has reduced the former primacy of the line Brestova – Porozina.

In the Republic of Croatia and on its islands in general, there are two concepts of traffic integration of the insular area: the main longitudinal road with side roads, and the concept of circular road with side roads. Since Lošinj and Cres Islands have extremely longitudinal topography, the concept of longitudinal main road is the basis of the traffic system in this area. Besides longitudinal road Cres – Mali Lošinj, there are several side roads that lead to ferry terminals and smaller settlements.

Tablica 1. Broj vozila po trajektnim prugama cresko-lošinjskog arhipelaga tijekom 2008. godine
 Table 1 Number of vehicles on ferry lines on Cres-Lošinj Archipelago in 2008

Linije	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
Ferry line	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Trajektna pruga Valbiska – Merag	13 230	14 992	18 468	21 228	32 601	37 664	55 547	61 775	32 789	19 850	14 255	14 442
Valbiska – Merag ferry line												
Trajektna pruga Brestova – Porozina	4 164	4 859	7 514	12 718	25 689	35 636	56 025	70 454	30 243	9 394	4 707	3 771
Brestova – Porozina ferry line												

Izvor / Source: Jadrolinija

se vežu na trajektna pristaništa i manja naselja. Okosnicu prometne povezanosti na otoku Cresu čini magistralna prometnica D 100, koja se pruža smjerom sjever-jug od Porozine do Osora i dalje prema Malom Lošinju u dužini od 80,3 km. Ova prometnica u kombinaciji s D 101 (odvojak trajektno pristanište Merag – D 100) dotiče sva najznačajnija naselja, dok su ostala mjesta vezana na nju županijskim i lokalnim priključnim cestama. Ranije spomenute trajektno pruge nalaze se izvan područja najjače bure, pa je prometna povezanost Cresa i Lošinja zadovoljavajuće pouzdanosti. Otok Lošinj znatno je udaljen od kopna i primjer je nedostatne prometne povezanosti otočnih prostora. Cestovnu povezanost ostvaruje preko otoka Cresa, što djelomično sputava razvojne mogućnosti i snižava kakvoću života stanovništva.

Na prostoru otoka Cresa i Lošinja ceste su svrstane na: državne ceste ukupne dužine 91,4 km, županijske i lokalne ceste u ukupnoj dužini od 373,9 km te nerazvrstane ceste u naseljima. Sve prometnice (izuzev dijela nerazvrstanih cesta) na otocima imaju asfaltirani kolnik, što pogoduje njihovoj kvaliteti, međutim, prometovanje otežava nedovoljna širina kolnika na pojedinim dionicama. Cres i Lošinj specifični su po tome što osnovna državna cesta D100 prolazi kroz najveća naselja i najznačajnija turistička mjesta u kojima se prosječni godišnji dnevni promet vozila u ljetnim mjesecima često i više nego udvostruči, što dovodi do problema protočnosti prometa.

Backbone of traffic connections on Cres Island is 80.3 km long regional road D 100, which stretches in north-south direction from Porozina to Osor and further to Mali Lošinj. This road, in combination with the road D 101 (side road toward Merag ferry terminal – D 100), leads to the most significant settlements. The other settlements are connected to the main road by county and local side roads. The above-mentioned ferry lines are protected from the influence of bora wind, so traffic connections of Cres and Lošinj Islands are relatively reliable. Lošinj Island is considerably distant from the mainland, and it is a good example of poor traffic connections in insular areas. Road connection is realized through Cres Island, which partially restrains development and reduces the quality of life of the islanders.

On Cres and Lošinj Islands there are 91.4 km of state roads, 373.9 km of county and local roads, and uncategorized roads within the settlements. All the roads (except uncategorized roads) on the islands are paved with asphalt, which contributes to their quality. However, insufficiently wide pavement in some sections reduces the quality of the roads. Cres and Lošinj Islands are specific because the main state road D 100 passes through the largest settlements and the most important tourist resorts where the average daily traffic is more than doubled during the summer, which reduces the traffic flow.

Ekološki otisak cestovnog prometa otoka Cresa i Lošinja

Metodologija ekološkog otiska u provedenom je istraživanju za sustav takvog stupnja složenosti cestovnog prometa prvi put primijenjena u Hrvatskoj. Broj dostupnih varijabli koji je uzet u izradi matematičko-logičkog modela i njihova točnost dali su mogućnost izračuna frekvencija prolaza, kilometraže vozila na otocima te, u konačnici, potrošnju goriva i utjecaj cestovnog prometa na okoliš.

Po primjeni parcijalnog pristupa ekološkog otiska provedeno istraživanje bavi se: 1) prostorom otoka Cresa i Lošinja, 2) ekološkim otiskom cestovnog prometa, 3) udjelom utjecaja na okoliš nerezidentnog prometa, velikom većinom generiranog turističkom djelatnošću.

