

Primjena QGIS modela u definiranju uvjeta za prekida prometa na državnoj cesti d8

Aleksić, Grga

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:548237>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-08**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

Grga Aleksić

PRIMJENA GIS MODELA U DEFINIRANJU UVJETA ZA
PREKID PROMETA NA DRŽAVNOJ CESTI D8

DIPLOMSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Goran Lončar

Zagreb, rujan 2023.

Želim zahvaliti svojem mentoru prof. dr. sc. Goranu Lončaru na stručnom vodstvu, korisnim savjetima, podršci, strpljenju i trudu koje je uložio kako bi mi pomogao izraditi ovaj diplomski rad.

Zahvaljujem se svim svojim prijateljima i kolegama, koji su bili uz mene i koji su uvijek bili spremni na pomoć i suradnju.

Veliko hvala mojoj obitelji i djevojci koji su mi bili velika potpora u najtežim trenucima fakultetskog obrazovanja.



Sadržaj

1. UVOD.....	3
2. PODLOGE – BRZINE I SMJER VJETRA IZ MODELA ALADIN - HR.....	4
3. USPOSTAVA MODELA PROSTORNE RASPODJELE VJETRA U QGIS SUČELJU ..	9
3.1. Početne postavke sučelja i uvlačenje osnovnih podloga.....	9
3.2. Primjena QGIS modula „Wind effect“	23
4. REZULTATI PROVEDENIH ANALIZA	32
5. ZAKLJUČAK.....	44
6. POPIS SLIKA	45
7. POPIS TABLICA	47
8. LITERATURA.....	48

Sažetak

Između Novog Vinodolskog i Karlobaga (dionica državne ceste D8) učestalo dolazi do zatvaranja prometa uslijed jakih udara vjetra (bure) za prvu skupinu vozila (autobusi na kat, vozila s kamp-prikolicom i motocikli). Zatvaranje ceste između Novog Vinodolskog i Karlobaga dešava se kada izmjereni sekundni udari vjetra na Balinskom vijaduktu premaše 25 m/s u slučaju mokrog kolnika i 30,6 m/s u slučaju suhog kolnika (prema važećem pravilniku Hrvatskih cesta).

U ovom radu provedena je analiza prostorne raspodjele brzine vjetra na dionici ceste između Novog Vinodolskog i Karlobaga temeljem modula „Wind effect“, dostupnog u sklopu platforme QGIS, te brzine i smjera vjetra iz numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr u razdoblju 1998.-2001. U QGIS sučelju je za proračune brzine uzduž analizirane cestovne dionice korištena prostorna rezolucija podataka od 25m, a podaci o brzini i smjeru vjetra iz modela Aladin-Hr imaju prostornu rezoluciju od 4km i vremensku rezoluciju od 3h.

Rezultati provedenih proračuna pokazali su da je moguće provesti zatvaranje ceste po pojedinim segmentima umjesto zatvaranja cjelokupne dionice između Novog Vinodolskog i Karlobaga.

Summary

Between Novi Vinodolski and Karlobag (section of state road D8) traffic is often closed due to strong gusts of wind (bura) for the first group of vehicles (double-decker buses, vehicles with caravans and motorcycles). The closure of the road between Novi Vinodolski and Karlobag occurs when the measured second wind gusts on the Balin Viaduct exceed 24 m/s in the case of wet pavement and 30.6 m/s in the case of dry pavement (according to the current rulebook of Hrvatske Ceste).

In this paper, an analysis of the spatial distribution of wind speed on the road section between Novi Vinodolski and Karlobag was carried out based on the „Wind effect“ module, available as part of the QGIS platform, and wind speed and direction from the numerical atmospheric model Aladin-Hr in the period 1998-2001. In the QGIS interface, a spatial data resolution of 25m was used for speed calculations along the analyzed road section, while the data on wind speed and direction from the Aladin-Hr model have a spatial resolution of 4 km and a temporal resolution of 3h.

The results of the calculations showed that it is possible to close the road in individual segments instead of closing the entire section between Novi Vinodolski and Karlobag.

1. UVOD

Situacije u kojima je promet zatvoren generiraju neposredni i posredni društveni trošak kroz izgubljeno vrijeme, nemogućnost obavljanja poslova koji zahtijevaju prolazak tom dionicom, negativan utjecaj na turizam i slično. Iz tog razloga potrebno je utvrditi može li se kroz doradu protokola za zatvaranje prometnice na pojedinim dijelovima prometnice smanjiti ukupno vrijeme u godini u kojem je prometnica zatvorena.

Protokol zatvaranja cjelokupne dionice je sljedeći. Dežurni službenik u društvu kapitala (privatne firme) prati prognoze o brzini i smjeru vjetra (model Aladin-Hr za prognozu vjetra +72h). Ukoliko prognoza ukazuje na moguću pojavu vrlo jakog i olujnog vjetra (primarno bure) prate se **mjereni jednosekundni udari vjetra** na lokacijama Balinski vijadukt (meteo postaja od HC, prati se i temperatura i stanje kolnika, 24km od Senja). Prema potrebi na teren se šalje ophodar koji s ručnim anemometrom mjeri udare vjetra.

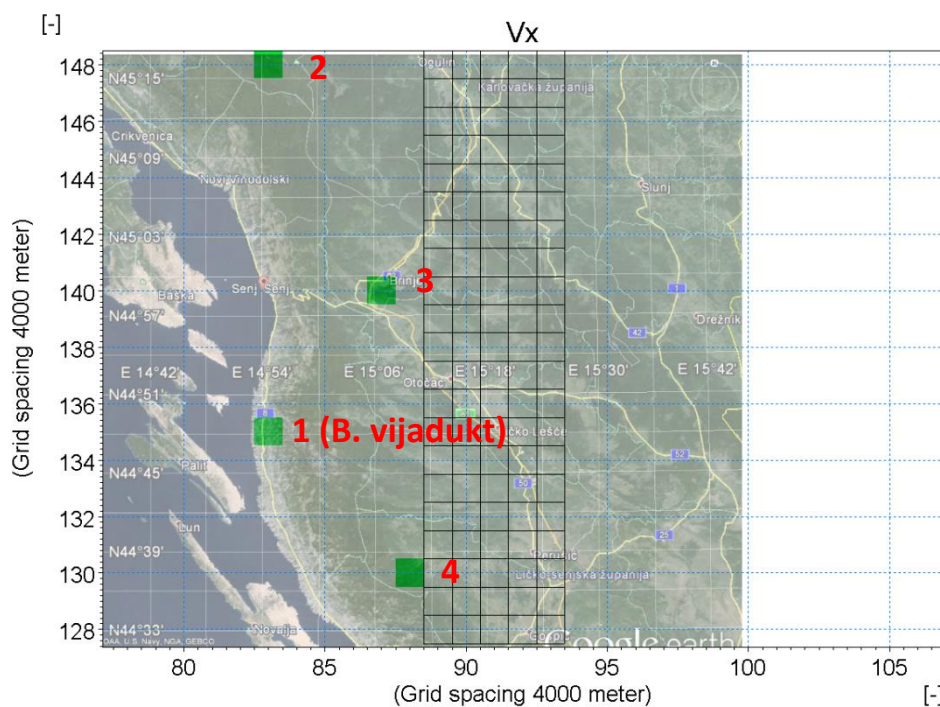
Prema tablici iz *Pravilnika o obavljanja prometa u zimskim uvjetima* donosi se odluka o zatvaranju ceste. Primjerice, za autobuse, teretna i osobna vozila **maksimalni dozvoljeni sekundni udari vjetra** su 110 km/h pri uvjetima suhog kolnika, 90 km/h pri uvjetima mokrog kolnika, te 60 km/h pri uvjetima zaleđenog kolnika.

2. PODLOGE – BRZINE I SMJER VJETRA IZ MODELA ALADIN - HR

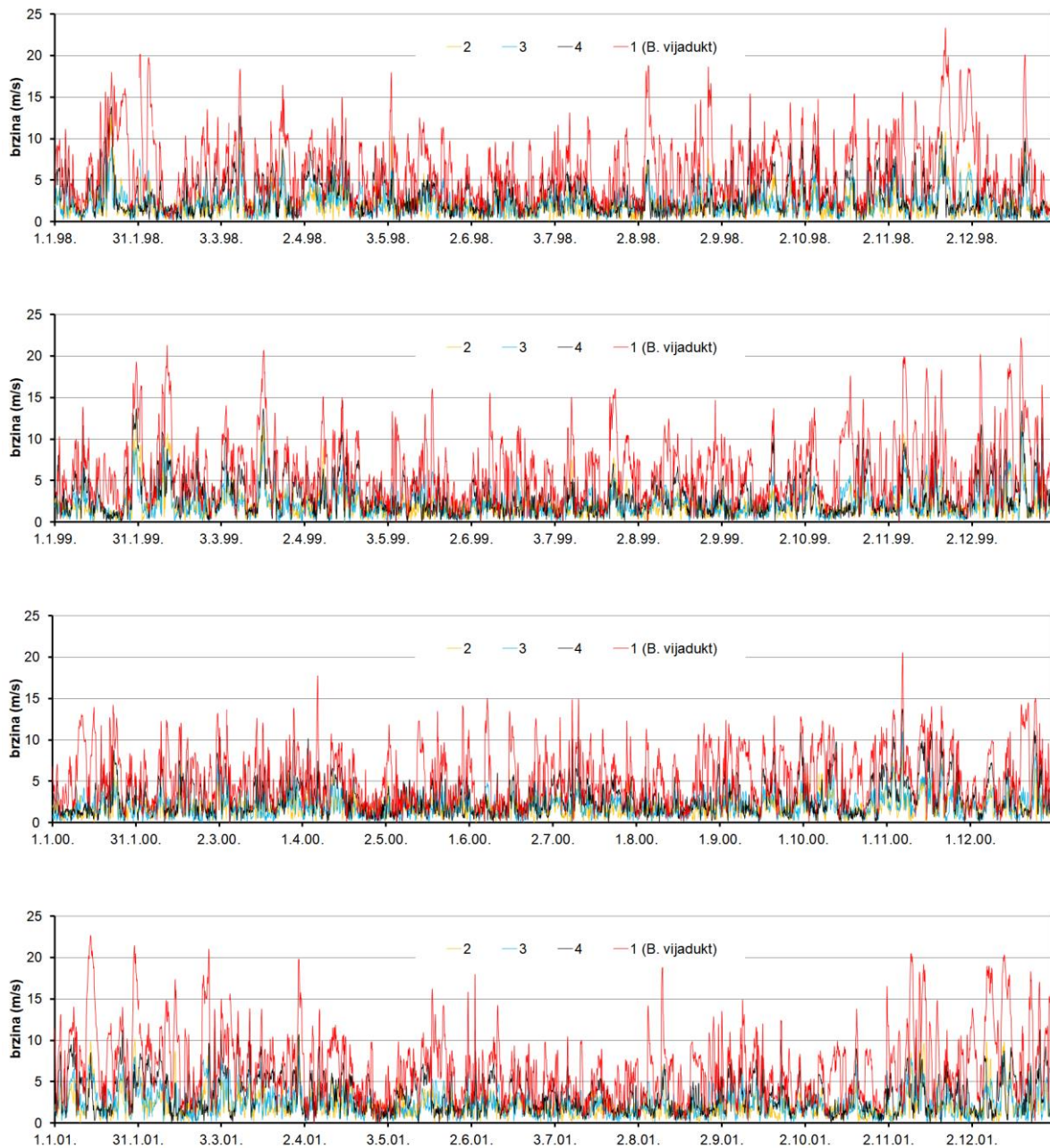
U Državnom hidrometeorološkom zavodu Hrvatske je trenutno operativno funkcionalan atmosferski model Aladin-Hr u hidrostatskoj verziji baziranoj na primitivnim jednadžbama sa numeričkom implementacijom razvijenom u kooperaciji sa nekoliko nacionalnih meteoroloških institucija. Model proizlazi iz globalnog ARPEGE (Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle) modela od Meteo-France (Courtier i sur., 1991.), sa kojime izmjenjuje i podatke o većini fizikalnih relevantnih parametara potrebnih za definiranje rubnih uvjeta (Cordoneanu i Geleyn, 1998.). Model Aladin koristi prostornu rezoluciju dostatnu za razlučivanje intenzivnih izmjena u smjerovima i intenzitetima prevladavajućih vjetrova na području Jadrana (Brzović i Strelec-Mahović, 1999.; Ivatek-Sahdan i Tudor, 2004.).

Na slici 2.1 prikazane su točke ekstrakcije rezultata brzine i smjera vjetra iz numeričkog atmosferskog modela Aladin-HR sa prostornom rezolucijom 4km i vremenskom rezolucijom rezultata od 3 sata (za razdoblje 1998.-2001.). Točka 1 predstavlja poziciju proračunske ćelije numeričkog modela Aladin-Hr u kojoj se nalazi i Balinski vijadukt. Preostale točke (2, 3, 4) odabrane su za potrebe definiranja korelacijskih odnosa brzine i smjera vjetra u zoni zaobalja i na poziciji točke 1, te definiranja rubnih uvjeta smjera vjetra za uspostavljeni model prostorne raspodjele brzine vjetra u QGIS sučelju.

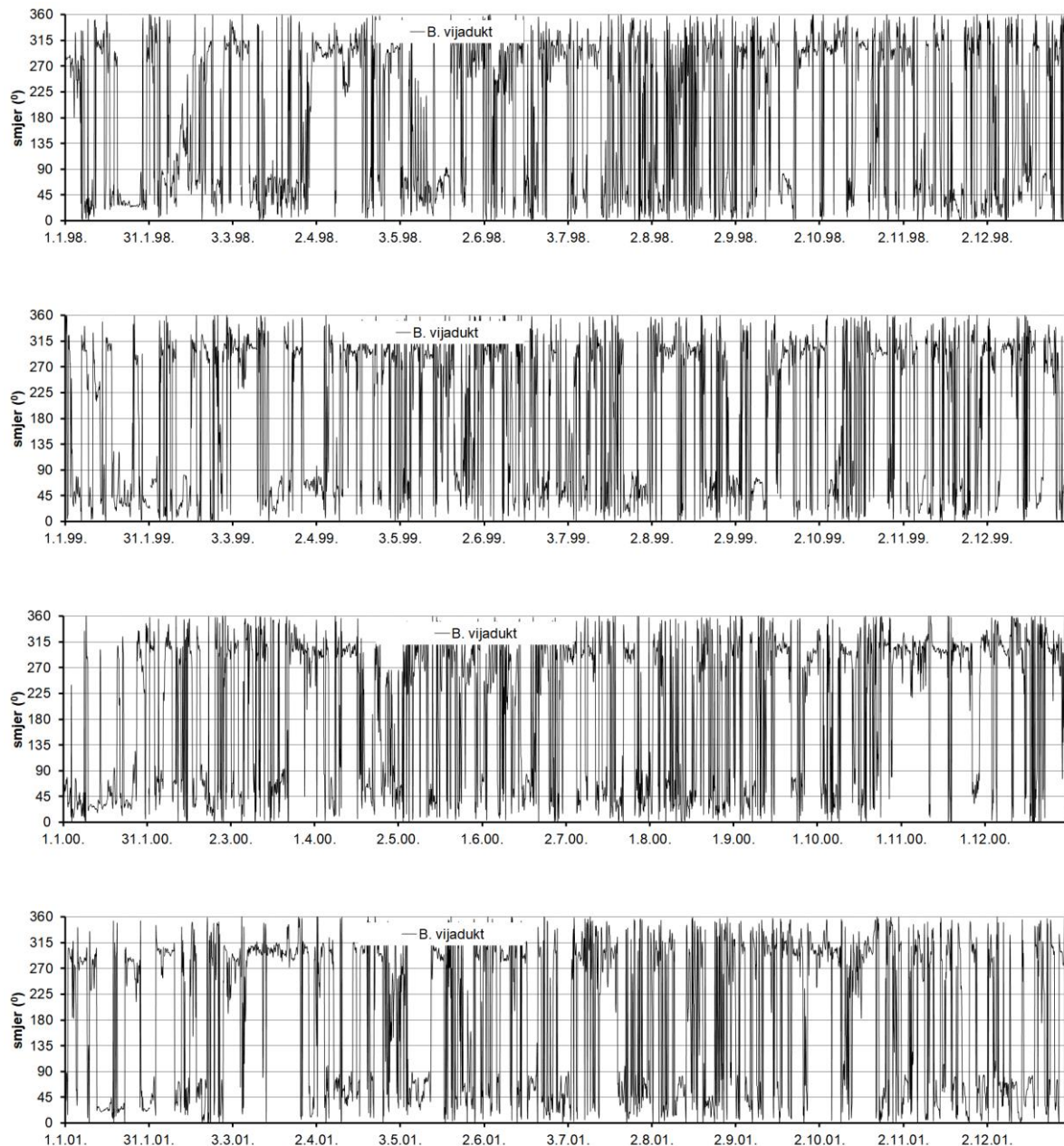
Na slikama 2.2 i 2.3 prikazane su komparativne vremenske serije brzine i smjera vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka) za poziciju točaka 1, 2, 3 i 4.



Slika 2.1 Proračunska mreža modela Aladin-Hr (prostorna rezolucija 4km za 1991.-2001.) na Google podlozi i proračunske ćelije 1, 2, 3 i 4 sa kojih se ekstrahiraju podaci o brzini i smjeru vjetra



Slika 2.2 Komparativne vremenske serije brzine vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka), za pozicije točaka 1 (Balinski vijadukt), 2, 3 i 4 (zaobalje)



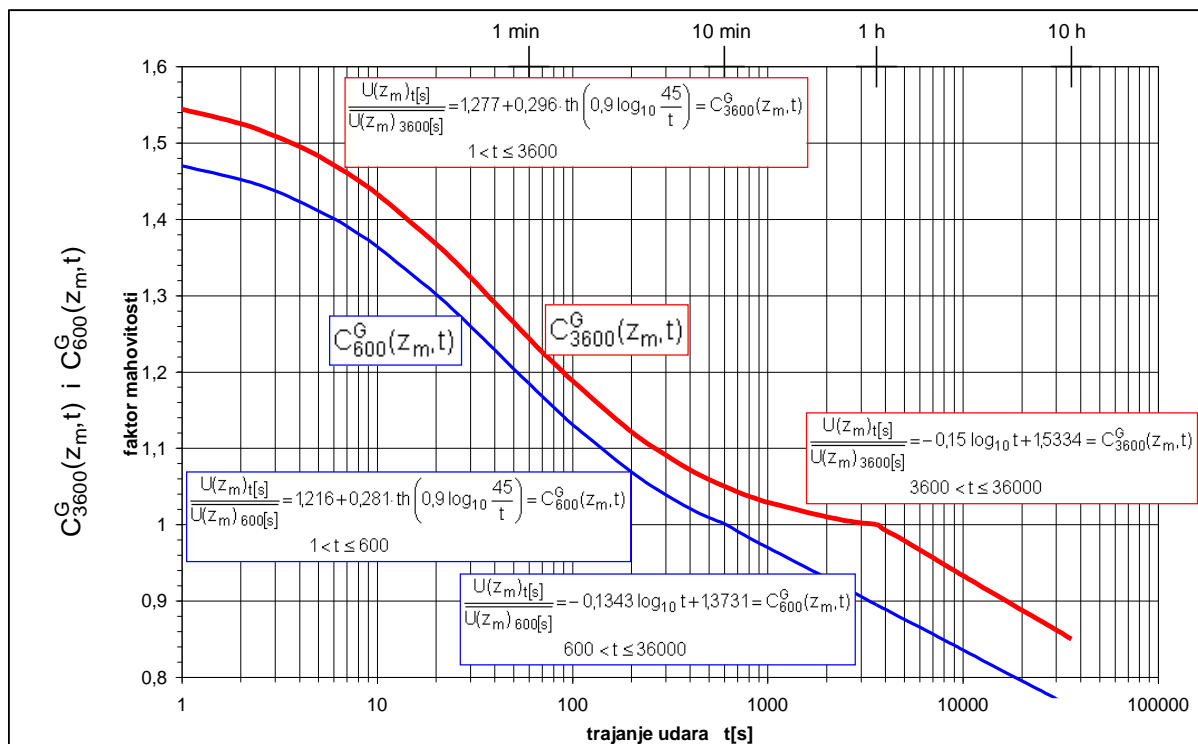
Slika 2.3 Slika 2.3 Vremenske serije smjera vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka), za poziciju točke 1 (Balinski vijadukt)

U narednom koraku definira se linearna korelacijska veze između smjera vjetra na točkama 1 (Balinski vijadukt) i točaka 2, 3, 4 (zaobalje - unutrašnjost). Iz cjelokupnog seta podataka za korelacijske odnose koriste se samo oni u kojima brzina vjetra iz modela Aladin-HR premašuje vrijednost sekundnog udara vjetra od 25 m/s na poziciji Balinskog mosta - točka 1.

Potrebno je napomenuti da su izlazni podaci iz modela Aladin-HR trosatni srednjaci brzine i smjera vjetra (slika 2.2), a udari vjetra su jednosekundne vrijednosti. Iz prikazanog dijagrama sa slike 2.4 mogu se očitati koeficijenti uvećanja, sa trosatnog u jednosatnu vrijednost $V_{\text{satni}} = 1/0,93 * V_{\text{trosatni}}$, te nakon toga iz jednosatnog u sekundni $V_{\text{sekundni}} = 1,55 * V_{\text{satni}}$.

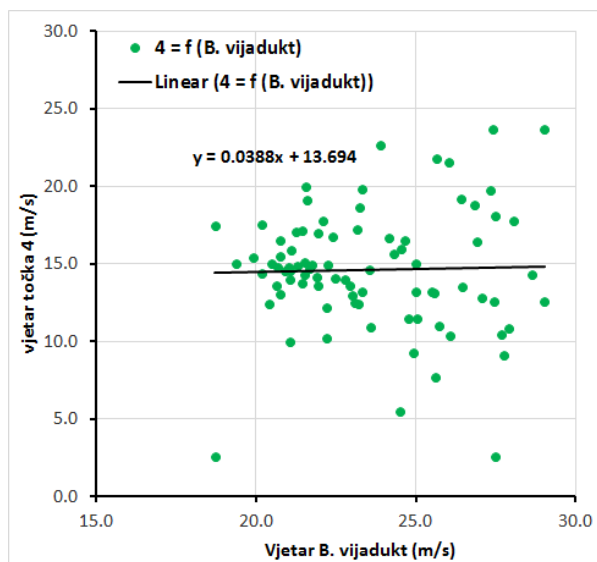
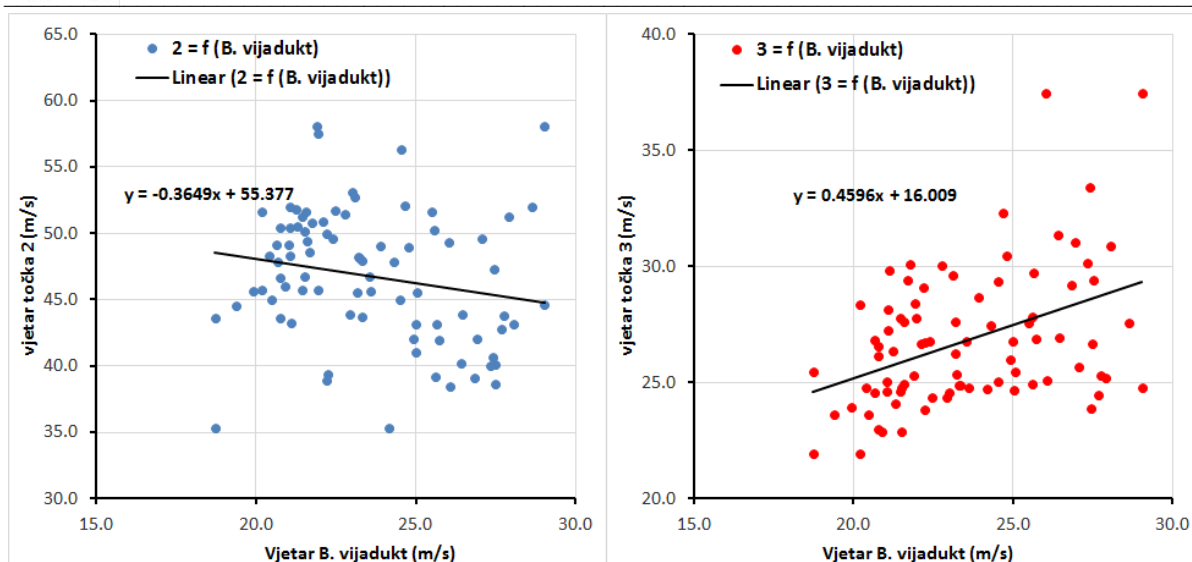
Nadalje, podaci iz modela Aladin-Hr odnose se na visinu 10 m iznad terena, a što za potrebe daljnjih proračuna treba svesti na razinu na kojoj se kreću vozila (usvojeno 2m iznad terena). Može se koristiti empirička jednadžba raspodjele brzine u površinskom graničnom sloju ($V_{2m} = V_{10} \cdot (2/10)^{0,2}$; V_2 - brzina vjeta na visini 2m nad terenom za more; V_{10} - brzina vjeta na 10m nad terenom iz modela Aladin-HR).

Prema tome, brzina sekundnog udara vjeta od 25 m/s odgovara trosatnoj brzini vjeta od 19 m/s. Stoga se iz cjelokupnog seta podataka za korelacijske odnose koriste samo oni podaci u kojima trosatna brzina vjeta iz modela Aladin-HR premašuje vrijednost 19 m/s.



Slika 2.4 Faktor mahovitosti vjeta $CG_{3600}(z_m, t)$ za t -sekundni udar na visini $z_m = 10$ m kad je poznata srednja satna brzina vjeta $\overline{U}_{3600[s]}(z_m)$ na visini z_m i faktor mahovitosti vjeta $C_{600}^G(z_m, t)$ za t -sekundni udar na visini $z_m = 10$ m kad je poznata 10-minutna srednja brzina vjeta $\overline{U}_{600[s]}(z_m)$ na visini z_m ; sve za standardni teren na kopnu $z_o = 0,05$ m

Na slici 2.5 prikazani su odnosi smjera vjeta na poziciji točke 1 (Balinski vijadukt), sa smjerovima vjeta na točkama 2, 3, i 4 (zaobalje), uz usvojeni uvjet premašenja sekundnog udara vjeta od 25 m/s na poziciji točke 1. Iz izdvojenog skupa podataka može se zaključiti da se smjerovi vjeta na poziciji Balinskog vijadukta pri postavljenom uvjetu premašenja sekundnog udara vjeta od 25 m/s (19 m/s u slučaju trosatnog srednjaka) pojavljuju u rasponu od 18^0 do 29^0 . Sa druge strane, na poziciji točke 2 raspored smjerova za iste situacije se proteže od 35^0 do 58^0 , na poziciji točke 3 od 22^0 do 38^0 , te na poziciji točke 4 od 3^0 do 28^0 .



Slika 2.5 Odnosi smjera vjetra za točku 1 (Balinski vijadukt) i 2, 3, 4 (zaobalje) temeljem podataka iz modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998. – 1.1.2002. uz postavljeno ograničenje da trosatna brzina vjetra na poziciji Balinskog vijadukta bude veća od 19 m/s

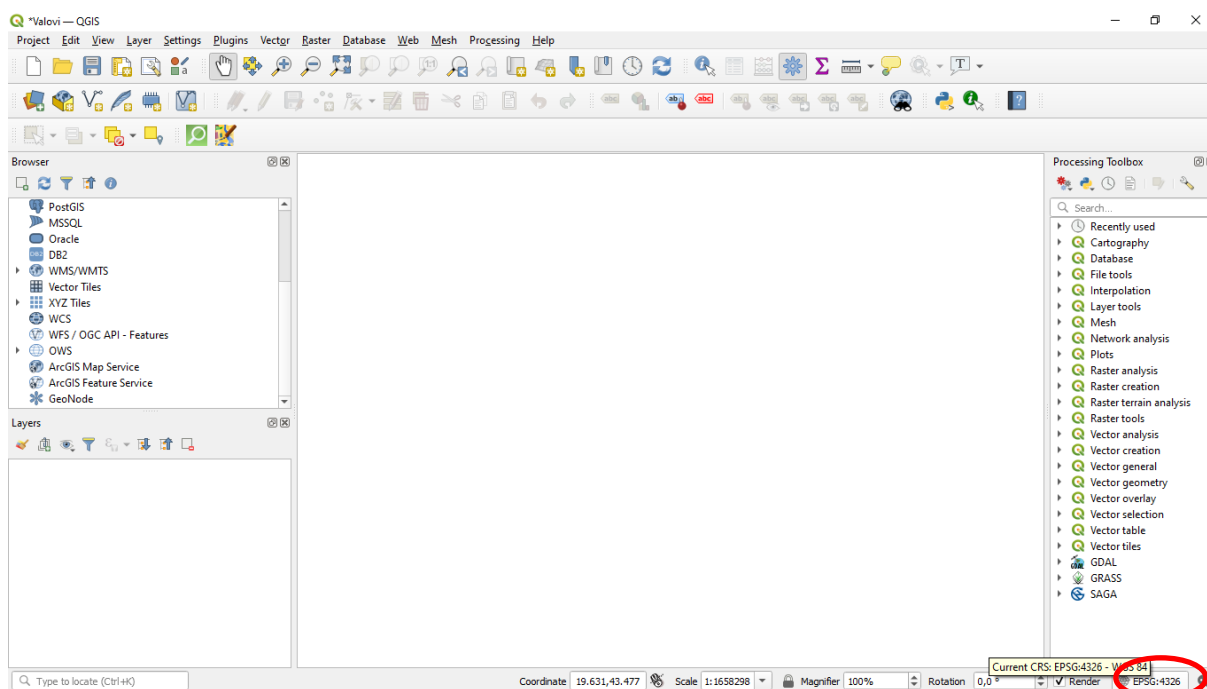
U kasnije korištenom modulu „Wind effect“, u okviru QGIS sučelja, za cijelu prostornu domenu definira se homogeni smjer djelovanja vjetra koji će rezultirati djelovanjem vjetra na poziciji Balinskog mosta u rasponu smjerova $18^{\circ} - 29^{\circ}$. Stoga se temeljem prethodno dobivenih rezultata u „Wind effect“ modulu (QGIS) koristi homogeno polje smjera vjetra u rasponu od 5° do 55° , sa korakom od 5° .

3. USPOSTAVA MODELA PROSTORNE RASPODJELE VJETRA U QGIS SUČELJU

U nastavku su prikazani koraci uspostave modela u QGIS sučelju temeljem kojeg se proračunava prostorna raspodjela brzine vjetra s prostorom rezolucijom podataka od 25m. Proračunom se dobivaju relativni odnosi brzina u odnosu na proizvoljno definiranu referentnu poziciju.

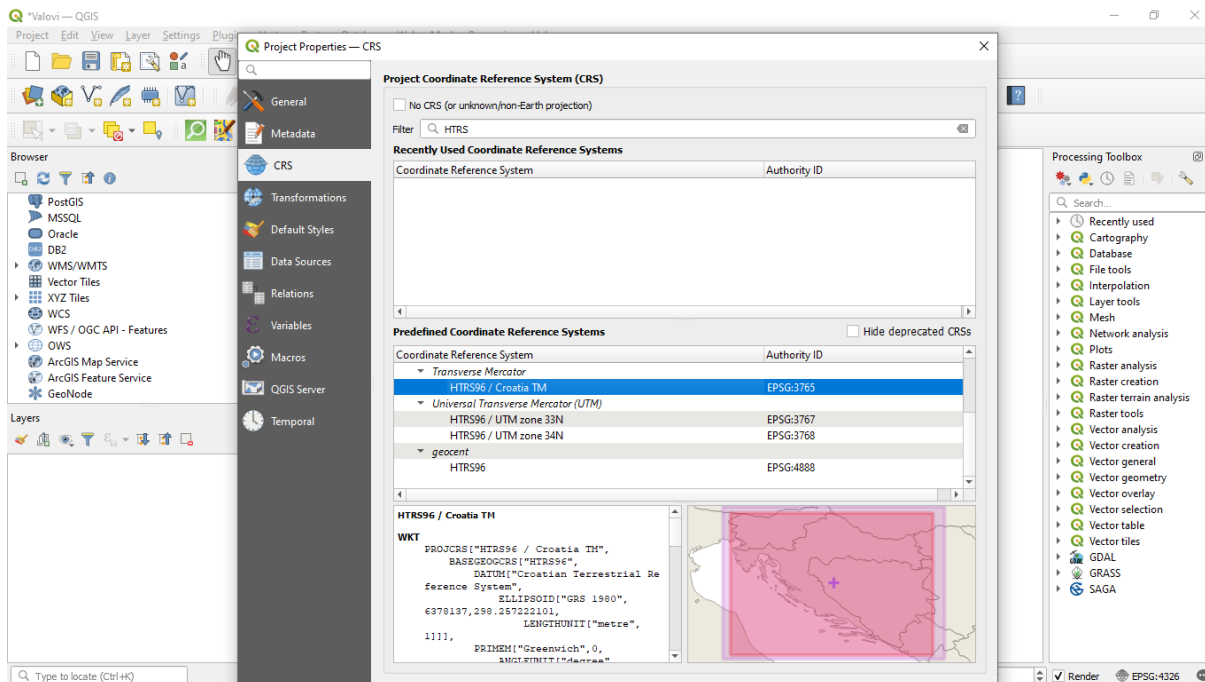
3.1. Početne postavke sučelja i uvlačenje osnovnih podloga

Postavljamo sloj HTRS umjesno zadanog WGS 84 (EPSG: 4326). Lijevi klik na simbol globusa sa tekstom EPSG: 4326 u donjem desnom dijelu ekrana.



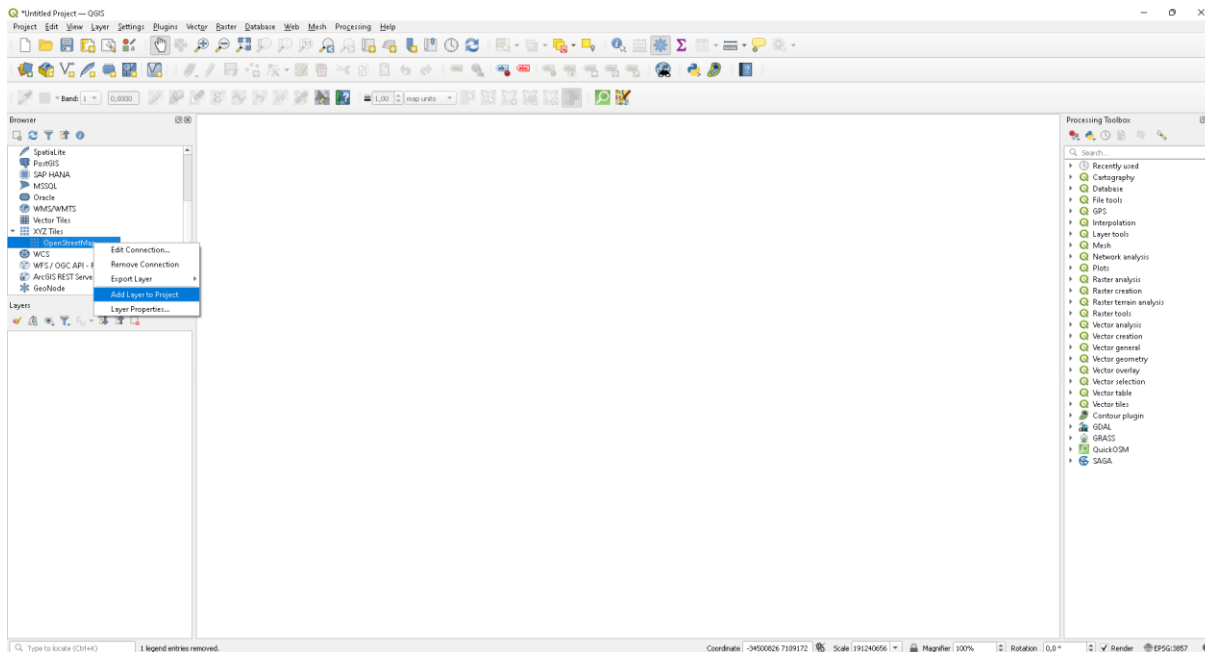
Slika 3.1 Postavljanje novog referentnog koordinatnog sustava

U novootvoreni prozor u prvo polje „Filter“ upisati HTRS, a iz dolje ponuđenog menija odabrati HTRS / Croatia TM EPSG:3765 → OK.