Model izračuna cestovne kilometraže na otocima Cresu i Lošnju

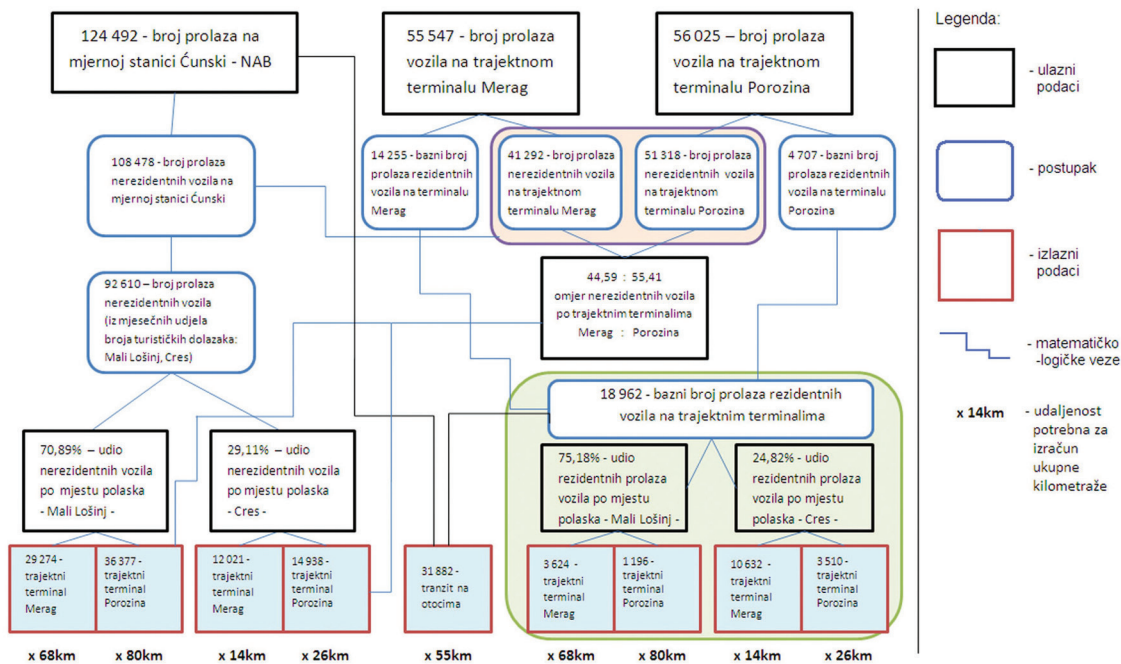
Slabosti modela izračuna ekološkog otiska cestovnog prometa na otocima Cresu i Lošnju proizlaze iz razmjerno malog broja točaka na kojima je mjereno broj prolaza vozila, a koji je bio potreban da bi bilo moguće izračunati učestalosti prometa i kilometražu ostvarenu na otocima. U ovom konkretnom slučaju, za poboljšanje točnosti, pouzdanosti i provjerljivosti podataka bila bi potrebna mjerna postaja između naselja Cres i naselja Osor te mjerna postaja između naselja Cres i trajektnog pristaništa Merag. Ipak, broj prolaza s postojeće tri ključne mjerne točke na otocima kroz model je dao podatke o mjesečnoj kilometraži ostvarenoj na otocima. Ako se ulazni podatci u modelu uzmu kao apsolutno točni, a trenutno ne postoje bolji i metodološki usklađeniji način izračuna, sam model zbog male razgranatosti otočnih prometnica i koncentracije stanovništva u dva središnja naselja (Tab. 2.) daje dobar oslonac za vjerodostojnost dobivenih podataka. Međutim, odstupanja su neminovna, a proučavajući model i fizičku razgranatost prometnica na otoku, najprimjerenije je zaključiti da je broj kilometara u stvarnosti nešto veći nego što je izračunat. Primjerice, broj tranzita na otocima poistovjećen je s brojem prolaza na relaciji naselje Cres – naselje Mali Lošinj, što sigurno odstupa od stvarnosti. Odstupanja se javljaju zbog nemogućnosti brojanja prolaza na relacijama: 1) unutar otoka Cresa, i 2) od naselja Cres do naselja Nerezine na otoku Lošnju.

Ecological Footprint of road traffic on Cres and Lošinj Islands

This paper is a pioneer work in Croatia in terms of using Ecological Footprinting methodology for investigating the system of such level of complexity of road traffic. Number of available variables that were used in designing mathematical-logical model and its accuracy enabled the calculation of vehicle frequency, vehicle mileage on the islands, fuel consumption and influence of road traffic on the environment. After the application of partial approach of Ecological Footprint, the research investigated: 1) the area of Cres and Lošinj Islands, 2) Ecological Footprint of road traffic, 3) influence of non-residential traffic (mostly related to tourism) on the environment.

Model for calculating the road mileage on Cres and Lošinj Islands

Weaknesses of the model for calculating the Ecological Footprint of road traffic on Cres and Lošinj Islands are the result of relatively small number of stations for counting the vehicles, which were necessary for calculating the traffic frequency and mileage. In this case, it would be highly useful to have the measurement station between the settlements of Cres and Osor, and between Cres and Merag ferry terminal, because those stations would increase the accuracy, reliability and verification of the data. However, the number of transits on three main measurement stations on the islands reveals information about monthly mileage realized on the islands. If the input data of the model are considered to be completely accurate (as there is no better and methodologically more reliable calculation), the model is a good foundation for checking reliability of the results due to small road network and concentration of the population in two central settlements (Tab. 2). However, certain deviations are inevitable, so in analyzing the model and physical road network on the islands it is justifiable to conclude that the number of kilometres in reality is larger than in the calculation itself. For example, the number of transits on the islands is identified with the number of transits between Cres and Mali Lošinj settlements, which obviously does not correspond to the actual number of transits. Deviations occur due to inability to count the transit on the following locations: 1) within Cres Island, and 2) from Cres on Cres Island to Nerezine on Lošinj Island.