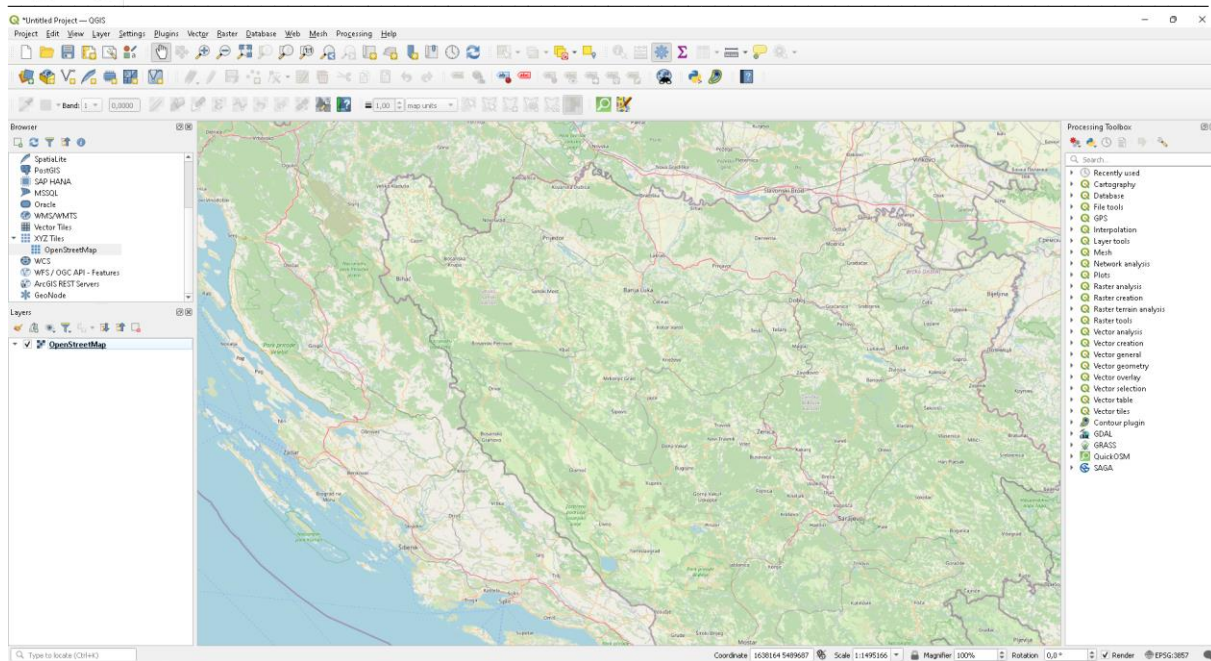
Slika 3.2 Postavljanje HTRS96 / Croatia TM EPSG 3765 referentnog koordinatnog sustava

Za uvlačenje grafičke podloge „OpenStreetMaps“ u gornjem lijevom prozoru „Browser“ pozicionirati se na XYZ Tiles → OpenStreetMap → desni klik → Add Layer to project



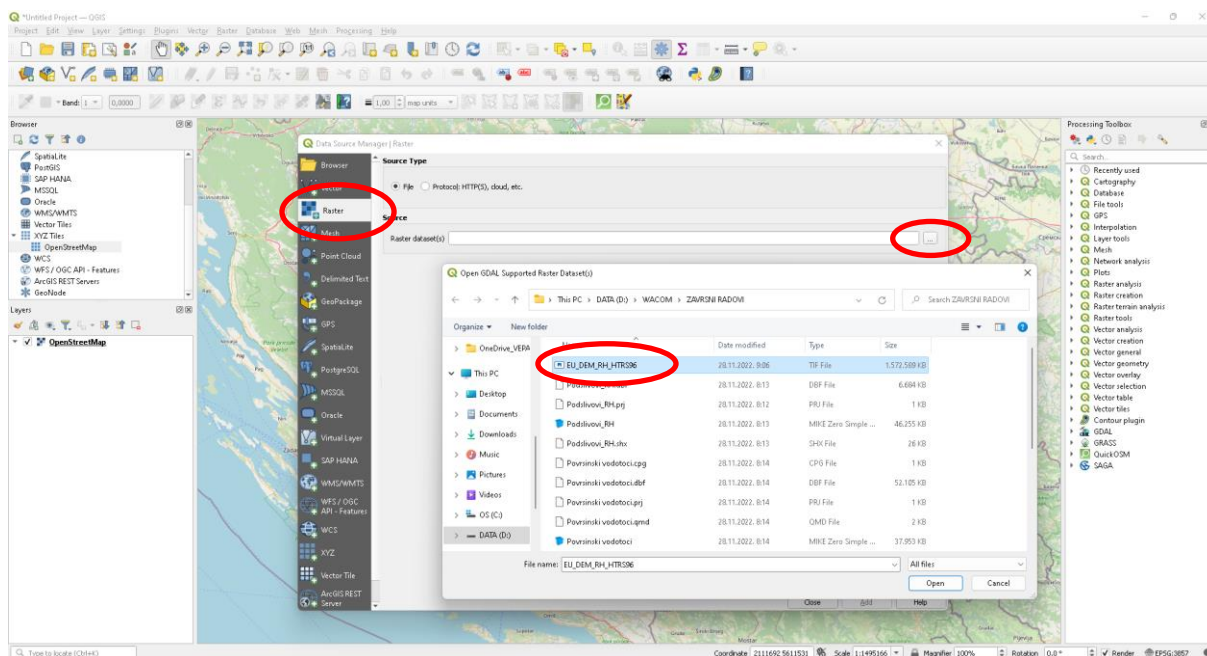
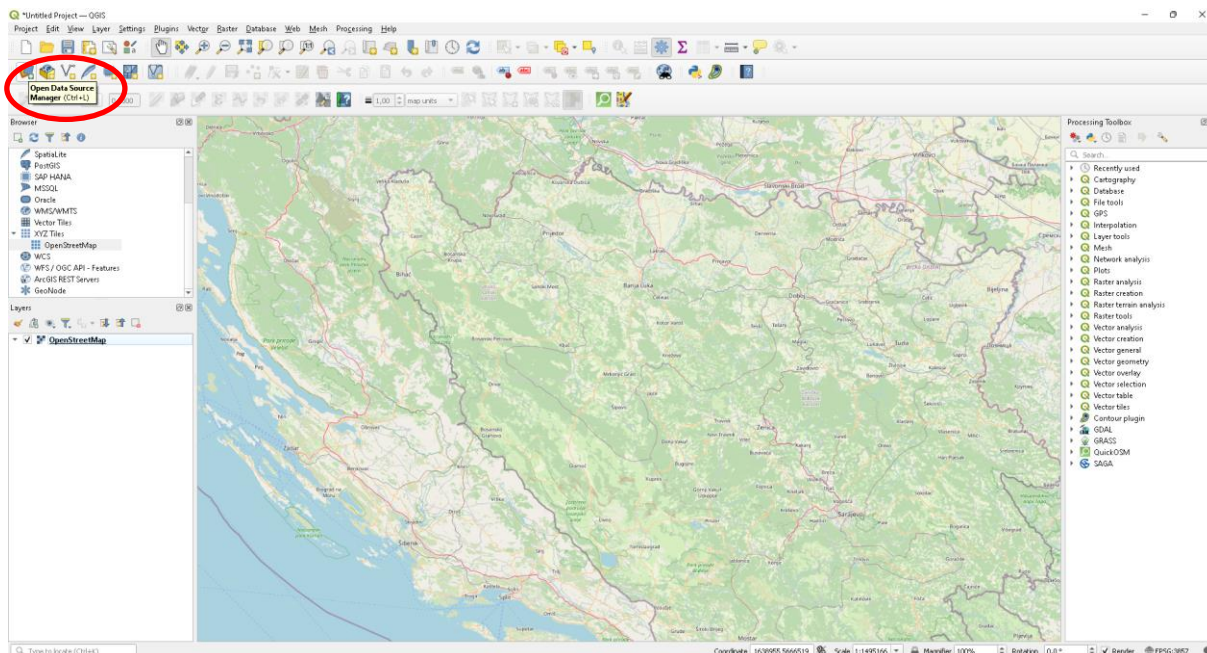
Slika 3.3 Uvlačenje „OpenStreetMaps“ sloja (layera)

Sada je taj sloj uvučen u donji lijevi prozor „Layers“. Uvećavamo na područje RH.



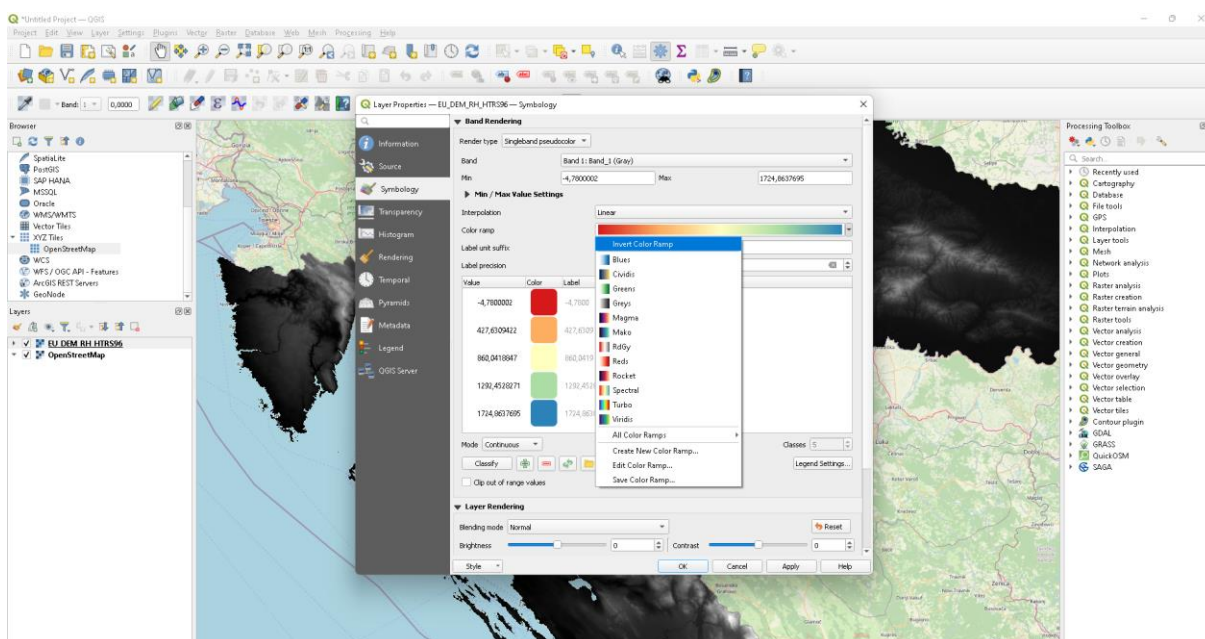
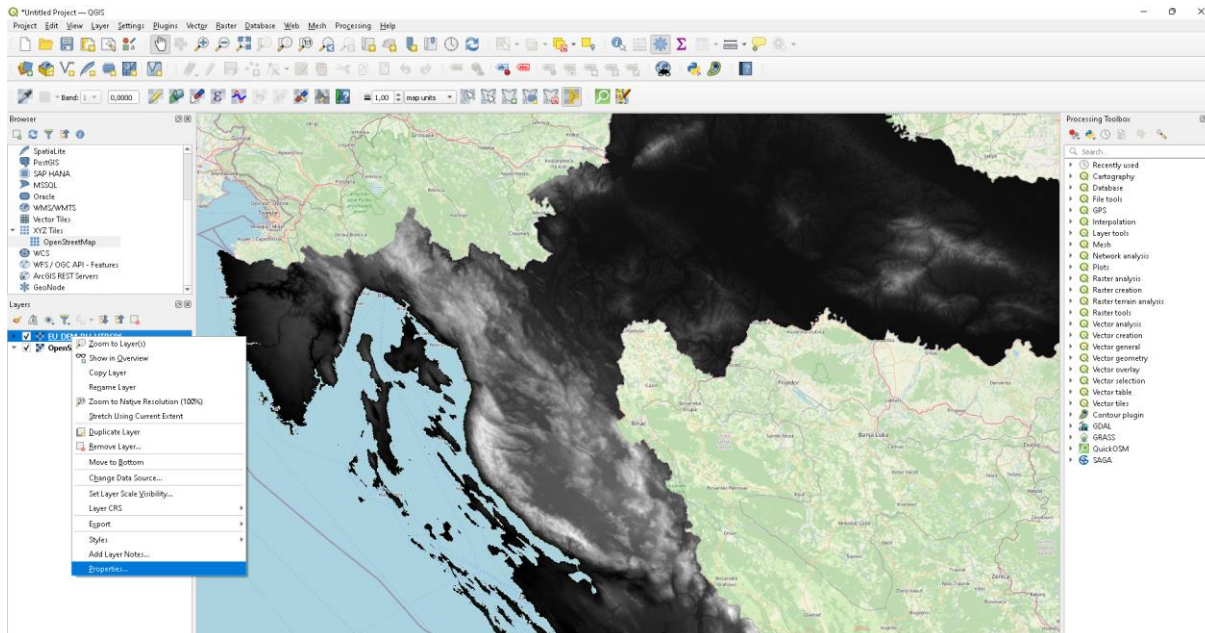
Slika 3.4 Uvećavanje i postavljanje prozora na područje RH

Uvlačenje novog sloja (layera), u ovom slučaju rastera sa geodetskim visinama terena u prostornoj rezoluciji 25m x 25m, obavlja se pritiskom na ikonu „Open data source Manager“, te izborom „Raster“. Nakon toga, pritiskom na gumb sa desne strane pored polja „Source“ otvara se preglednik za dohvaćanje odgovarajuće datoteke. Odabiremo odgovarajuću datoteku „EU_DEM_RH_HTRS96.tiff“. *Open* → *Add* → *Close*.

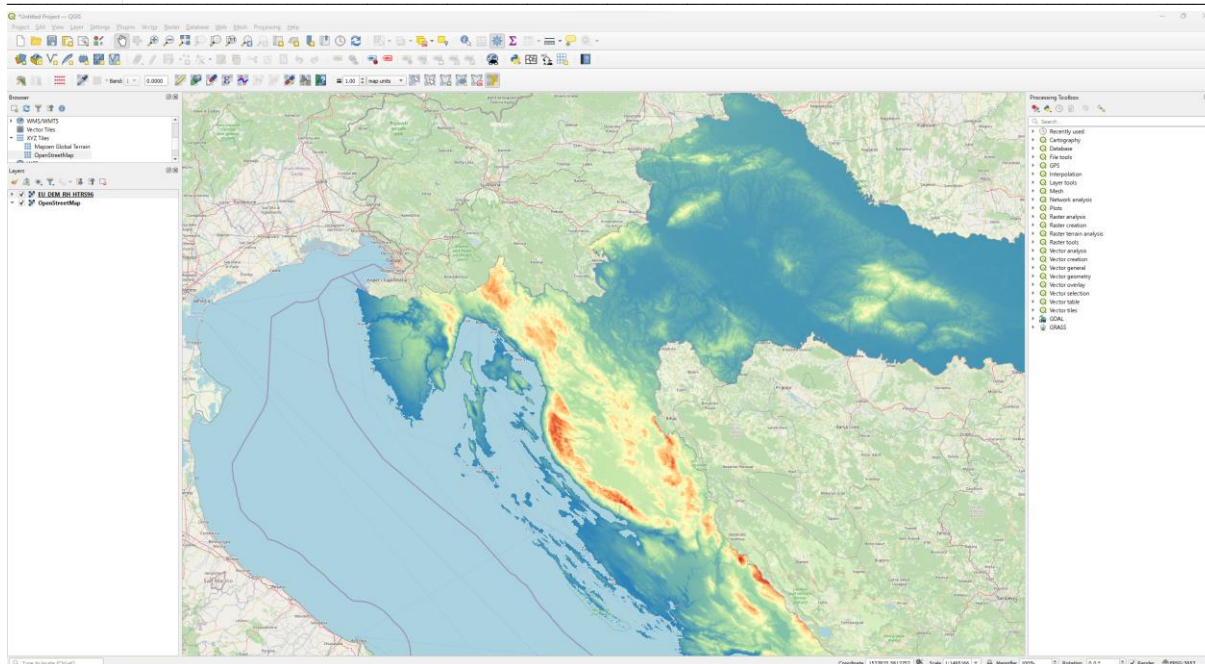


Slika 3.5 i Slika 3.6 Uvlačenje rasterskog sloja RH prostorne rezolucije 25m x 25m

Nakon provedbe navedenog postupka pojavljuje se dodatni rasterski sloj. Ukoliko želimo da se prikazani raster pojavljuje u spektru potrebno je sljedeće: u prozoru „Layers“ desni klik na rasterski sloj → *Properties* → *Symbology*. U polju „Render type“ odabrati „Singleband pseudocolor“, u polju „Color ramp“ odabrati Invert color ramp, *Apply* → *OK*.

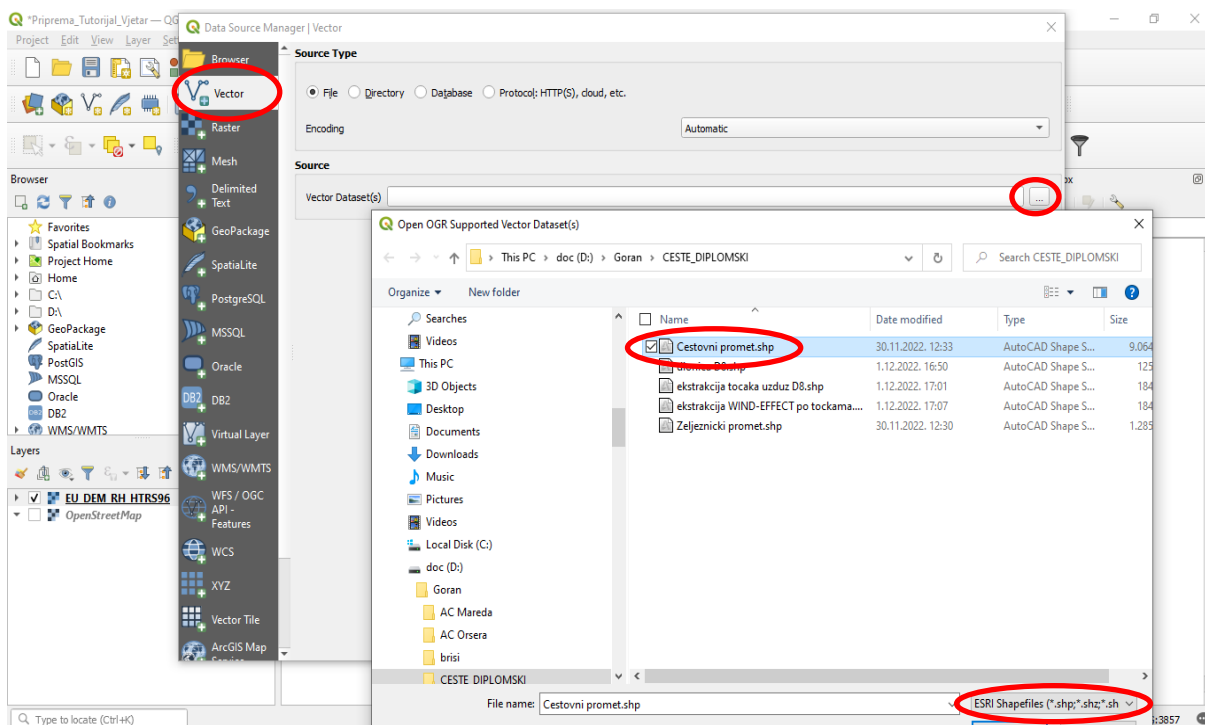


Slika 3.7 i Slika 3.8 Dodavanje spektralnog izgleda rasteru



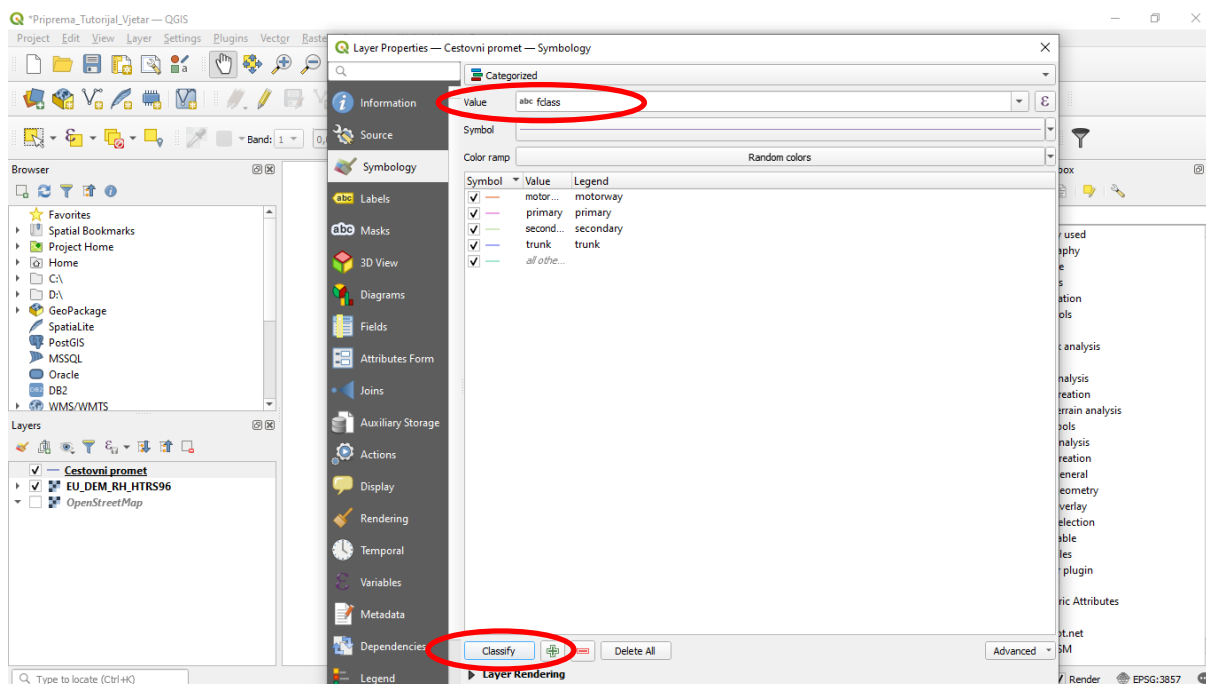
Slika 3.9 Rasterski visinski sloj cijele RH u spektralnom izgledu („DEM“)

Sada uvlačimo novi sloj (layer), u ovom slučaju vektorski linijski sloj s kategoriziranim prometnicama u RH. Pritiskom na ikonu „Open data source Manager“, te izborom „Vector“. Nakon toga, pritiskom na gumb sa desne strane pored polja „Source“ otvara se preglednik za dohvaćanje odgovarajuće datoteke. Odabiremo odgovarajuću datoteku „Cestovni promet.shp“. Add → Close.