Slika 2. Primjer uporabe modela izračuna ukupne cestovne kilometraže na otocima Cresu i Lošinjju za srpanj 2008. godine

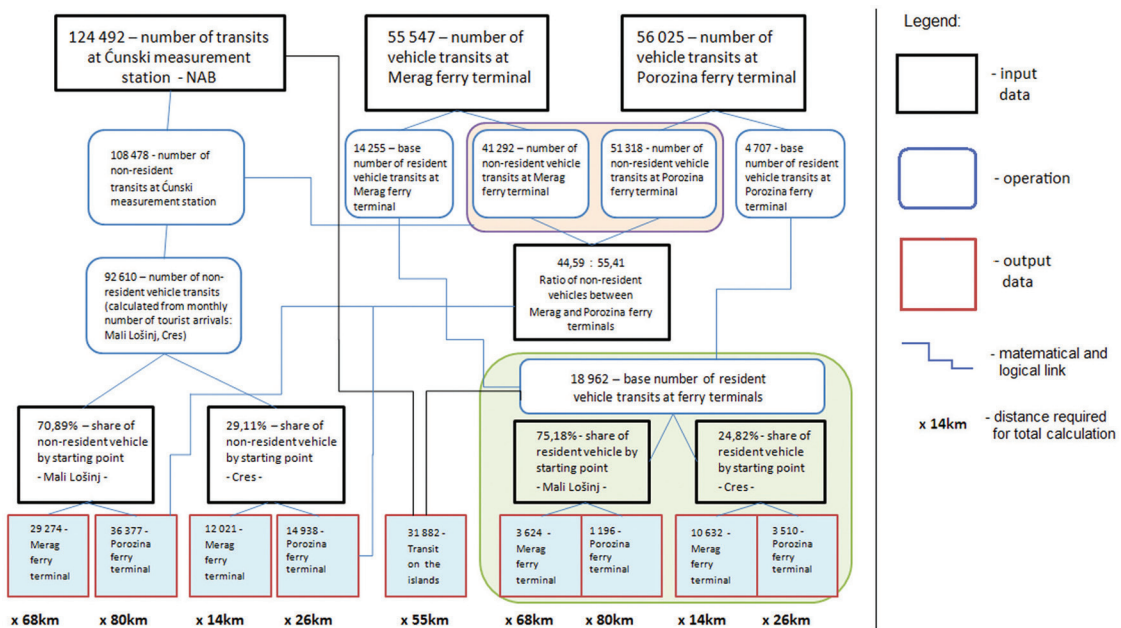


Figure 2 Total road distance calculation model on Cres and Lošinj Islands for July 2008 – Application Example

Najveći dio rezidentnog stanovništva (90,55%) i nerezidenata (prije svega turista tijekom ljetne sezone) na otoku je koncentriran u naseljima Cresu i Malom Lošinjju. Tako izražena koncentracija u dva pola cestovne mreže daje veliku vjerojatnost

Most of the resident population (90.55%) and non-resident population (mostly tourists that arrive on the island in the summer) are located in Cres and Mali Lošinj. Such concentration in two distinct poles of traffic network indicates high probability

Tablica 2. Broj stanovnika i gustoća naseljenosti na cresko-lošinjskom arhipelagu prema popisu stanovništva 2001. godine

Jedinice lokalne uprave	Grad Mali Lošinj bez otoka Ilovik, M. i V. Srakane, Susak, Unije 8 388 – 392 = 7 966 stanovnika					Grad Cres 2 959 stanovnika				
Local administrative unit	Town of Mali Lošinj without Ilovik, Male and Velike Srakane, Susak and Unije Islands 8 388 – 392 = 7 966 inhabitants					Town of Cres 2 959 inhabitants				
Naselja / Settlements	Mali Lošinj + Veli Lošinj	Nerezine	Ćunski	Osor	Ostala naselja	Cres	Martinšćica	Orlec	Valun	Ostala naselja
Broj stanovnika / Population	(6296 + 917) 7 213	371	150	73	159	2 333	155	122	62	287
Udio stanovnika / Share of population	90,55%	4,66%	1,88%	0,90%	2,01%	78,84%	5,24%	4,12%	2,10%	9,70%
Gustoća naseljenosti / Population density	37,28 st/km ² 37,28 inh/km ²					10,14 st/km ² 10,14 inh/km ²				

Izvor / Source: www.dzs.hr

da je daleko najveći dio cestovnih prolaza ostvaren između upravo ta dva naselja te je zabilježen na mjernoj postaji Ćunski. Tranzit na relacijama naselje Cres – okolna naselja (Martinšćica, Belej, Lubenice, Vrana, Beli, Dragozetići...) na otoku nije uračunat u model zbog nepostojanja podataka, što dovodi do stanovitog odstupanja (manjak prolaza u konačnoj računici). Udio takvih tranzita na otoku, koji su vezani uz manja naselja, gotovo je zanemariv zbog vrlo malog broja stanovnika i ostarjelosti populacije ovih naselja koja utječe na njihovu mobilnost. Odstupanja se javljaju najvećim dijelom tijekom ljetne turističke sezone, te se djelomično poništavaju s viškom kilometara koji su dobiveni iz dijela modela koji uzima ukupni tranzit na otoku kao da je napravljen na relaciji naselje Cres – naselje Mali Lošinj (koji daje prividni višak kilometara). Taj višak kilometara proizvod je prolaza na relacijama naselja koja spadaju u zajedničku jedinicu lokalne uprave i gravitiraju naselju Mali Lošinj, kao što su Artatore, Nerezine, Osor, a u modelu, odnosno na mjernoj postaji Ćunski, uračunati su kao tranzit na ukupnoj relaciji naselje Cres – naselje Mali Lošinj. Preklapanje tih dvaju dijelova modela sigurno nije potpuno, ali značajno smanjuje pogrešku u modelu, koju dodatno smanjuje i to što rezidentnih prolaza, odnosno kilometara tijekom godine, ima oko 41,2%, odnosno kilometraža nerezidentnih vozila na otoku iznosi oko 58,8%. Takav omjer smanjuje pogrešku jer je vjerojatnost da će turist koji boravi u Malom Lošinju otići na izlet do Cresa i obrnuto,

that most of the transits occurred between those two settlements and they were recorded at Ćunski measurement station. Transit between Cres and the surrounding settlements (Martinšćica, Belej, Lubenice, Vrana, Beli, Dragozetići, etc.) was not included into the model due to the lack of data, which might cause certain deviations (lack of transits in total calculation). Share of such transits on the island that are related to smaller settlements is almost negligible due to small and aged population, which affects their mobility. Deviations mostly occur in the summer, during the tourist season, but they are partly annulled by surplus of kilometres derived from the part of the model that takes into consideration total transit on the island as the one realized on the route Cres – Mali Lošinj (which provides apparent surplus of kilometres). The surplus of kilometres is the result of transit on the routes among the settlements that belong to a single local administrative unit and gravitate toward Mali Lošinj, such as: Artatore, Nerezine and Osor. Namely, in the model (i.e. on Ćunski measurement station) those transits were included in the route between Cres and Mali Lošinj. Overlapping of these two parts of the model is not complete, but it significantly reduces the error in the model. The error is additionally reduced by the fact that there are approximately 41.2% of residential transits (i.e. kilometres) during the year, while 58.8% of the transits were made by non-residential vehicles. Such ratio reduces the error, because the probability that a tourist from Mali Lošinj would

te time biti zabilježen na mjernoj postaji Čunski, puno veća nego što će napraviti kilometre tranzita na manjim relacijama. Ipak, višak kilometara koji je ostvaren na manjim relacijama, a na taj način produciran na mjernoj postaji Čunski, povećava točnost modela jer se oduzima od nezabilježenih kilometara tranzita na otoku Cresu i dalje prema otoku Lošinju do naselja Nerezine.

Zaključno se može reći da model na osnovi ulaznih podataka ima svoje manjkavosti, ali se neki dijelovi modela koji stvaraju odstupanja, zbog prostorne distribucije naselja i gustoće naseljenosti te sudjelovanja pojedinih naselja u turističkim kretanjima, poništavaju, čime pridonose pouzdanosti i vjerodostojnosti konačnog izračuna.

Ulazni podatci u modelu

go on a trip to Cres and vice versa is much higher than that the same tourist would travel on shorter routes. However, the surplus of kilometres realized on shorter routes (recorded on Čunski measurement station) increases the accuracy of the model, because it is subtracted from unregistered transit kilometres on Cres Island and further toward Lošinj Island and to the settlement of Nerezine.

We can conclude that the model has its flaws due to the nature of input data, but some parts of the model that create deviations are annulled due to spatial distribution of the settlements, population density and participation of certain settlements in tourist movements. Consequently, the final calculation is more reliable.

Input data

Tablica 3. Turistički dolasci po destinacijama i broj cestovnih prolazaka na mjernoj postaji Čunski tijekom 2008. godine
Table 3 Tourist arrivals by destinations and number of road transits recorded on Čunski measurement station in 2008

Mjeseci	Siječanj		Veljača		Ožujak		Travanj		Svibanj		Lipanj		Srpanj		Kolovoz		Rujan		Listopad		Studeni		Prosinac	
Destinacija	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj	Grad Cres	Grad Mali Lošinj
Month	January		February		March		April		May		June		July		August		September		October		November		December	
Destination	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj	Town of Cres	Town of Mali Lošinj
Udio turističkih dolazaka po odredištima / Share of tourist arrivals by destinations	7,01	92,99	8,73	91,27	23,1	76,9	26,97	73,03	36	64	28,83	71,17	29,11	70,89	31,35	68,65	30,29	69,71	21,78	78,22	0	100	7,77	92,23
Ukupan broj turističkih dolazaka / Total number of tourist arrivals	813		1 328		4 359		10 638		27 841		55 483		105 513		118 238		36 456		8 357		721		1 107	
Broj cestovnih prolaza na mjernoj postaji Čunski / Number of road transits at Čunski measurement station	31 675		35 231		42 407		50 779		69 178		82 470		124 492		136 888		74 172		42 654		34 976		33 512	

Izvor / Source: Turističke zajednice Grad Cres i Grad Mali Lošinj, Hrvatske ceste

Tablica 4. Registrirana cestovna vozila na cresko-lošinjskom arhipelagu 31. 12. 2008. godine⁴
 Table 4 Registered road vehicles on Cres-Lošinj Archipelago on December, 31st 2008⁴

Teritorijalna jedinica	Ukupan broj registriranih vozila po teritorijalnim jedinicama	Udio registriranih vozila	Ukupan broj registriranih vozila
Territorial unit	Total number of registered vehicles by territorial units	Share of registered vehicles	Total number of registered vehicles
Grad Cres / Town of Cres	1 325	25,42%	5 213
Grad Mali Lošinj / Town of Mali Lošinj	3 888	74,58%	

Izvor / Source: Ministarstvo unutrašnjih poslova

Tablica 5. Udaljenosti između karakterističnih točaka cestovne mreže na Cresu i Lošinj
 Table 5 Distance among distinct nodes of road network on Cres and Lošinj Islands

Dionice / Route	Mali Lošinj – Merag	Mali Lošinj – Porozina	Cres – Merag	Cres – Porozina	Mali Lošinj – Cres
Udaljenosti u km / Distance in kilometers	68	80	14	26	55

Izvor / Source: Hrvatske ceste

Analiza dobivenih podataka iz modela

Broj kilometara ostvaren u cestovnom prometu na otocima Cresu i Lošinj tijekom 2008. godine pokazuje značajna kolebanja (Tab. 6.). Amplituda je vidljiva između siječnja – minimum (indeks = 1,00) i kolovoza – maksimum (indeks = 5,03). Mjesečna kolebanja daju tri uočljiva razdoblja u godini: 1) zimski dio godine od studenog do veljače tijekom kojeg je vidljiva vrlo mala oscilacija vrijednosti s indeksnim razlikama od minimalnih 1,00 u siječnju do maksimalnih 1,11; 2) prijelazni dio godine u dva razdoblja od ožujka do travnja te listopada, u kojem je vidljivo manje kolebanje vrijednosti s maksimalnim indeksom od 2,22; 3) ljetni dio godine od svibnja do rujna tijekom kojeg je vidljiv maksimum u kolovozu s indeksom vrijednošću od 5,03 u odnosu na siječanj. Ukupno kretanje apsolutnih vrijednosti u uskoj je vezi s brojem turističkih dolazaka na otok (Tab. 1.). Dodatnu potvrdu za usku povezanost cestovne kilometraže napravljene na Cresu i Lošinj s kolebanjima u turističkim dolascima

⁴ Broj vozila koji je uzet u model izračuna ukupne kilometraže na otocima, sa samog je kraja 2008. godine te daje u baznom dijelu modela određeni "višak" kilometara. Taj "višak" kilometra povećava točnost modela jer se poništava s mobilnošću rezidentnih vozila na otocima koja zbog lokacije mjernih točaka nije vidljiva u ulaznim podacima.