Slika 3.10 Uvlačenje vektorskog linijskog sloja „Cestovni promet“

Ponovno se može provesti već prethodno navedeni postupak za prezentaciju elemenata pojedinog sloja u različitim bojama. Desni klik na vektorski sloj s prometnicama u lijevom donjem prozoru „layers“ → *Properties* → *Symbology*. U prvom polju biramo „Categorized“ a u polju „Value“ biramo „fclass“ (klasa ceste). Stisnemo na donji gumb „Classify“. *Apply* → *OK*. U prozoru Layers isključimo kvačice za sve kategorije ceste osim željene. Za prometnicu D8 to je „primary“.

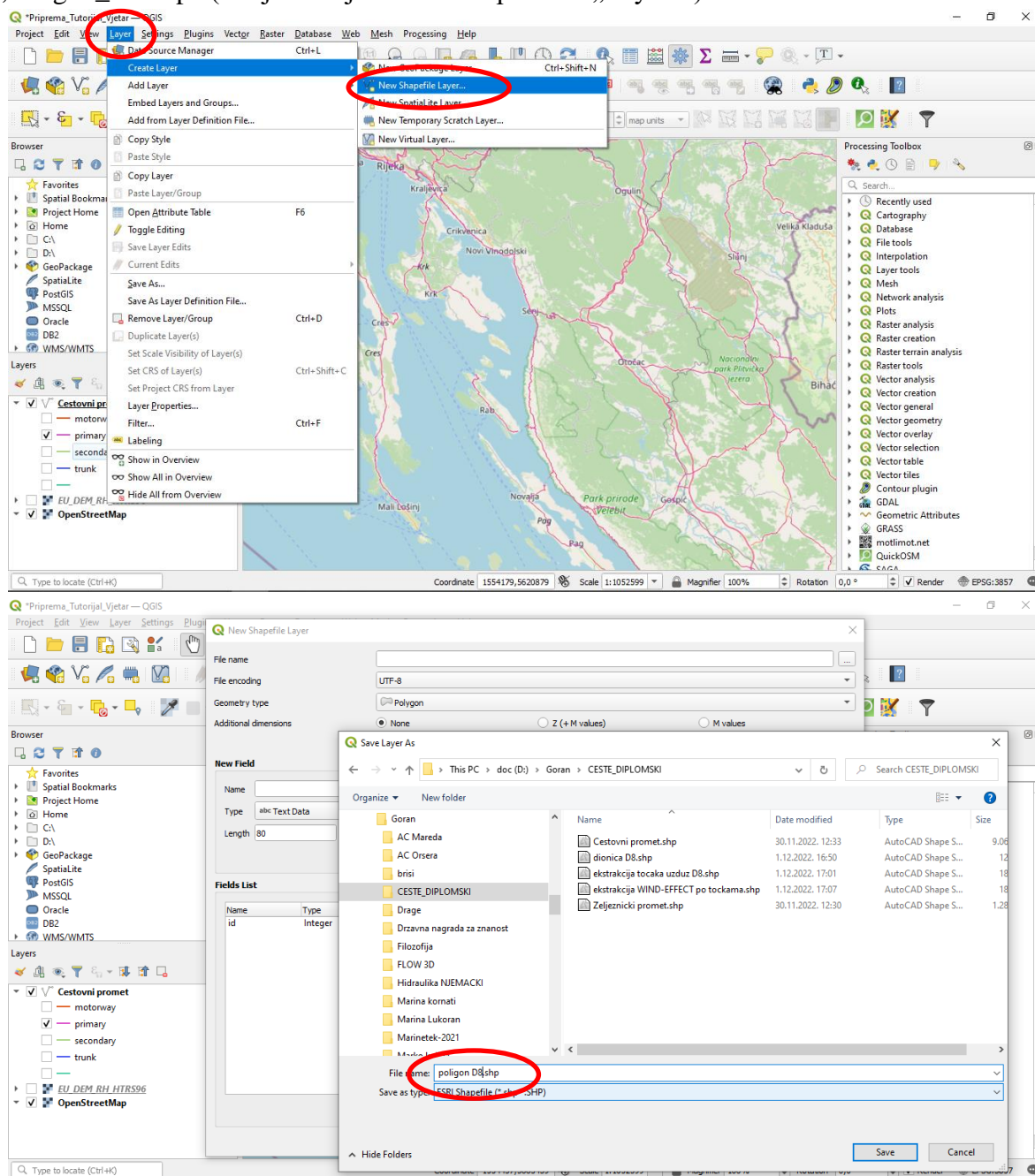


Slika 3.11 Klasifikacija vektorskog sloja „Cestovni promet“ po klasama ceste

Sada je potrebno napraviti-kreirati vektorski poligonski sloj koji pokriva samo područje na kojem se nalazi dionice ceste D8 od Crikvenice do Karlobaga.

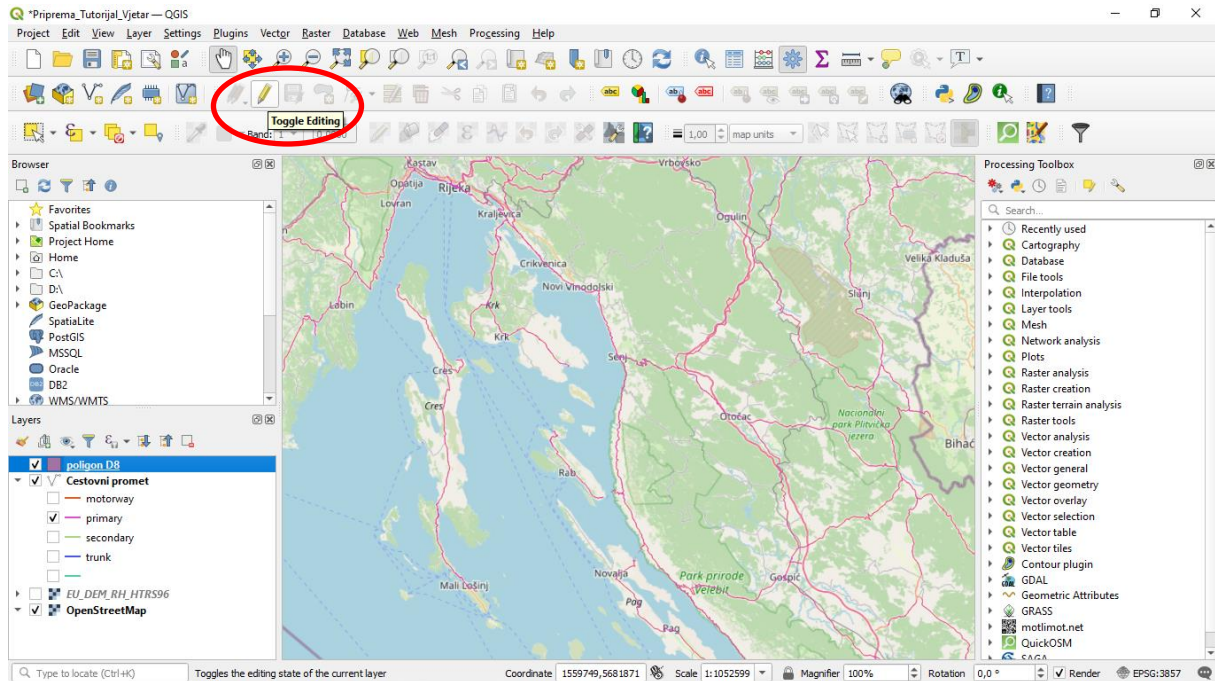
Layer → Create Layer → New shape file layer

Nakon otvaranja kartice za definiranje novog vektorskog sloja, pritiskom na gumb sa desne strane polja „File Name“ odabiremo lokaciju pohrane datoteke vektorskog sloja i njegovo ime (npr. „Poligon_D8“). U polju „Geometry type“ odabiremo „Polygon“, a u polju ispod geodetski CSR sloj (u našem slučaju HTRS / Croatia TM). Polja „New Field“ i „Field list“ trenutno nam nisu interesantna. Karticu zatvaramo sa *OK*. Formiran je novi vektorski poligonski sloj „Poligon_D8.shp“ (vidljiv sa lijeve strane u prozoru „Layers“).



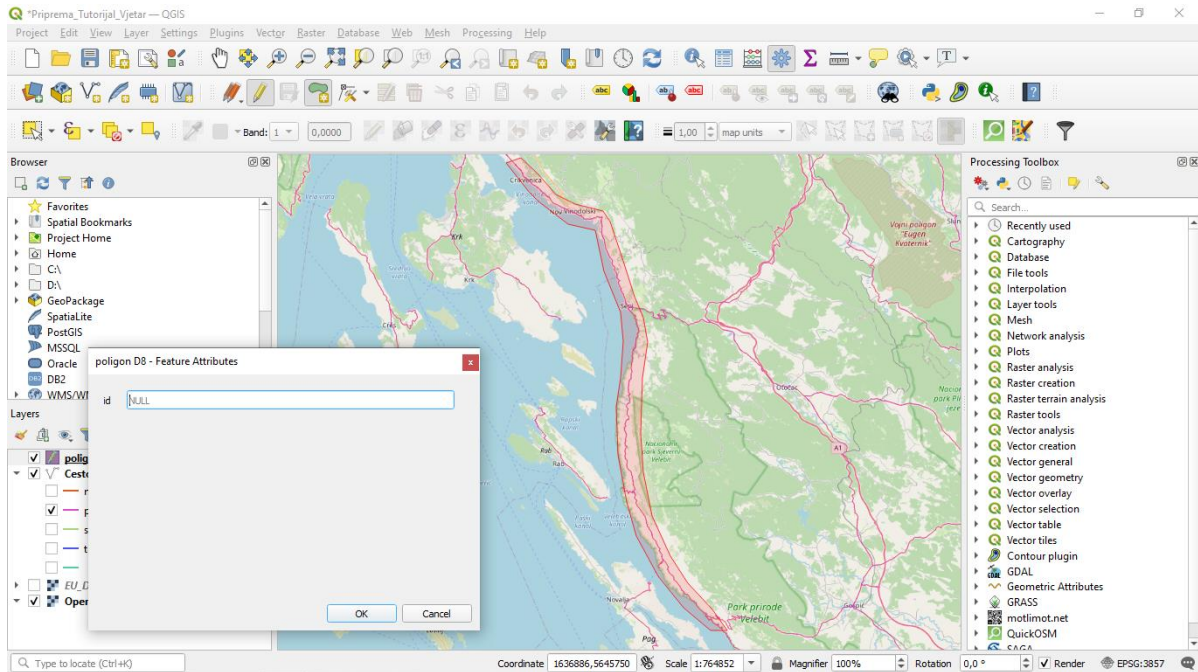
Slika 3.12 Kreiranje vektorskog poligonskog sloja

Želimo iscrtati poligon kojim se pokriva cijelo područje tražene dionice D8 (Crikvenica – Karlobag). Pritiskom na gumb „Toggle editing“ omogućujemo uređivanje novo formiranog vektorskog sloja, te gumb „Add Polygon“ kako bi ucrtali željeni poligon. Za bolju preglednost radnog prozora može se ukinuti vidljivost drugih prethodno napravljenih vektorskih ili rasterskih slojeva (uklanjanje kvačice pored tog sloja u prozoru „Layers“).



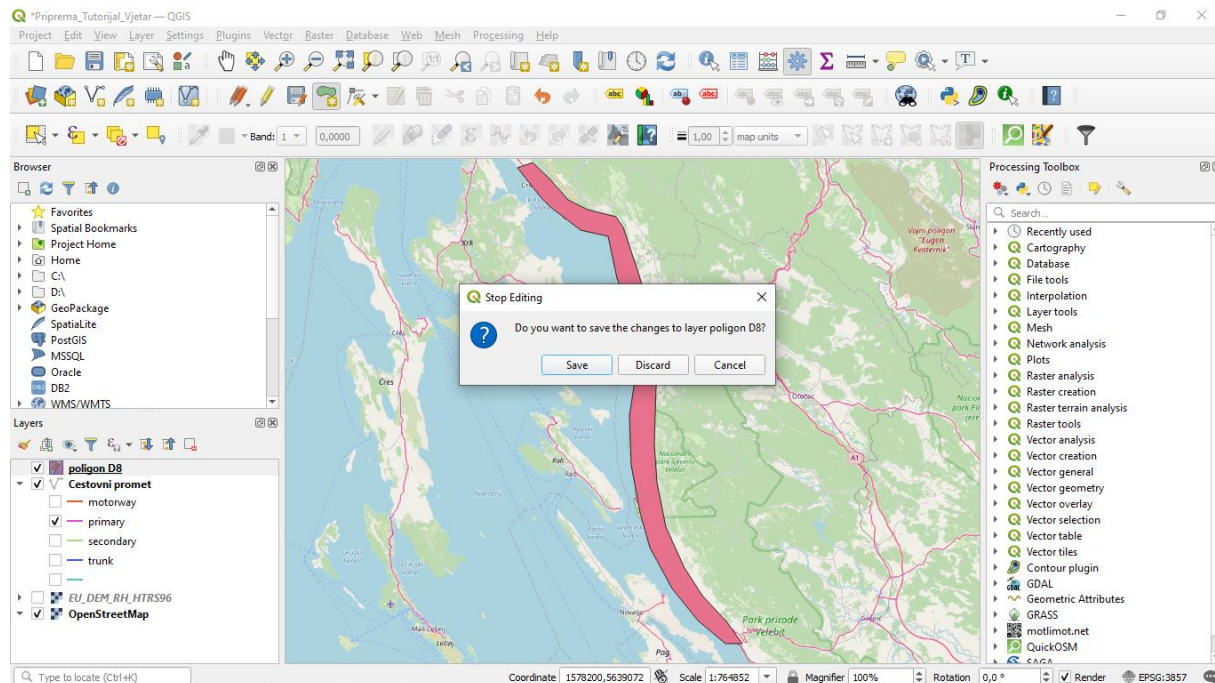
Slika 3.13 Prebacivanje na uređivanje poligona

Lijevim klikom miša i povlačenjem miša pažljivo se iscrtavaju konture poligona na način da se približno obilazi dionica ceste D8 od Crikvenice do Karlobaga. Na poziciji zadnje točke poligona dvostrukim lijevim klikom završavamo iscrtavanje poligona nakon čega se pojavljuje kartica „Poligon D8 – Feature Attributes“. Obzirom da mi nećemo davati nikakve atributne vrijednosti nacrtanom poligonu potvrđujemo radnju pritiskom na tipku *OK*.



Slika 3.14 Iscrtavanje poligona oko tražene dionice ceste D8

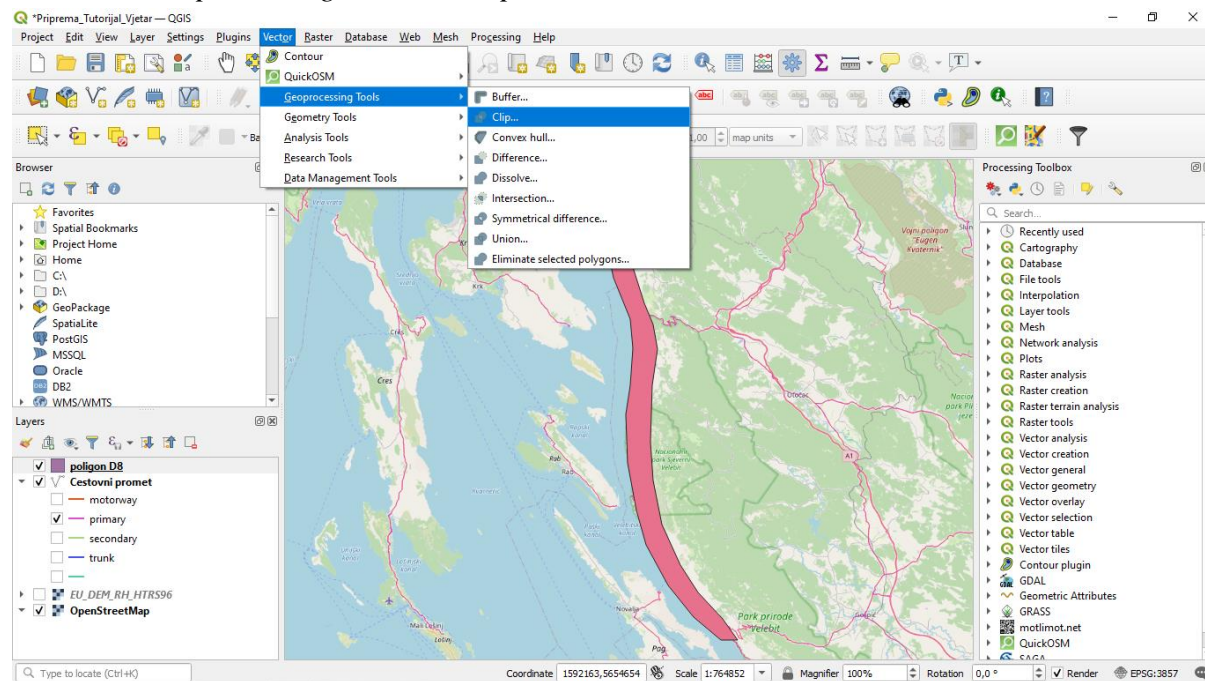
Ponovno kliknemo na ikonu olovke (gumb „Toggle editing“) kako bi naznačili prekid uređivanja poligona te potvrđujemo da želimo pohranu unesenih promjena na poligonskom sloju. Ovaj poligonski sloj će nam poslužiti da napravimo ekstrakciju prethodno unesene podloge (vektorski linijski sloj prometnica u RH „Cestovni promet“) samo na području primarnog interesa.



Slika 3.15 Spremanje poligona „poligon D8“ potrebnog za kreiranje zadanog dijela dionice D8

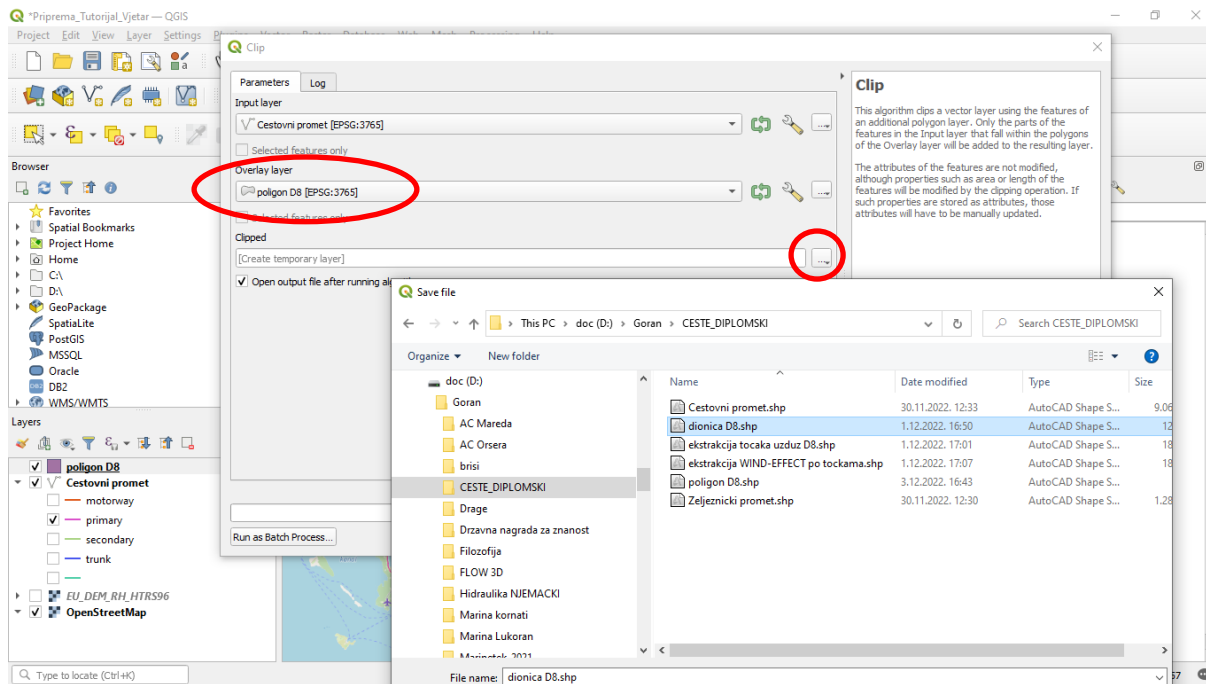
U nastavku želimo smanjiti područje prometnica u RH samo na područje koje je pokriveno prethodno napravljenim vektorskim poligonom „Poligon_D8“. To se provodi uz pomoć QGIS rutine „Clip“.

Vector → *Geoprocessing Tools* → *Clip*



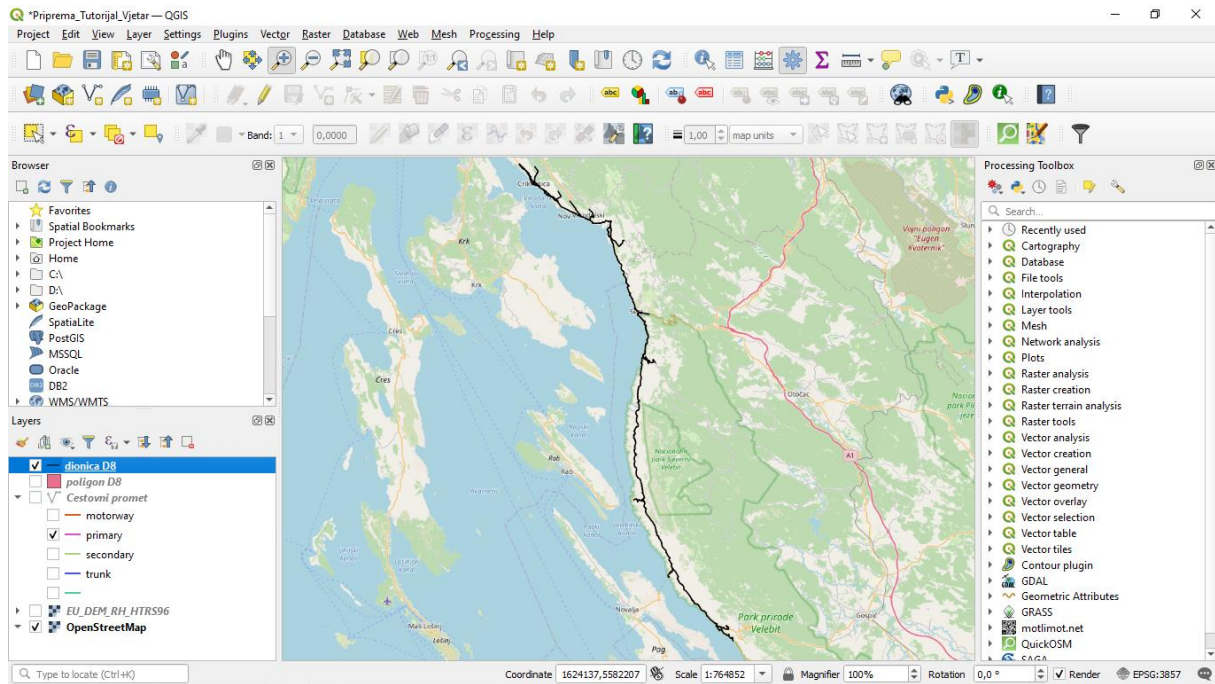
Slika 3.16 Otvaranje alata „Clip“

U polju „Input layer“ odabiremo vektorski linijski sloj „Cestovni promet“, a u polju „Overlay layer“ vektorski poligonski sloj „Poligon_D8“. Nakon toga stisnemo na gumb pored polja „Clipped“, te odaberemo „save to file“ kako bi odabrali naziv (npr „Dionica D8“) i mjesto pohrane datoteke u koju će se spremiti rezultati presjeka ova dva vektorska sloja. Za kraj kliknemo na *Run*.



Slika 3.17 Definiranje parametara za rezanje slojeva

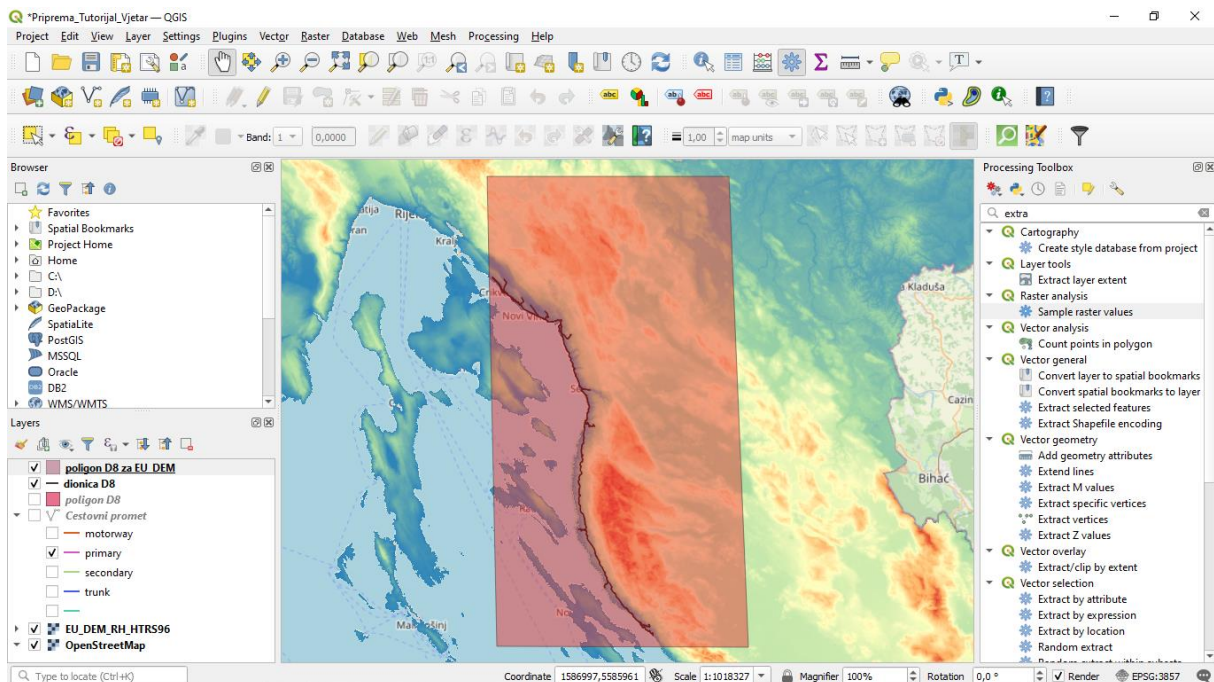
Za uočljiviji prikaz novoformiranog vektorskog linijskog sloja ponovno možemo promijeniti boju i debljinu sloja na način koji je već prethodno opisan. Također možemo isključiti kvačice nepotrebno vidljivih slojeva (npr poligona „Poligon D8“ i „Cestovni promet“).



Slika 3.18 Uređivanje sloja “dionica D8”

3.2. Primjena QGIS modula „Wind effect“

U nastavku želimo iskoristiti QGIS simulacijsku rutinu sa kojom se mogu odrediti utjecaju orografije na intenzitet djelovanja vjetera. Rasterski sloj „EU_DEM_RH_HTRS96.tiff“ predstavlja podlogu za provedbu simulacije, ali prethodno želimo definirati samo onaj dio rasterskog sloja „EU_DEM_RH_HTRS96.tiff“ na kojem se odvija relevantni dio razvoja vjetrovnog djelovanja. Dakle, prvo je potrebno kreirati novi vektorski poligonski sloj za narednu ekstrakciju relevantnog podpodručja rasterskog sloja „EU_DEM_RH_HTRS96.tiff“. Rubne točke tog poligona trebaju obuhvatiti planinske lance koji se nalaze u zaobalju (vidi narednu sliku). Procedura kreiranja novog vektorskog poligonskog sloja je već prethodno objašnjena. Ovdje je za taj poligonski sloj dano ime „poligon D8 za EU_DEM.shp“.

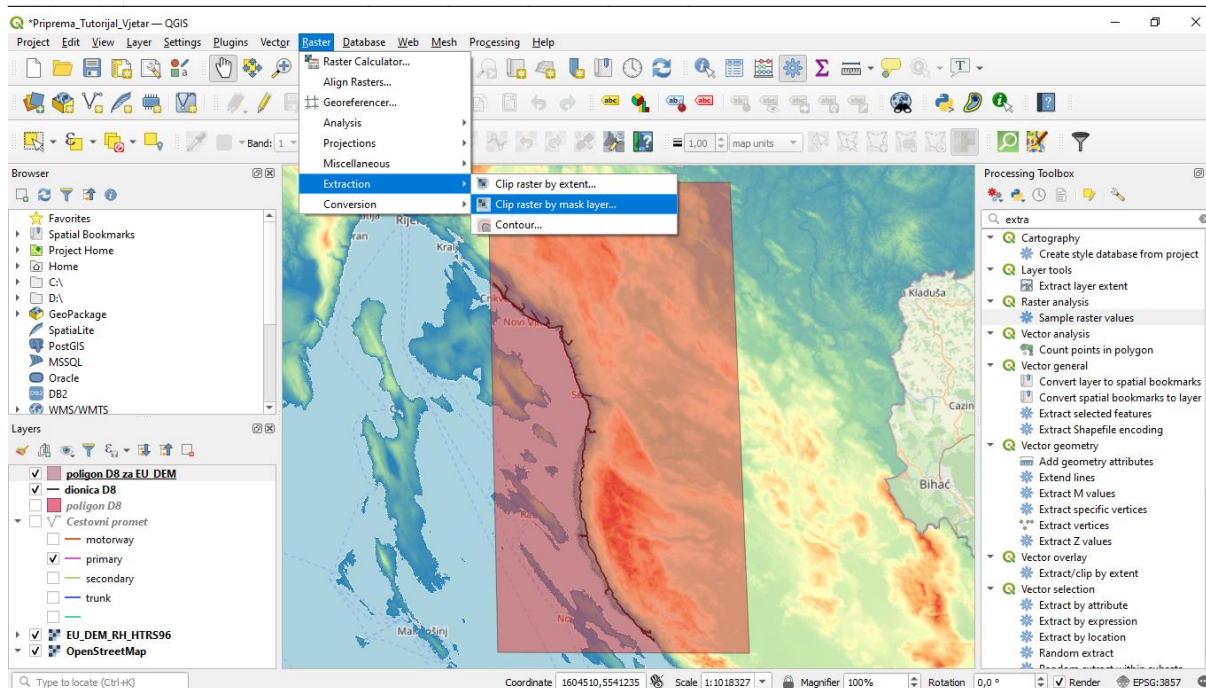


Slika 3.19 Kreiranje poligona za buduće rezanje („klipanje“) rastera

Sada radimo rezanje rastera „EU_DEM_RH_HTRS96.tiff“ s prethodno kreiranim poligonom „poligon D8 za EU_DEM.shp“.

Raster → Extraction → Clip raster by mask layer

Za „Input Layer“ odabiremo raster „EU_DEM_RH_HTRS96.tiff“, a za „Mask layer“ vektorski poligon „poligon D8 za EU_DEM.shp“. Pod „Advanced parameters“ pritiskom na gumb pored kućice „Clipped“ otvara se mogućnost za izbor imena i mjesta pohrane novog „klipanog“ rastera. U ovom primjer dano je ime „EU_DEM za model vjetera na D8.tif“.

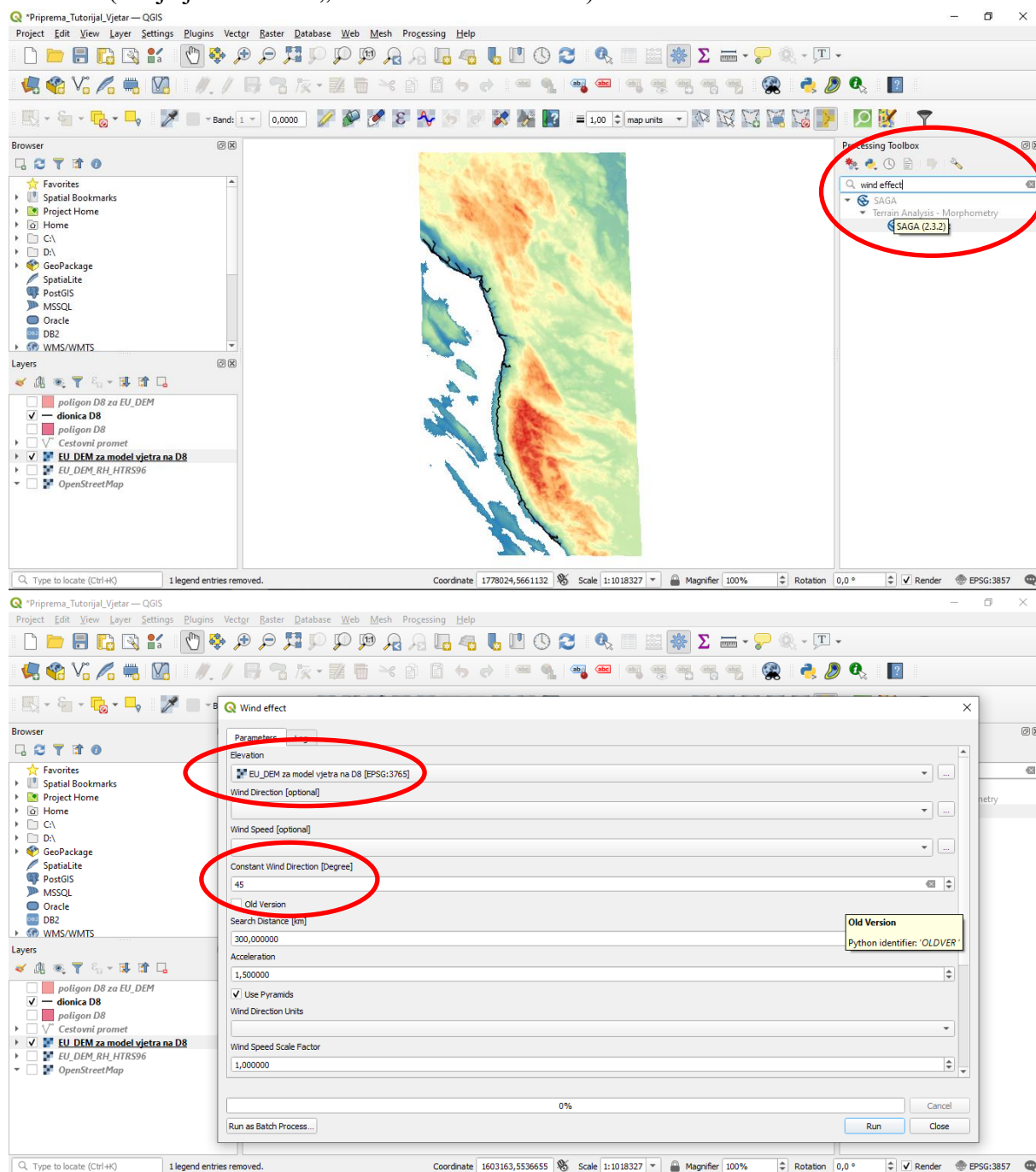


Slika 3.20 Rezanje („klijanje“) rastera poligonom

Za bolju preglednost nakon ovog možemo isključiti kvačice pored „EU_DEM_RH_HTRS96.tiff“ i promijeniti boje za novi raster „EU_DEM za model vjetra na D8.tif“.