Analysis of the data generated by the model

Number of kilometres recorded in road traffic on Cres and Lošinj Islands in 2008 by months indicates significant oscillations (Tab. 6). The amplitude is clearly visible between the minimum recorded in January (index = 1.00) and maximum recorded in August (index = 5.03). Monthly oscillations indicate three distinct periods during the year: 1) winter period – from November to February – characterized by small oscillations with index ranging from minimal 1.00 in January to maximal 1.11; 2) transitional part of the year with two periods, one from March to April and the other in October with small oscillation and maximal index of 2.22; 3) summer period from May to September with maximum in August (index 5.03 in comparison to January). The change of absolute values is closely related to tourist arrivals on the island (Tab. 1). Another confirmation for close relation between road mileage on Cres and Lošinj Islands and oscillations of tourist arrivals is the data

⁴ Number of vehicles considered in the model for calculating total mileage on the islands refers to the end of 2008, and it creates a certain "surplus" of kilometres in basic part of the model. This "surplus" of kilometres increases the accuracy of the model because it is annulled by the mobility of resident vehicles on the islands, which is not visible in input data due to the location of the measurement stations.

Tablica 6. Kilometraža cestovnog prometa po mjesecima na Cresu i Lošinju 2008. godine
Table 6 Mileage of road traffic on Cres and Lošinj Islands in 2008 by months (in km)

Mjeseci	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Ukupan broj km na otocima / Total number of kilometers on the islands	1 779 427	1 981 592	3 455 413	3 951 203	4 888 954	5 853 088	8 296 644	8 958 509	5 323 592	3 500 634	1 966 430	1 875 149
Broj km nerezidenata na otocima / Number of non- resident kilometers on the islands	0	202 165	1 675 986	2 171 776	3 109 527	4 073 661	6 517 217	7 179 082	3 544 165	1 721 207	187 003	95 722

Izvor / Source: Hrvatske ceste, Jadrolinija, model

Tablica 7. Ukupni rezultati modela i biokapaciteta apsorpcije CO₂ na cresko-lošinjskom arhipelagu 2008. godine
Table 7 Final results of the model and biocapacity of CO₂ absorption on Cres-Lošinj Archipelago in 2008

Kilometri rezidenata na otoku	21 353 124
Resident kilometers on the island	
Kilometri nerezidenata ukupno na otoku	30 477 511
Non-resident kilometers on the island	
Kilometri ukupno na otoku	51 830 635
Total number of kilometers on the island	
Potrošnja goriva u litrama – rezidenti	1 601 524
Fuel consumption in liters - residents	
Potrošnja goriva u litrama – nerezidenti	2 133 383
Fuel consumption in liters – non-residents	
Potrošnja goriva u litrama – ukupno	3 734 907
Total fuel consumption	
Godišnja emisija CO ₂ rezidentnih vozila na otoku (kg)	5 349 384
Annual CO ₂ emission by resident vehicles on the island	
Godišnja emisija CO ₂ nerezidentnih vozila na otoku (kg)	5 242 131
Annual CO ₂ emission by non-resident vehicles on the island	
Ukupna godišnja emisija CO ₂ cestovnog prometa na otoku (kg)	10 591 515
Total annual CO ₂ emission from road traffic on the island	

Izvor / Source: Državni zavod za zaštitu prirode, ALLARD, 2008., MAGLIULO, 2004., European Environment Agency, model

daju vrijednosti broja prolaza vozila na trajektnim pristaništima (Merag i Porozina) te statistika Glavnog plana razvoja turizma Kvarnera koja utvrđuje da je broj turističkih dolazaka cestovnim vozilima na područje Kvarnera zastupljen s 99,4% (GLAVNI PLAN RAZVOJA, 2005.).

related to the number of transits in ferry terminals (Merag and Porozina) and the statistics of the Master Plan for the Development of Tourism on Kvarner, which indicates that 99.4% of tourists come to this area by cars (MASTER PLAN FOR THE DEVELOPMENT, 2005).

Primjena dobivenih podataka iz modela

Korelacija između broja nerezidentnih dolazaka⁵, broja prolaza vozila na otoku i trajektnim pristaništima te ukupna kilometraža i ispuštanje CO₂ na otoku u uskoj su vezi te upućuju na zaključak da je opterećenost okoliša ispuštanjem ispušnih plinova iz vozila rezultat naglašeno sezonske turističke djelatnosti na otoku (Tab. 6; 7. i 8.).

Application of the data generated by the model

Correlation between the number of non-resident arrivals⁵ and the number of vehicle transits on the island and in ferry terminals, as well as total mileage and CO₂ emission on the island are closely related and indicate that the pressure that the exhaust gases place on the environment is the result of emphasized seasonal character of tourism on the island (Tabs. 6, 7 and 8).

Tablica 8. Emisija CO₂ cestovnog prometa na Cresu i Lošinju tijekom 2008. godineTable 8 Emission of CO₂ from road traffic on Cres and Lošinj Islands in 2008

Mjeseci	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac	Godišnje
Months	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Annual
Emisija CO ₂ nerezidentnih vozila (kg) / CO ₂ emission by non-resident vehicles (kg)	0	34 772	288 269	373 545	534 838	700 669	1 120 961	1 234 802	609 596	296 047	32 164	16 464	5 242 131
Emisija CO ₂ rezidentnih vozila (kg) / CO ₂ emission by resident vehicles (kg)	445 782	445 782	445 782	445 782	445 782	445 782	445 782	445 782	445 782	445 782	445 782	445 782	5 349 384
Ukupna emisija CO ₂ (kg) / Total CO ₂ emission (kg)	445 782	480 554	734 051	819 327	980 620	1 146 451	1 566 743	1 680 584	1 055 378	741 829	477 946	462 246	10 591 515

Izvor: Model, Energija u Hrvatskoj, 2008., Energetski institut "Hrvoje Požar", European Environment Agency

⁵ Nerezidentni dolasci (prolasci) vozila na otoke dijele se po uzroku na tri skupine vozila: 1) nerezidentna – turistička vozila, 2) nerezidentna – vikendaška vozila, i 3) ostala nerezidentna – slučajna vozila. U istraživanju je broj nerezidentnih vozila na otoku s obzirom na njihovo ponašanje (tranzit) poistovjećen s turističkim vozilima, što u konačnici ne bi trebalo značajnije utjecati na rezultate modela. Omjer između navedene tri skupine vozila na otoku bitno je na strani turističkih vozila zbog značajne cijene trajektnog prijevoza koja smanjuje utjecaj vikendaških i slučajnih kretanja vozila na cestovni tranzit vozila.

⁵ Non-resident arrivals (transits) of the vehicles on the islands are divided into three groups of vehicles: 1) non-resident tourist vehicles, 2) non-resident weekend vehicles, and 3) other non-resident occasional vehicles. In this research, non-resident vehicles on the island were identified as tourist vehicles due to their nature (transit), which ultimately should not affect the results. Ratio among the three above-mentioned groups of vehicles on the island is dominantly in favour of tourist vehicles due to significantly high ferry fares, which reduces the influence of weekend and other occasional vehicle transits on total road transits.

Tablica 9. Ekološki otisak⁶ i biokapaciteti apsorpcije CO₂ cresko-lošinjskog otočja 2008. godine
 Table 9 Ecological Footprint⁶ and biocapacities of CO₂ absorption on Cres-Lošinj Archipelago in 2008

Vegetacijske zajednice	Zajednice suhих travnatih površina i bušika	Šumske zajednice hrasta crnike i hrasta medunca
Vegetation	Dry grassland and bush	Holm oak and Pubescent oak woods
Površina / Surface	25 109 ha	25 918 ha
Specifična godišnja sposobnost apsorpcije CO ₂ po hektaru / Specific annual CO ₂ absorption capacity per hectare	9 070 kg CO ₂ /ha	10 210 kg CO ₂ /ha
Parcijalni godišnji biokapacitet apsorpcije CO ₂ na otocima / Partial annual biocapacity of CO ₂ absorption on the islands	227 738 630 kg CO ₂	264 622 780 kg CO ₂
Ukupni godišnji biokapacitet apsorpcije CO ₂ na otocima / Total annual biocapacity of CO ₂ absorption on the islands	492 361 410 kg CO ₂	
Godišnja emisija CO ₂ cestovnog prometa na otocima / Annual CO ₂ emission from road traffic on the islands	10 591 515 kg CO ₂	
Udio emisije u biokapacitetu apsorpcije CO ₂ na otocima / Share of emission in biocapacity of CO ₂ absorption on the islands	2,15 %	
Ekološki otisak cestovnog prometa u globalnim hektarima / Ecological footprint of road traffic in global hectares	0,0215 x 51 027 ha x 2,23 = 2 446,5 gha	

Izvori / Sources: Model, Državni zavod za zaštitu prirode, ALLARD, 2008., MAGLIULO, 2004., European Environment Agency, Ecological Footprint Atlas, 2009.

Ispuštanje CO₂ vozila rezidenata na otocima izračunato je iz dostupnih podataka na razini Republike Hrvatske⁷ te iznosi 250,5 gCO₂/km. Dobivena prosječna emisija CO₂ po automobilu u Hrvatskoj značajno je veća od prosjeka ispuštanja CO₂ za Europsku Uniju⁸, koja iznosi 172 g CO₂/km te je rezultat održavanosti i prosječne starosti vozila u Hrvatskoj i Europskoj Uniji. Razlike u omjerima udjela kilometara napravljenih tijekom godine na otocima i razlike u ispuštanju CO₂ po vozilima između rezidenata i nerezidenata u konačnoj računici daju vrlo slične brojke u količini ukupne emisije CO₂ u okoliš (Tab. 7; 8. i 9.).

⁶ Metodologija ekološkog otiska koji se izražava u globalnim hektarima (gha) služi se faktorom usklađivanja (*equivalence factor*), u ovom slučaju on iznosi 2,23, uz pomoć njega pretvara se lokalna površina s njezinom sposobnošću apsorpcije CO₂ u površinu s prosječnom sposobnošću apsorpcije CO₂ u svijetu. Faktor usklađivanja u ovom je slučaju izračunat uz pomoć prosječne površinske sposobnosti apsorpcije CO₂ u svijetu (1 gha = 1 525 litara goriva) i prosječne emisije CO₂ po litri goriva na promatranom području (1 litra goriva = 2,836 kg CO₂).

⁷ Ispuštanje CO₂ po vozilu u Republici Hrvatskoj izračunata je iz podataka Ministarstva unutrašnjih poslova, publikacije Energija u Hrvatskoj 2008. - Ministarstva gospodarstva rada i poduzetništva i Energetskog instituta "Hrvoje Požar".

⁸ Ispuštanje CO₂ po vozilu u Europskoj Uniji dobiveno je iz podataka *European Environment Agency* i *Eurostata*.