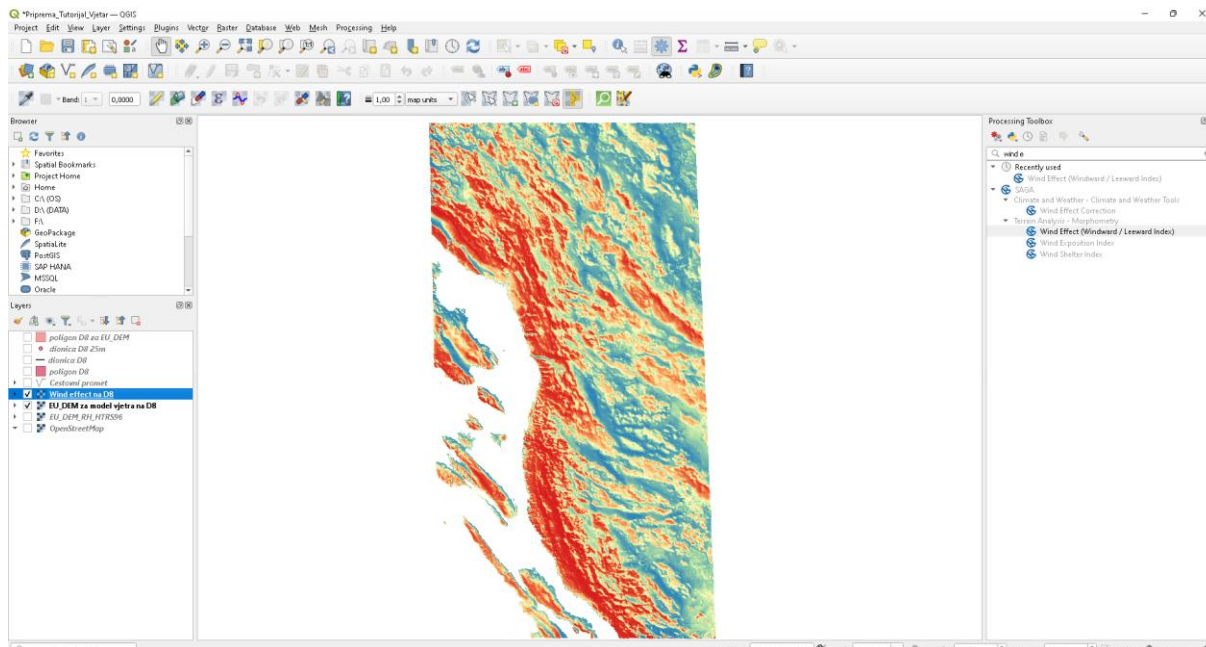
Sada u desnom prozoru „Processing toolbox“ upišemo naredbu „Wind effect“. Dvostrukim klikom na naredbu se otvara radni prozor za upis podataka. U kućicu „Elevation“ se odabire prethodno kreirani raster visina za analizirano podpodručje „EU_DEM za model vjetra na D8.tif“, u kućicu „Constant wind direction“ se upisuje vrijednost 45 (odnosno 5 ili 10 ... ili 55, ovisno o simulaciji; stupnjevi - nautička konvencija), a u kućicu „Wind direction units“ se odabire „degree“. Ovime smo dali informaciju da je smjer djelovanja vjetra konstantan po cijelom području, odnosno da je smjer djelovanja vjetra prostorno homogen.

Aktiviranjem gumba pored kućice „Wind effect“ otvara se prozor za izbor mjesta i imena datoteke (ovdje je dano ime „Wind effect na D8.tif“). Završavamo sa *Run*.



Slika 3.21 Definiranje parametara i kreiranje novog rasterskog sloja „Wind effect na D8“

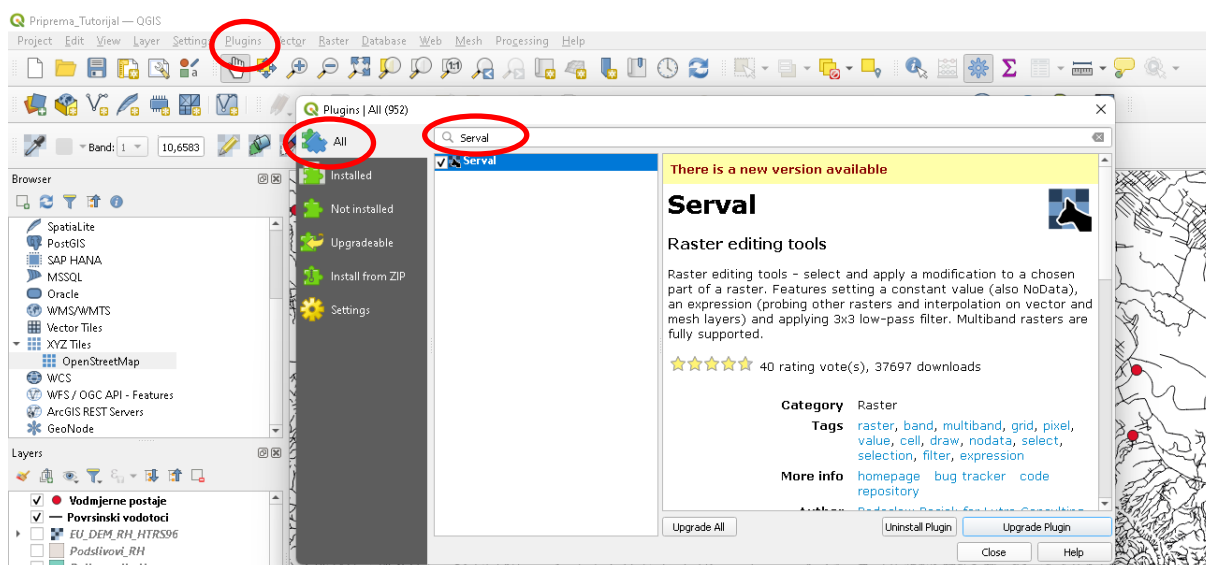
Dobiveni rezultati u rasteru „Wind effect na D8.tiff“ prikazuju polje u kojem vrijednosti >1 naznačuje pozicije lokalnog povećanja brzine vjetera a vrijednosti <1 naznačuje pozicije lokalnog smanjenja brzine vjetera. Ponovno možemo promijeniti boje u prikazu rezultatnog rastera „Wind effect na D8“ na već prethodno objašnjeni način (Slika 3.23).



Slika 3.22 Dodavanje spektralnog izgleda „Wind effect“ sloju

Pomoću alata „Wind effect“ kreiramo „Wind effect“ rasterske slojeve za smjer vjetera od 5, 10 15 20 25 30 35 40 45 50 i 55 stupnjeva .

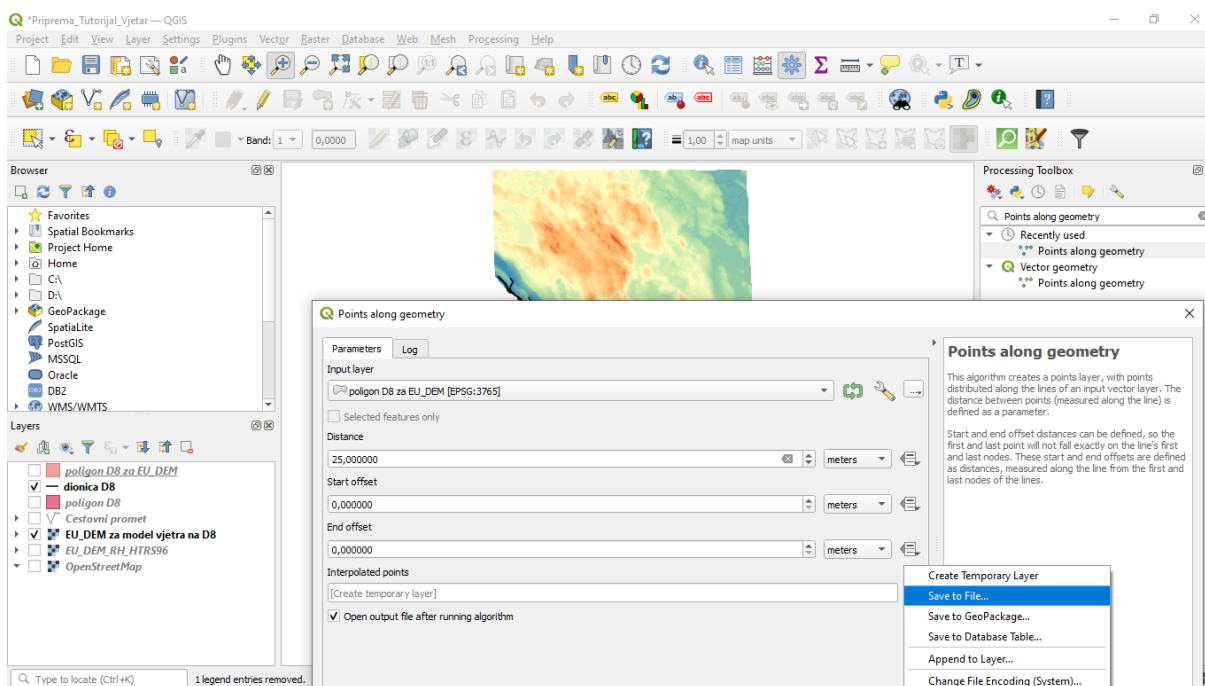
Za pregled rasterskih vrijednosti potrebno je instalirati dodatak („Plugin“) pod nazivom „Serval“.



Slika 3.23 Instaliranje dodatka („Plugin-a“) „Serval“

U nastavku trebamo prethodno kreirani vektorski linijski sloj za dionicu D8 „dionica D8.shp“ pretvoriti u vektorski točkasti sloj. Problem je u tome što linijski vektorski sloj „dionica D8.shp“ ima vrlo veliki broj točaka loma na različitim međusobnim udaljenostima uzduž linije, od nekoliko metara do nekoliko desetina metara. Mi smo samo zainteresirani za formiranje vektorskog točkastog sloja uzduž trase dionice D8 sa jednolikom međusobnom udaljenosti točaka („vertisisa“). To se može napraviti upisom naredbe „Points along geometry“ u desni prozor „Processing Toolbox“.

Dvostrukim klikom na naredbu se otvara radni prozor za upis podataka. U kućicu „Elevation“ se odabire vektorski sloj „dionica D8.shp“, u kućicu „Distance“ se upisuje vrijednost 25 (m) jer je to ujedno prostorna rezolucija rastera sa rezultatima „Wind effect na D8.tiff“. Aktiviranjem gumba pored kućice „Interpolated points“ otvara se prozor za izbor mjesta i imena datoteke (ovdje je dano ime „dionica D8 na 25m.shp“). Završavamo sa *Run*.

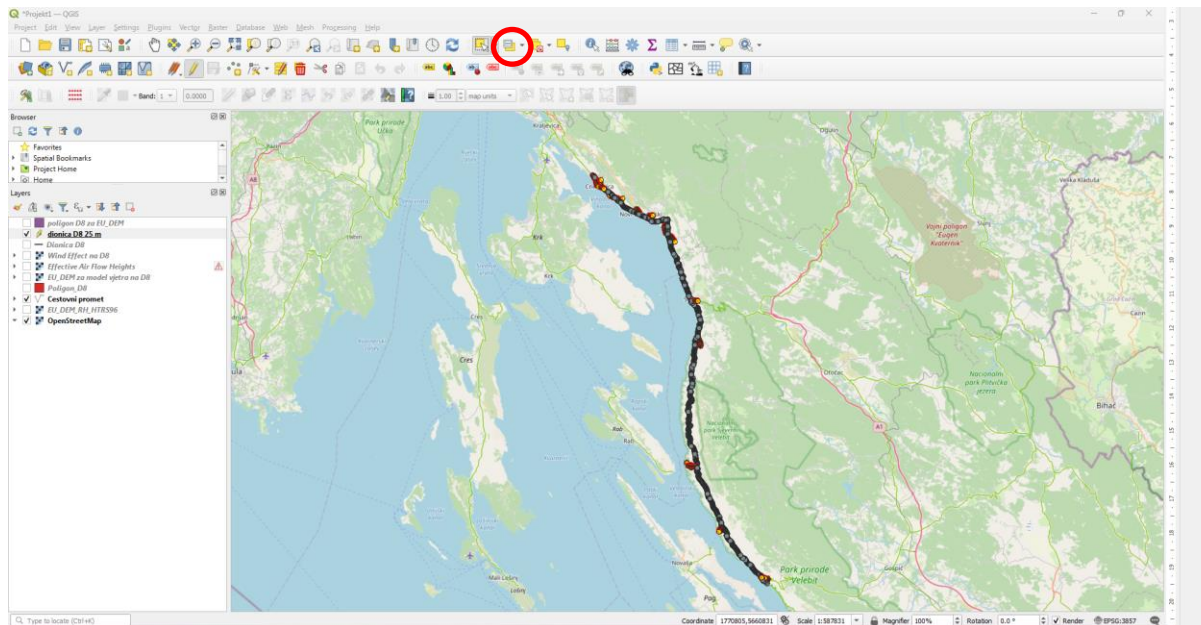


Slika 3.24 Generiranje točaka na razmaku od 25 metara duž dionice

S obzirom da se baziramo isključivo na državnu cestu D8 potrebno je ukloniti točke sa svih drugih cesta koje su preostale nakon rezanja poligonom „poligon D8“

U izborniku slojeva lijevim klikom miša odabiremo sloj „dionica D8 na 25 m“ te pritiskom na ikonu „Toggle editing“ omogućujemo uređivanje sloja.

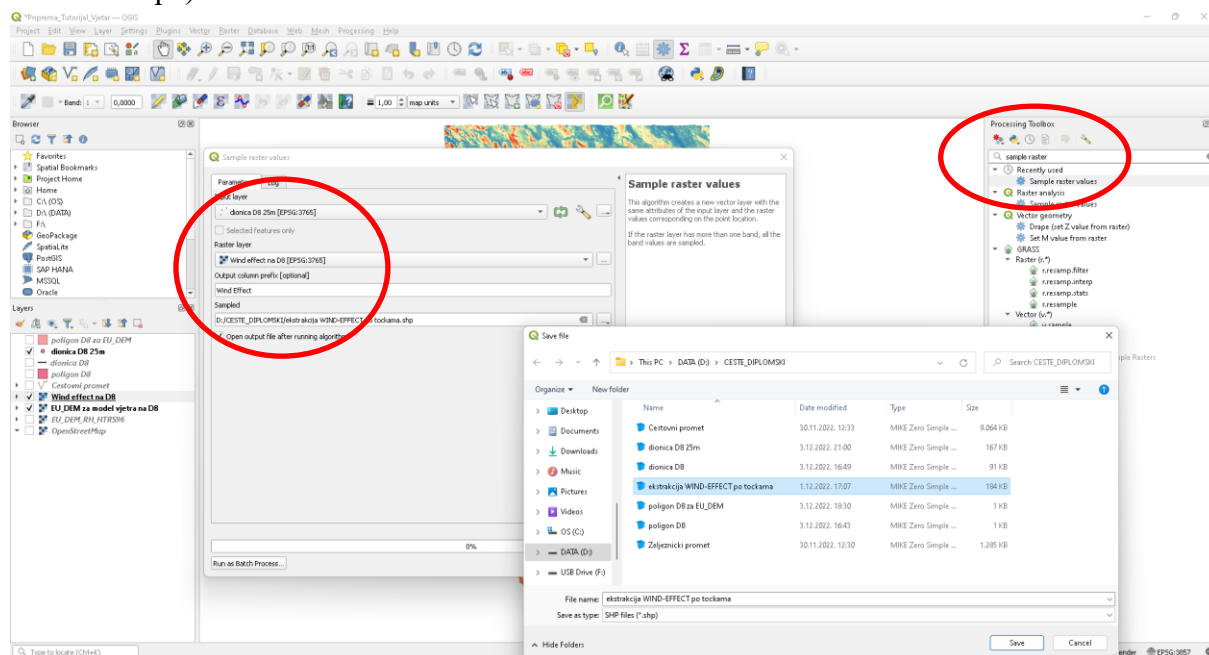
Zatim pritiskom na ikonu „Select features by Area or Single click“ označavamo sve točke koje ne pripadaju državnoj cesti D8 te pritiskom tipke „Delete“ na tipkovnici brišemo suvišne točke.



Slika 3.25 Brisanje suvišnih točaka koje ne pripadaju državnoj cesti D8

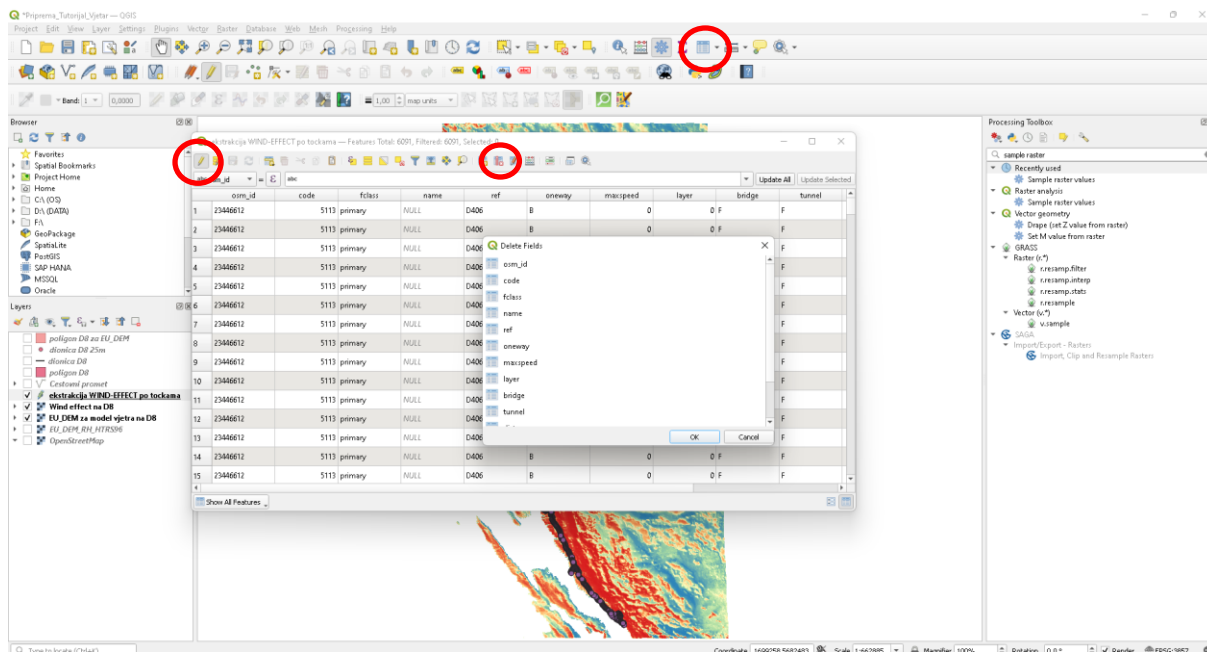
Za kraj je još potrebno napraviti ekstrakciju podataka iz rastera „Wind effect na D8.tiff“ na mjestu točaka iz prethodno kreiranog vektorskog točkastog sloja „dionica D8 na 25m.shp“. To se može napraviti upisom naredbe „Sample raster values“ u desni prozor „Processing Toolbox“.

Dvostrukim klikom na naredbu se otvara radni prozor za upis podataka. U kućicu „Input layer“ se odabire točkasti vektorski sloj „dionica D8 na 25m.shp“, a u kućicu „Raster layer“ se odabire „Wind effect na D8.tiff“. Aktiviranjem gumba pored kućice „Sampled“ otvara se prozor za izbor mjesta i imena datoteke (ovdje je dato ime „ekstrakcija WIND-EFFECT po točkama.shp“). Završavamo sa *Run*.



Slika 3.26 Ekstrakcija „Wind Effect“ rastera na mjesto točaka iz sloja „dionica D8 na 25m“

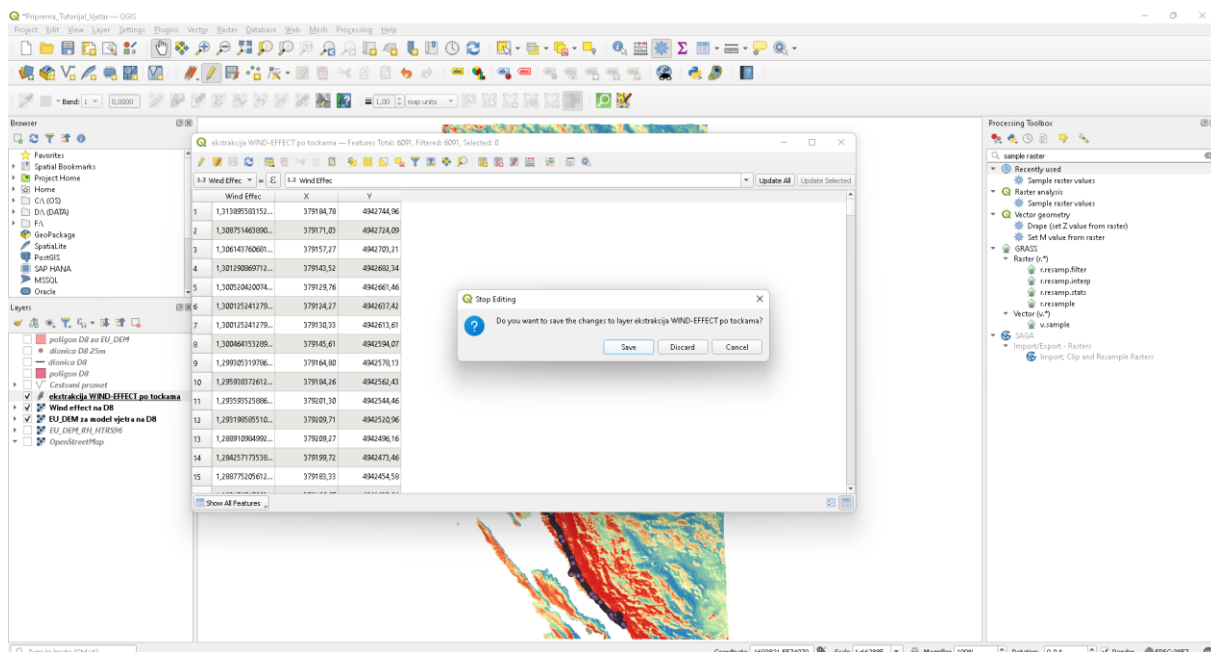
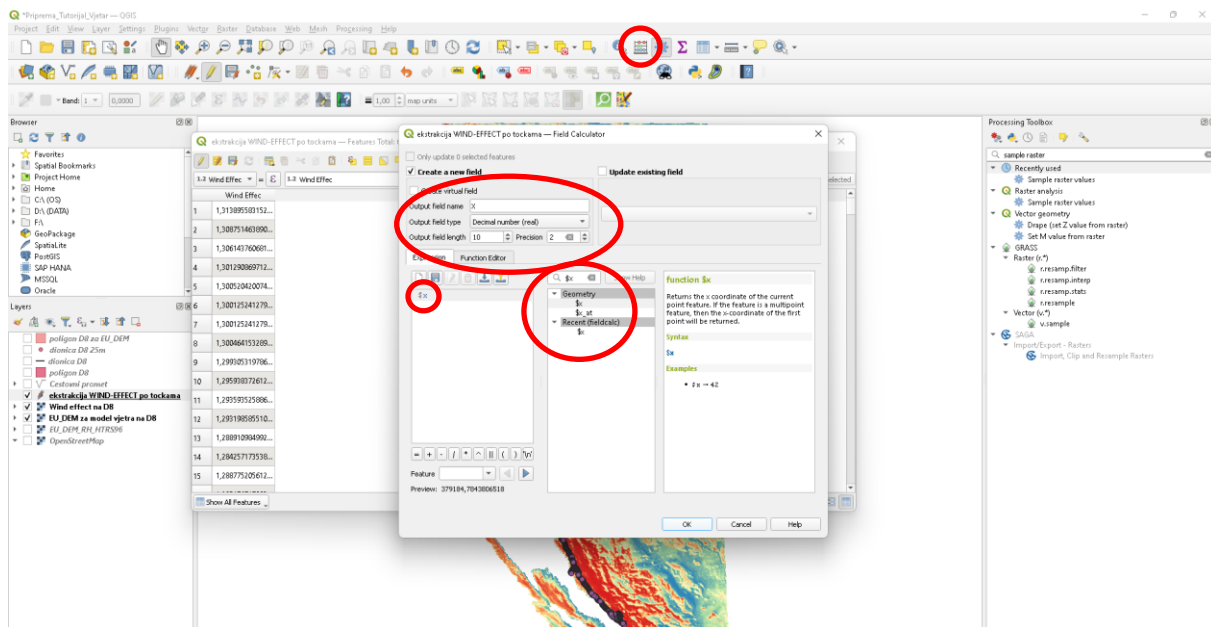
Kreirani točkasti vektorski sloj „ekstrakcija WIND-EFFECT po točkama.shp“ potrebno je dodatno obraditi da se izbrišu nepotrebni atributi-kolone u „Attribute table“ (ostaviti samo kolonu sa vrijednostima Wind effect), te da se dodaju kolone za X i Y koordinatu u HTRS95. Prvo se aktivira ikona u gornjoj traci sučelja „Attribute table“, nakon toga se u novootvorenom prozoru aktivira ikona „Toggle editing mode“ (olovka), te ikona „delete field“. Odabiru se kolone koje nisu potrebne, te se pritisne *OK*.



Slika 3.27 Brisanje nepotrebnih atributnih kolona sloju

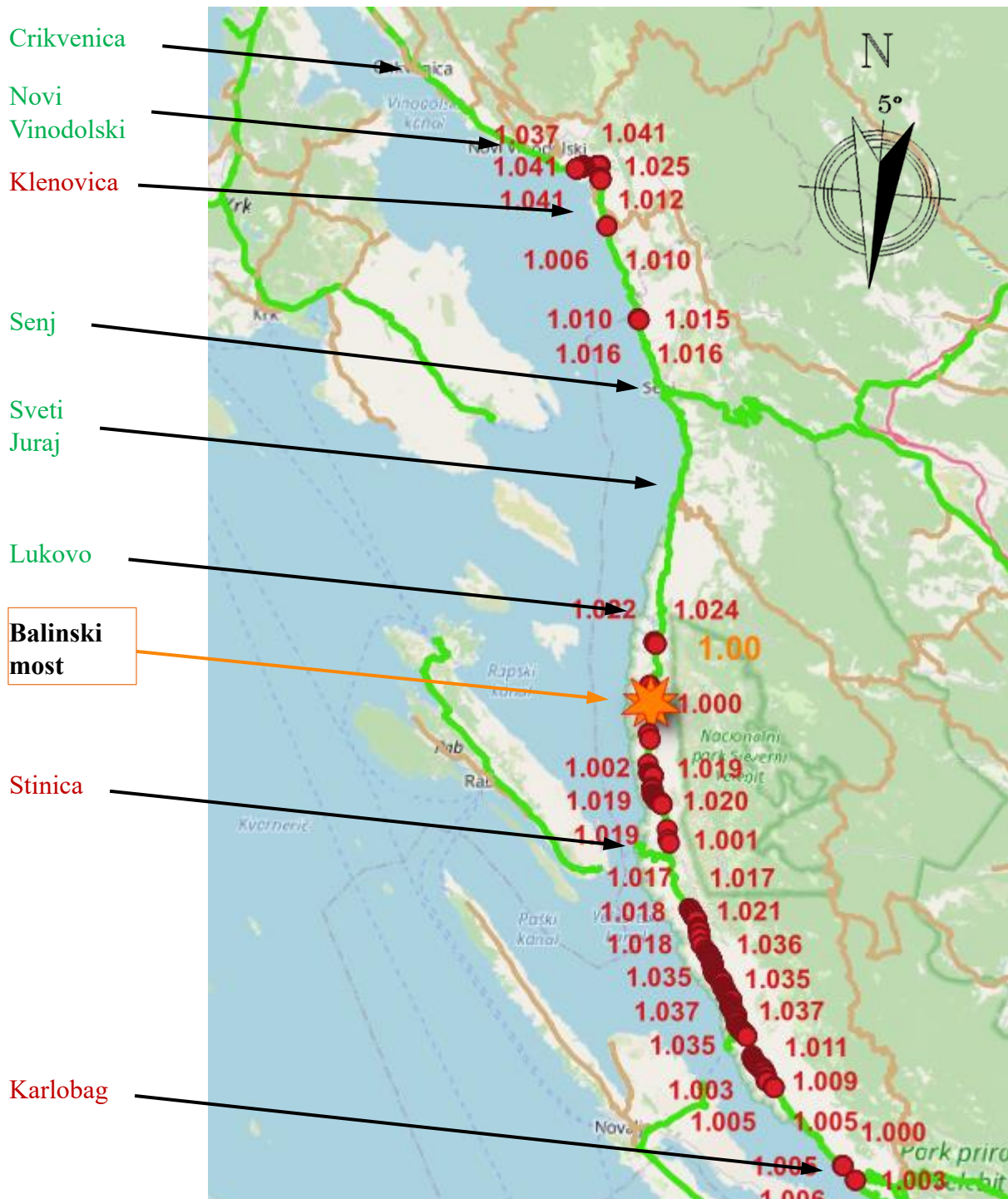
Postupak je ponovljen za smjerove vjetrova od 5° do 55°

Za kreiranje novih kolona odabrati ikonu „Open field calculator“. U kućicu „Output field name“ upisati „X“, za „Output field type“ odabrati „Decimal number“, a u kućicu koja je u sredini prozora upisati „\$x“. Dvostrukim klikom na „\$x“ ista oznaka „\$x“ se pojavljuje i u lijevom prozoru. Nakon potvrde akcije sa *OK* dobivena je jedna nova kolona u kojoj se nalaze X koordinate točaka u HTRS95. Ista procedura se ponavlja i za Y koordinatu. Po završetku pritisnemo na ikonu olovke, te potvrđujemo željene promjene sa *Yes*.



Slika 3.28 i Slika 3.29 Dodavanje novih X i Y koordinata u atributne kolone sloja

4. REZULTATI PROVEDENIH ANALIZA



Slika 4.1 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 5°

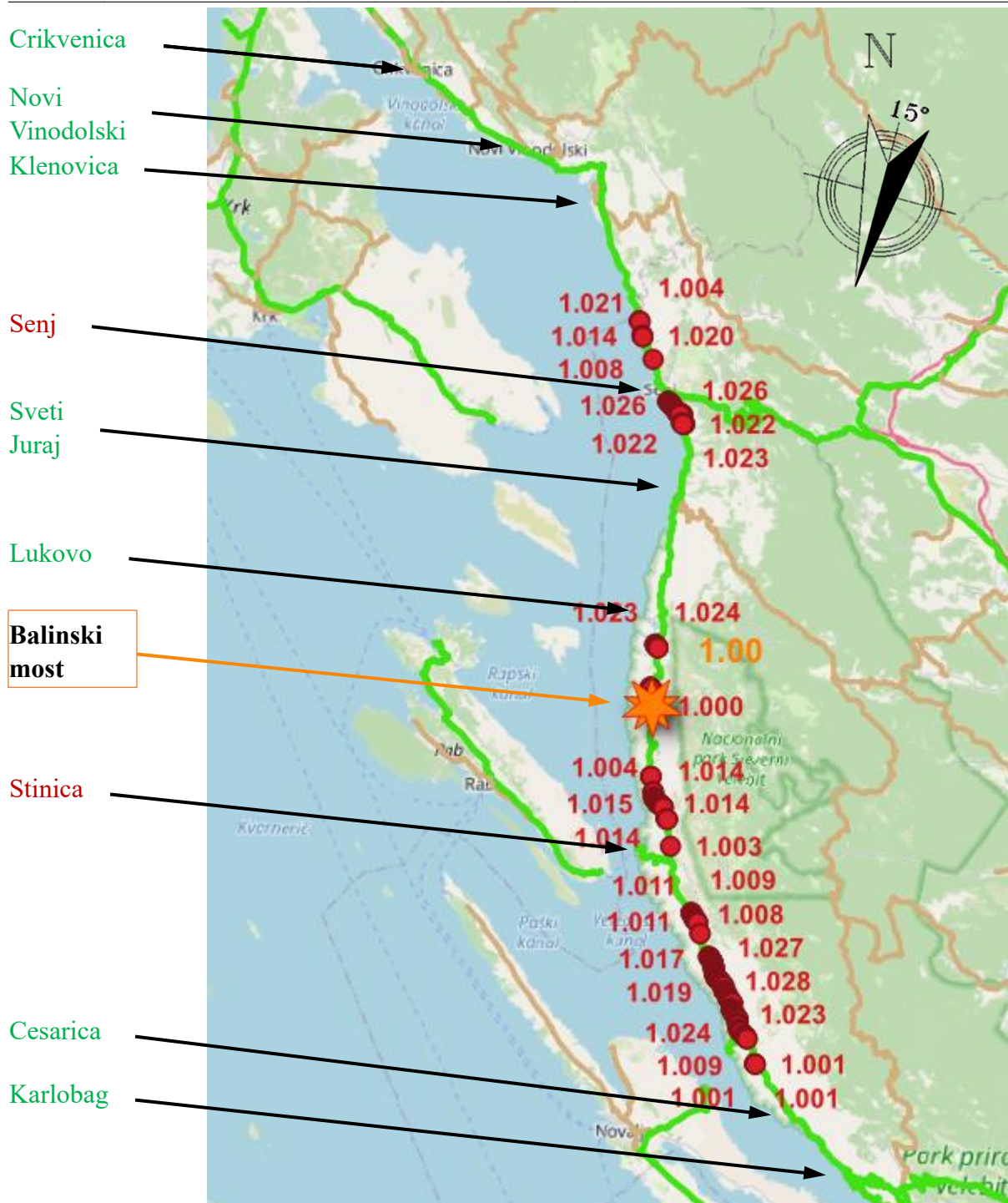
U slučaju smjera vjetra od 5° veliki dio točaka na dionici južno od Balinskog mosta prelazi izmjerenu brzinu vjetra na Balinskom mostu što ukazuje da na tom djelu dionice promet između naselja nije moguć. Promet je moguć na dionicama između Crikvenice i Novog Vinodolskog te između Senja, Svetog Juraja i Lukovog te je na tim djelovima moguć pristup zaleđu. Ovo je jedini slučaj u kojem se pojavljuju kritične točke na području Karlobaga.

Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je **485** što iznosi **11.75%** dionice.



Slika 4.2 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 10°

U slučaju smjera vjetra od 10° povećava se broj kritičnih točaka u odnosu na smjer vjetra od 5°. Ulaz u Crikvenicu sa sjeverne strane je onemogućen, ali je s druge strane promet omogućen do Klenovice. Promet je sada na području južno od Senja onemogućen osim manjeg djela oko Svetog Juraja i Lukovog gdje je moguć pristup unutrašnjosti preko ceste nižeg razreda. Također je promet omogućen na užem području oko Karlobaga isključujući mjesta Prizna i Cesarica. Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je **566** što iznosi **13.71%** dionice.



Slika 4.3 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 15°

U ovom slučaju broj kritičnih točaka nam se smanjuje u odnosu na prethodni slučaj. Promet je u potpunosti omogućen od Crikvenice do Klenovice. Područje sjeverno i južno od Senja je blokirano kao i čitava dionica južno od Balinskog mosta osim relacije Karlobag – Cesarica. Mali dio dionice između Svetog Jurja i Lukovog te pristup zaleđu je siguran kao i u prethodnom slučaju.

Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je **349** što je **8.45%** točaka od ukupnog broja točaka na dionici.



Slika 4.4 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 20°

U ovom slučaju sjeverni dio dionice je siguran za promet na još malo duljem djelu u odnosu na prethodni slučaj (od Crikvenice do mjesta Bunica). Senj je i dalje blokiran, kao i južni dio dionice od Balinskog mosta. Manja područja Karlobaga (Cesarica – Karlobag) i Svetog Jurja (Sveti Juraj – Lukovo) su i u ovom slučaju sigurna za promet.

Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je 243 što iznosi 5.89% od ukupne dionice.



Slika 4.5 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 25°

Raspored točaka koje premašuju vrijednost brzine vjetra izmjerenu na Balinskom mostu je vrlo sličan kao u slučaju smjera vjetra od 20°. Razlika je što se prva točka ne pojavljuje neposredno ispod mjesta Bunica nego iznad, pa bi lokacija zatvaranja dionice iz smjera Crikvenice trebala biti prije ulaska u mjesto (Crikvenica – Novi Vinodolski – Klenovica). Promet između Senja, Svetog Jurja i Lukovog ponovno je siguran kao u slučaju smjera vjetra od 5°, te je područje Karlobaga na relaciji Karlobag – Cesarica sigurno.

Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je 263 što iznosi 6.37% dionice.



Slika 4.6 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 30°

Iako ovo nije slučaj s najmanjim brojem točaka čije vrijednosti premašuju brzinu vjetra od one na Balinskom mostu, jedini je slučaj u kojem se ne pojavljuju točke na čitavoj dionici od Crikvenice preko Senja do Svetog Jurja pa bi ta dionica ceste potencijalno mogla biti otvorena. U ovom slučaju se kritične točke za razliku od prethodnih pojavljuju sjeverno od mjesta Lukovo pa bi to mjesto izgubilo povezanost sa Senjom.

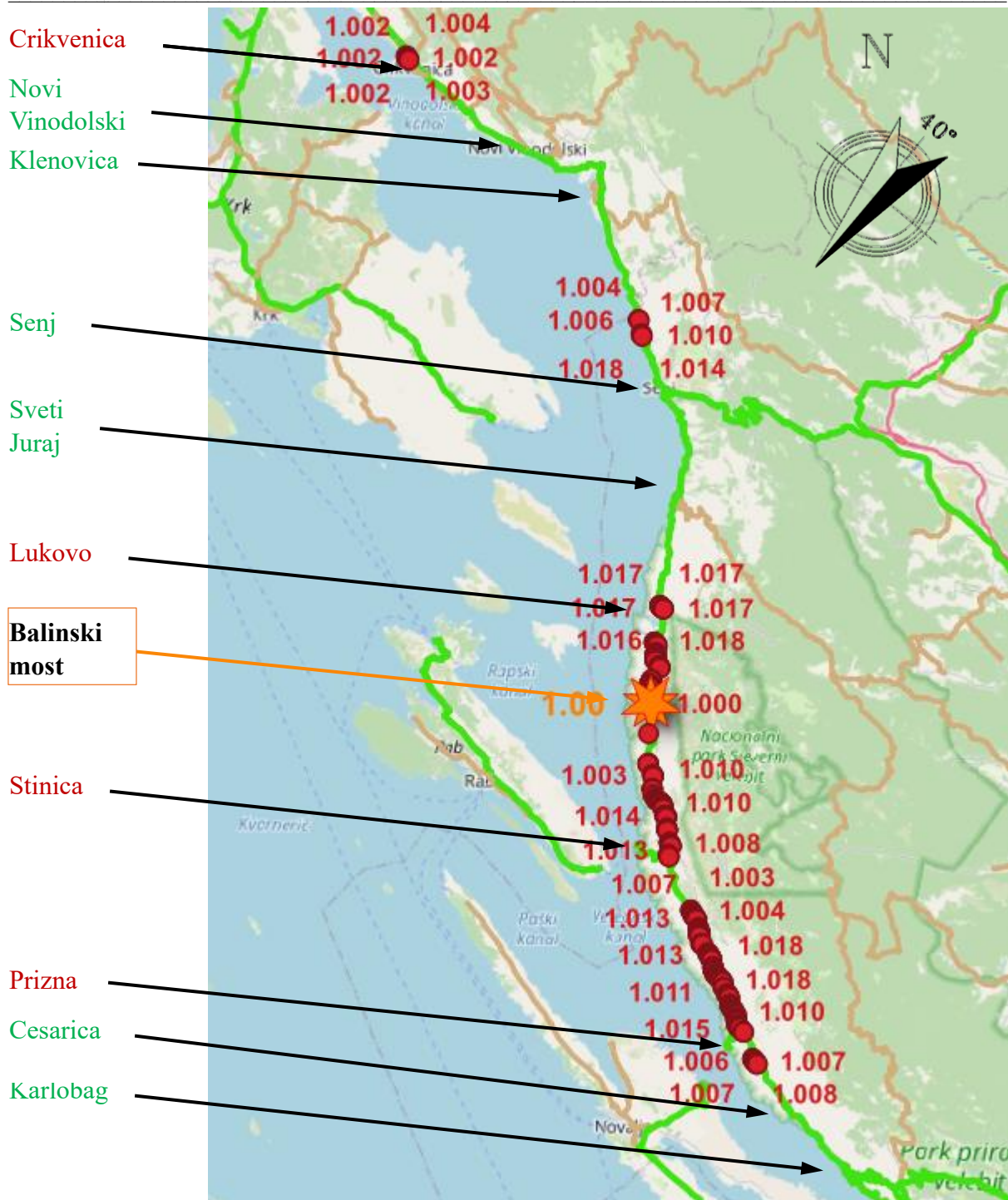
Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je 245 što iznosi 5.94% dionice



Slika 4.7 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 35°

Ovo je slučaj s najmanjim brojem točaka koje premašuju vrijednosti od one izmjerene na Balinskom Mostu, ali za razliku od prethodnog slučaja mali broj kritičnih točaka se pojavljuje južno od mjesta Bunica te se na taj način gubi direktna povezanost Crikvenice i Senja. U ovom slučaju kao i u svim ostalima (osim prvog slučaja kod smjera vjetra od 5°) Karlobag i područje sjeverno od njega je sigurno do mjesta Prizna gdje se pojavljuju prve kritične točke pa je iz njega i dalje pristup na cestu D8 nesiguran.