The CO₂ emitted by the residents on the islands was calculated by using the available data on CO₂ emission in Croatia⁷, and it equals 250.5 gCO₂/km. The calculated average emission of CO₂ per vehicle in Croatia is significantly higher than CO₂ emission in the European Union⁸, which equals 172 gCO₂/km, and it is the result of maintenance and average age of vehicles in Croatia and the European Union. Differences between the share of kilometres made throughout a year on the island and CO₂ emission per vehicle between residents and non-residents indicate almost equal quantity of total CO₂ emission into the environment (Tabs. 7, 8 and 9).

⁶ Ecological footprinting methodology, which is expressed in global hectares (gha), uses the equivalence factor (which is, in this case, 2.23) and converts local surface with its CO₂ absorption capacity into the surface with average CO₂ absorption capacity in the world (1 gha = 1.525 litres of fuel) and average emission of CO₂ per liter of fuel in the investigated area (1 litre of fuel = 2.836 kgCO₂).

⁷ CO₂ emission per vehicle in the Republic of Croatia was calculated from the data provided by the Ministry of Internal Affairs, publication *Energy in Croatia 2008*, Ministry of Economy, Labour and Entrepreneurship, and "Hrvoje Požar" *Energy Institute*.

⁸ CO₂ emission per vehicle in the European Union was calculated by using the data provided by *European Environment Agency* and *Eurostat*.

Ispuštanje CO₂ cestovnog prometa (*Carbon Footprint*) u ovom je radu uspoređena s konkretnom godišnjom sposobnošću apsorpcije CO₂ raslinja na području cresko-lošinjskog otočja. Prostor otoka podijeljen je u tri dijela: 1) izgrađeni prostor čiji ekološki otisak na razini Republike Hrvatske iznosi 0,11 gha po osobi (što je prosjek razvijenih zemalja) (ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS, 2009.); 2) vodene površine čiji ekološki otisak za Republiku Hrvatsku iznosi 0,06 gha po osobi (ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS, 2009.); 3) površine suhih travnjaka i bušika (Tab. 9.); 4) šume hrasta crnike i hrasta medunca (Tab. 9.).

Zaključak

Iz ukupnih rezultata može se zaključiti da je ispuštanje CO₂ cestovnog prometa na cresko-lošinjskom otočju maleno do gotovo zanemarivo i ne utječe značajno na održivost razvoja otočnog prostora s gledišta metodologije ekološkog otiska. Emisija CO₂ cestovnog prometa godišnje na otocima iznosi 2,15% godišnje sposobnosti upijanja istoga otočnog prostora ili 2446,5 gha. Podatci za prostor Republike Hrvatske govore da godišnji udio ispuštanja CO₂ cestovnog prometa u ukupnoj emisiji svih vidova ljudskog djelovanja u prostoru iznosi oko 30%. Po pretpostavci da je prosječno stanje u Republici Hrvatskoj odgovarajuće stanju na cresko-lošinjskom arhipelagu, ukupna bi emisija CO₂ na otocima bila ispod 7% sposobnosti apsorpcije prostora. Razlozi tako malog utjecaja ukupne emisije i posebice emisije cestovnog prometa na okoliš prije svega su malobrojnost populacije na otocima, niska gustoća naseljenosti, dobni sastav stanovništva, niska mobilnost otočnog stanovništva, slaba razgranatost i veličina cestovne mreže, usmjerenost na brzobrodne pruge i slično. Uz obilježja rezidentnog stanovništva, koje realno smanjuje utjecaj emisije CO₂ u cestovnom prometu, značajno je izdvojiti pojavu nerezidentnih vozila. U apsolutnom broju prijeđeni kilometri nerezidentnih vozila na otoku čak su iznad rezidentnih, što je izravna posljedica prevage turističke gospodarske usmjerenosti prostora. Taj udio nerezidentnih vozila u utjecaju na okoliš dodatno pojačava smještaj, odnosno, udaljenost grada Malog Lošinja koji privlači veći dio turističkih dolazaka. Utjecaj brojnosti nerezidentnih vozila na ispuštanje CO₂ u atmosferu manji je u odnosu na rezidentna vozila zbog više energetske učinkovitosti nerezidentnih vozila. Ukupno pozitivno obilježje trenutnog stanja ispuštanja i upijanja CO₂ kroz godinu dana

In this paper, the emission of CO₂ from road traffic (*Carbon Footprint*) was compared with concrete annual CO₂ absorption capacity of the vegetation on Cres-Lošinj Archipelago. The area of the island was divided into three parts: 1) built-in area whose Ecological Footprint on national level is 0.11 gha per person (which is the average value for developed countries) (ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS, 2009); 2) water surfaces whose Ecological Footprint on national level is 0.06 gha per person (ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS, 2009); 3) surfaces with dry grassland and bush (Tab. 9); 4) Holm oak and Pubescent oak woods (Tab. 9).

Conclusion

The final results indicate that CO₂ emission from road traffic on Cres-Lošinj Archipelago is small and almost negligible, and it does not affect significantly the sustainable development of insular area from the point of view of Ecological Footprinting methodology. Annual CO₂ emission from road traffic on the islands is 2.15% of annual absorption capacity of the same area, or 2,446.5 gha. In the Republic of Croatia, the annual share of CO₂ emission from road traffic in total emission from all aspects of human activity in space is approximately 30%. Assuming that the average emission on Cres-Lošinj Archipelago corresponds to national average, the total CO₂ emission on the islands would be 7% below the absorption capacity of the space. Reasons for such small influence of total emission, and particularly of road traffic emission, on the environment are small population on the islands, low population density, age composition of the population, low mobility of insular population, size and structure of road network, orientation on fast boat lines, etc. Besides resident population that reduces the influence of CO₂ emission from road traffic, another important factor is non-resident vehicles. The mileage of non-resident vehicles on the island surpasses the mileage of resident vehicles, which is direct result of dominant tourist orientation of the area. The share of non-resident vehicles and their influence on the environment are additionally amplified by the location (i.e. distance) of Mali Lošinj, which attracts most of the tourists. Influence of numerous non-resident vehicles on CO₂ emission into the atmosphere is smaller than of resident vehicles due to greater energetic efficiency of non-resident vehicles. General positive feature of current state of CO₂

na promatranom prostoru samo je parcijalnoga karaktera jer u cjelokupni ekološki otisak ulaze još mnoge varijable. Varijabla iz domene prometa, s kojom bi trebalo dalje nadograđivati i upotpunjavati započeti rad, jest ekološki otisak ostalih vidova prometa kao što su pomorski i zračni. Posebno valja naglasiti da je ekološki otisak pomorskog prometa na otočnom prostoru, kao što je ovaj, vrlo značajan. Zbog brojnosti i prostornog rasporeda mjernih postaja i obilježja podataka, sam model i daljnja obrada ulaznih podataka nose sa sobom određena odstupanja. Bez obzira na prisutnost odstupanja, pozitivno obilježje modela, koje proizlazi iz prostornog razmještaja i veličine naselja te pokretljivosti sudionika u prometu, jest parcijalno poništavanje nasuprotnih dijelova modela, što ga čini pouzdanijim. U mogućoj primjeni tog modela na nekim drugim, prije svega otočnim prostorima, bilo bi potrebno pomno razmotriti prostorni raspored mjernih postaja, veličinu naselja, obilježja sudionika u prometu te pouzdanost mjerenih podataka. Bez obzira na specifičnosti svakoga konkretnog prostora, model razrađen u ovom radu pruža osnovni kostur za prilagodbu i izračun osnovnih pokazatelja ekološkog otiska cestovnog prometa.

emission and absorption throughout the year in the investigated area is only partial because complete Ecological Footprint includes many other variables. Traffic related variables, which should be used for further upgrading and completion of this work, are Ecological Footprint of other types of traffic, such as maritime and air traffic. It is necessary to point out that Ecological Footprint of maritime traffic in insular area is very important. Due to the number and spatial distribution of measurement stations and characteristics of the data, the model itself and further analysis of input data have some deviations. Regardless of possible deviations, positive feature of the model, which is based on spatial distribution and size of the settlement, and mobility of the passengers, is partial annulment of different parts of the model, which makes it more reliable. In order to apply this model in some other, primarily insular areas, it would be necessary to analyze in detail the spatial distribution of measurement stations, size of the settlements, passengers' features, and reliability of the measurement data. Regardless of specific features of each area, the model used in this paper is a basic framework for adjusting and calculating the basic data related to Ecological Footprint of road traffic.

IZVORI / SOURCES

Državni zavod za statistiku, Popis stanovništva, kućanstava i stanova 31. ožujka 2001. <http://www.dzs.hr/>, *Stanovništvo prema spolu i starosti, po naseljima*, (5. 12. 2009.)

Energetski institut "Hrvoje Požar" – Zagreb (statističke informacije).

VUK, B. I OSTALI (2008): *Energija u Hrvatskoj – godišnji energetski pregled 2007*, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva Republike Hrvatske i Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, pp. 291.

European Environment Agency: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/term33-average-age-of-road-vehicles-2> (05.12.2009.).

Eurostat: Measuring progress towards a more sustainable Europe - monitoring report: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-77-07-115/EN/KS-77-07-115-EN.PDF (05.12.2009.).

Hrvatske ceste – Rijeka (statističke informacije).

Jadrolinija – Rijeka (statističke informacije).

HUMPHREY, S. I OSTALI (2008): *Living Planet Report 2008*, World Wildlife Fund for Nature, Gland-Switzerland, pp. 46.

LITERATURA / LITERATURE

ALLARD, V., OURCIVAL, J. M., RAMBAL, S., JOFFRE R., ROCHETEAU A. (2008): *Seasonal and annual variation of carbon exchange in an evergreen Mediterranean forest in southern France*, *Global Change Biology*, 14, 714-725.

- EWING B., GOLDFINGER, S., OURSLER, A., REED, A., MOORE, D., WACKERNAGEL, M. (2009): *The Ecological Footprint Atlas, 2009*, Global Footprint Network, Oakland, pp. 109.
- GÖSSLING, S., HANSSON, B.C., HÖRSTMEIER, O., SAGGEL, S. (2002): *Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability*, Ecological Economics, 43, 199-211.
- HUNTER, C., SHAW, J. (2007): *The ecological footprint as a key indicator of sustainable tourism*, Tourism Management, 28, 46-57.
- MARTIN-CEJAS, R. R., RAMIREZ SANCHEZ P. P. (2010): *Ecological footprint analysis of road transport related to tourism activity: The case for Lanzarote Island*, Tourism Management 31/1, 98-103.
- MCDONALD, G. W., PATTERSON, M. G. (2004): *Ecological Footprints and interdependencies of New Zealand regions*, Ecological Economics 50, 49-67.
- REES, E. W. (1992): *Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out*, Environment and Urbanization, 4/2, 121-130.
- PERIĆ, J. I OSTALI (2005): *Glavni plan razvoja turizma Primorsko-goranske županije*, Sveučilište u Rijeci, Fakultet za turistički i hotelski menadžment, Opatija, pp. 467.
- VACCARI, F. P., GIOLI, B., ZALDEI, A., SABATINI, F., GEORGIADIS, T., ROSSI, F., PERESSOTTI, A., MAGLIULO, V., MIGLIETTA F. (2004): *Net Ecosystem Carbon Exchange (NEE) of the Island of Pianosa*, Journal of Mediterranean Ecology, 5/1, 53-60.
- WACKERNAGEL, M., REES, W. E., (1996): *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Philadelphia, pp. 160.