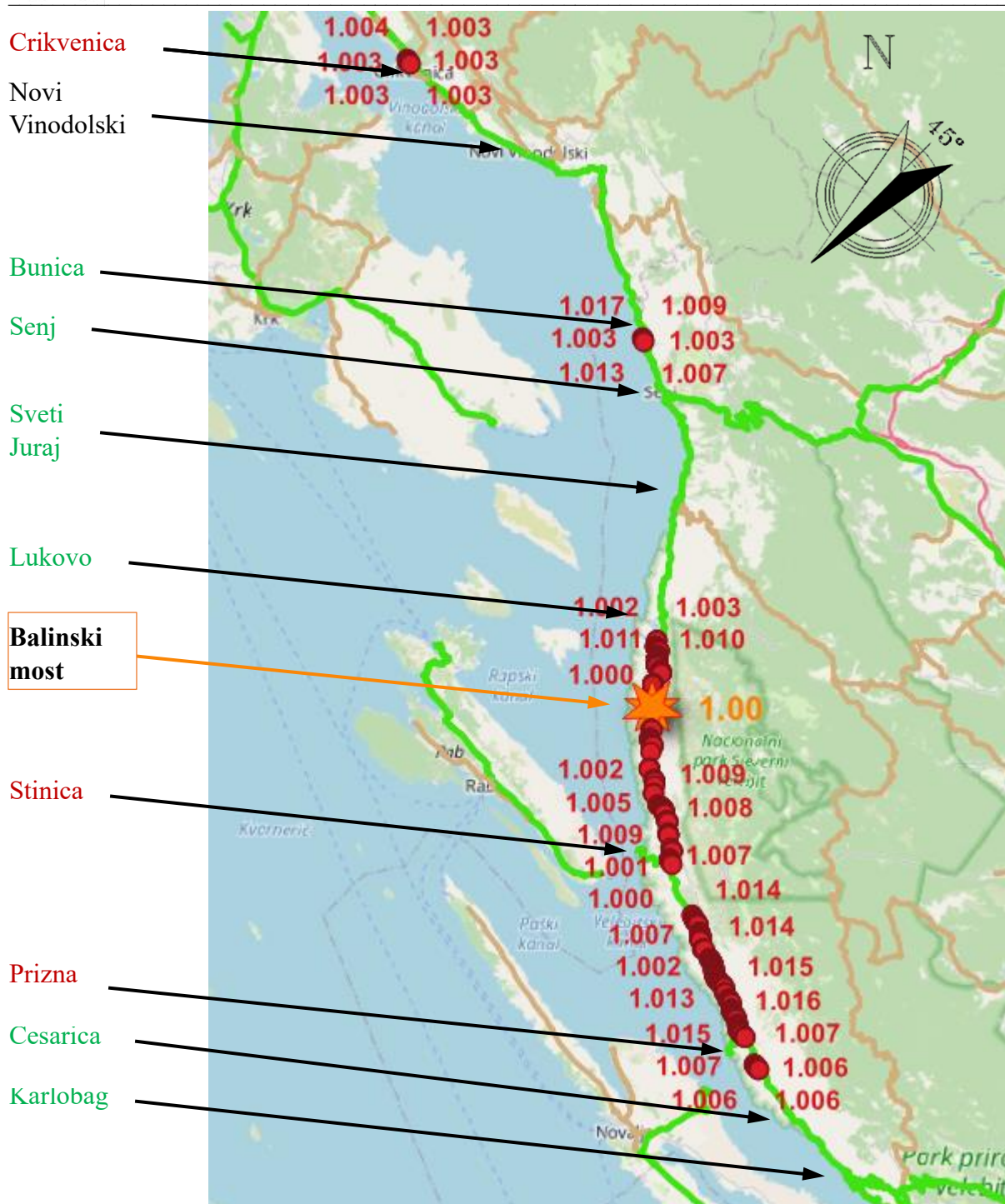
Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je 120 što iznosi 2.91% dionice.



Slika 4.8 Točke sa većim brzinama vjeta od one na Balinskom mostu pri smjeru vjeta od 40°

U ovom slučaju broj točaka sa većim brzinama od one na Balinskom mostu se povećava u odnosu na prethodni slučaj, ali raspored ostaje sličan. Jedine razlike su što se kritične točke pojavljuju u Crikvenici na nešto dužem području nego u slučaju kod smjera vjeta od 10° pa bi ona vjerojatno bila blokriana. Kritične točke pojavljuju se sjeverno od mjesta Bunica pa bi promet na tom području bio moguć na relaciji Novi Vinodolski - Klenovica. Za ostatak dionice bi vrijedila ista pravila kao u prethodnom slučaju.

Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je **431** što iznosi **10.44%** dionice.



Slika 4.9 Točke sa većim brzinama vjetra od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 45°

U slučaju smjera vjetra od 45° prostorni raspored točaka s vrijednostima brzine vjetra veće od one izmjerene na Balinskom mostu je gotovo isti kao i u slučaju smjera vjetra od 40°. Jedina razlika je u tome što se kritične točke pojavljuju južno od mjesta Bunica pa u ovom slučaju bi promet bio siguran na toj dionici do Novog Vinodolskog. Druga mala razlika je u tome što se kritične točke pojavljuju južno od mjesta Lukovo pa bi promet bio siguran od Lukovog do Senja.

Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je **436** što iznosi **10.56%** dionice.



Slika 4.10 Točke sa većim brzinama vjetra od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 50°

Ovo je slučaj s daleko najvećim brojem točaka na kojima brzina vjetra premašuje onu izmjerenu na Balinskom mostu. Jedini je slučaj u kojem se na čitavom području Novog Vinodolskog pojavljuju kritične točke kao i najveća koncentracija točaka u Crikvenici. Sigurna su jedino uža područja oko Klenovice, Karlobaga i Svetog Juraja (u tom mjestu se u ni jednom slučaju ne pojavljuju kritične točke) pa bi ta mjesta potencijalno mogla imati pristup zaleđu preko cesta nižeg razreda.

Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je **1209** što iznosi **29.9%** dionice.



Slika 4.11 Točke sa većim brzinama vjetra od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 55°

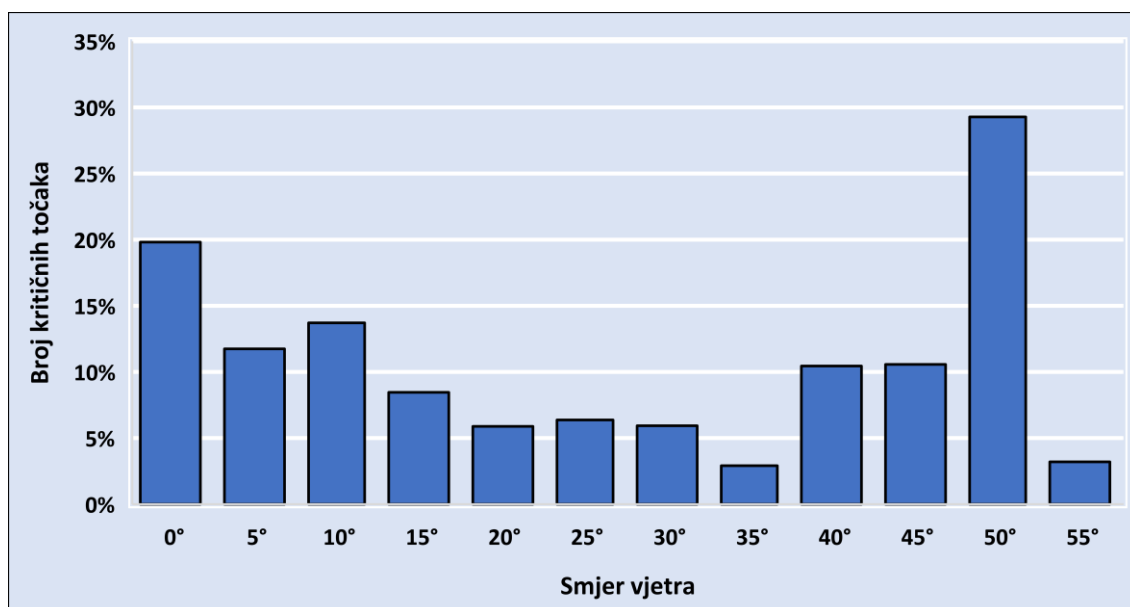
U posljednjem promatranom slučaju pri smjeru vjetra od 55° na sjevernom djelu dionice pojavljuje se prva kritična točka južno od mjesta Bunica. Kao i u slučajevima smjera vjetra od 20° i 35° moguć je promet na relaciji Crikvenica – Novi Vinodolski – Bunica. Sljedeće mjesto na kojem se pojavljuju kritične točke je na lokaciji sjeverno od Lukovog pa je promet moguć samo na relaciji Senj – Sveti Juraj. Promet je također moguć na relaciji Prizna – Karlobag jer je ovo jedini slučaj u kojem se kritične točke ne pojavljuju južno od mjesta Prizna.

Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je **132** što iznosi **3.20%** dionice.

Ukupan broj generiranih točaka na međusobnom razmaku od 25 metara na čitavoj dionici je **4128**. U nastavku je tablično i grafički prikazan relativni odnos ukupnog broja generiranih točaka i broj točaka sa većim brzinama od reprezentativne točke za svaki pojedinačni slučaj smjera vjetra.

Tablica 1. Prikaz broja kritičnih točaka za različite smjerove vjetra

Smjer vjetra	Broj točaka većih brzina od reprezentativne točke	Postotak u odnosu na ukupnu duljinu dionice
0°	818	19.82%
5°	485	11.75%
10°	566	13.71%
15°	349	8.45%
20°	243	5.89%
25°	263	6.37%
30°	245	5.94%
35°	120	2.91%
40°	431	10.44%
45°	436	10.56%
50°	1209	29.29%
55°	132	3.20%



Slika 4.12 Histogram relativnog odnosa ukupnog broja točaka na dionici i kritičnih točaka za različite smjerove vjetra

5. ZAKLJUČAK

Analiza rezultata dobivenih korištenjem “Wind effect” modula u QGIS softveru za različite smjerove vjetra otkriva raznoliku distribuciju točaka s većim brzinama od referente točke na Balinskom mostu. Broj tih kritičnih točaka varira značajno, s minimalnih 120 do maksimalnih 1209, ovisno o smjeru vjetra. Čak i pri maksimalnom broju takvih točaka, uočavaju se dijelovi dionice koji potencijalno ne bi predstavljali ozbiljnu prijetnju za promet.

U slučajevima s manjim brojem kritičnih točaka, primjećuje se da bi velike poddionice potencijalno mogle ostati otvorene za promet. Dakle prema provedenoj “Wind effect” analizi zatvaranje čitave dionice od Novog Vinodolskog do Karlobaga nije nužno opravdano.

Također, neki segmenti na dionici izdvajaju se visokom koncentracijom kritičnih točaka za svaki smjer vjetra. Primjerice, sjeverno od Stinice na segmentu od kamenog luka do samog naselja Vlaka u duljinu od otprilike jedan i pol kilometar, te sjeverno od izlaza s državne ceste D8 za trajektno pristanište Prizma, u području starog groblja Prizna i izlaza za naselje Lomivrat u duljini nešto manjoj od kilometar. Na tim segmentima bi se mogla napraviti dodatna razmatranja i analize za eventualnu zaštitu vozila od vjetra u obliku vjetrobrana.

Međutim, treba uzeti u obzir da modul “Wind effect” radi na način tako da uzima homogeni smjer djelovanja vjetra te prikaz polja s relativnim odnosima brzina vjetra u obliku lokalnog povećanja ili smanjenja koja se javljaju s obzirom na smjer vjetra i topografiju terena čiji su podaci zapisani u obliku digitalnog elevacijskog modela (DEM). Mnoge druge fizikalne karakteristike vjetra ne analizira u usporedbi s numeričkim atmosferskim modelima kao što je Aladin-Hr.

Dakle, primjena GIS modela ima prednosti kao što su vrlo velika preglednost zahvaljujući visokoj rezoluciji, vrlo detaljna topografska podloga, jednostavnost, pristupačnost i mogućnost prilagodbe vizualnog pregleda podataka. Stoga bi primjena GIS-a u budućnosti mogla uvelike pridonijeti razvoju prikazivanja djelovanja vjetra na uvjete prometa.

6. POPIS SLIKA

Slika 2.1 Proračunska mreža modela Aladin-Hr (prostorna rezolucija 4km za 1991.-2001.) na Google podlozi i proračunske ćelije 1, 2, 3 i 4 sa kojih se ekstrahiraju podaci o brzini i smjeru vjetra.....	4
Slika 2.2 Komparativne vremenske serije brzine vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka), za pozicije točaka 1 (Balinski vijadukt), 2, 3 i 4 (zaobalje)	5
Slika 2.3 Slika 2.3 Vremenske serije smjera vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka), za poziciju točke 1 (Balinski vijadukt)	6
Slika 2.4 Faktor mahovitosti vjetra $CG_{3600}(z_m, t)$ za t-sekundni udar na visini $z_m = 10$ m kad je poznata srednja satna brzina vjetra $U_{3600s}(z_m)$ na visini z_m i faktor mahovitosti vjetra $C_{600}^G(z_m, t)$ za t-sekundni udar na visini $z_m = 10$ m kad je poznata 10-minutna srednja brzina vjetra $U_{600s}(z_m)$ na visini z_m ; sve za standardni teren na kopnu $z_0=0,05$ m	7
Slika 2.5 Odnosi smjera vjetra za točku 1 (Balinski vijadukt) i 2, 3, 4 (zaobalje) temeljem podataka iz modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998. – 1.1.2002. uz postavljeno ograničenje da trosatna brzina vjetra na poziciji Balinskog vijadukta bude veća od 19 m/s	8
Slika 3.1 Postavljanje novog referentnog koordinatnog sustava	9
Slika 3.2 Postavljanje HTRS96 / Croatia TM EPSG 3765 referentnog koordinatnog sustava	10
Slika 3.3 Uvlačenje „OpenStreetMaps“ sloja (layera)	10
Slika 3.4 Uvećavanje i postavljanje prozora na područje RH	11
Slika 3.5 i Slika 3.6 Uvlačenje rasterskog sloja RH prostorne rezolucije 25m x 25m.....	12
Slika 3.7 i Slika 3.8 Dodavanje spektralnog izgleda rasteru	13
Slika 3.9 Rasterski visinski sloj cijele RH u spektralnog izgledu („DEM“)	14
Slika 3.10 Uvlačenje vektorskog linijskog sloja „Cestovni promet“.....	14
Slika 3.11 Klasifikacija vektorskog sloja „Cestovni promet“ po klasama ceste	15
Slika 3.12 Kreiranje vektorskog poligonskog sloja	16
Slika 3.13 Prebacivanje na uređivanje poligona.....	17
Slika 3.14 Iscrtavanje poligona oko tražene dionice ceste D8	18
Slika 3.15 Spremanje poligona „poligon D8“ potrebnog za kreiranje zadanog dijela dionice D8.....	19
Slika 3.16 Otvaranje alata „Clip“	20
Slika 3.17 Definiranje parametara za rezanje slojeva.....	21
Slika 3.18 Uređivanje sloja „dionica D8“	22
Slika 3.19 Kreiranje poligona za buduće rezanje („klipanje“) rastera.....	23
Slika 3.20 Rezanje („klipanje“) rastera poligonom	24
Slika 3.21 Definiranje parametara i kreiranje novog rasterskog sloja „Wind effect na D8“	25
Slika 3.22 Dodavanje spektralnog izgleda „Wind effect“ sloju	26
Slika 3.23 Instaliranje dodatka („Plugin-a“) „Serval“	26
Slika 3.24 Generiranje točaka na razmaku od 25 metara duž dionice	27
Slika 3.25 Brisanje suvišnih točaka koje ne pripadaju državnoj cesti D8	28
Slika 3.26 Ekstrakcija „Wind Effect“ rastera na mjesto točaka iz sloja „dionica D8 na 25m“	29
Slika 3.27 Brisanje nepotrebnih atributnih kolona sloju	30
Slika 3.28 i Slika 3.29 Dodavanje novih X i Y koordinata u atributne kolone sloja	31
Slika 4.1 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 5°	32
Slika 4.2 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 10°	33
Slika 4.3 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 15°	34
Slika 4.4 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 20°	35
Slika 4.5 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 25°	36
Slika 4.6 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 30°	37
Slika 4.7 Točke sa većim brzinama od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 35°	38
Slika 4.8 Točke sa većim brzinama vjetra od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 40°	39



Slika 4.9 Točke sa većim brzinama vjetra od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 45°.....	40
Slika 4.10 Točke sa većim brzinama vjetra od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 50°.....	41
Slika 4.11 Točke sa većim brzinama vjetra od one na Balinskom mostu pri smjeru vjetra od 55°.....	42
Slika 4.12 Histogram relativnog odnosa ukupnog broja točaka na dionici i kritičnih točaka za različite smjerove vjetra.....	43



7. *POPIS TABLICA*

Tablica 1. Prikaz broja kritičnih točaka za različite smjerove vjetra..... 43

8. LITERATURA

Courtier, P.C., Freydier, J.F., Geleyn, F., Rochas, M. (1991.): The ARPEGE project at METEO-FRANCE", *Proceedings from the ECMWF workshop on numerical methods in atmospheric models*, Vol. 2, Reading, England, str. 193-231

Cordoneanu, E., Geleyn, J.F. (1998.): Application to local circulation above the Carpathian-Black Sea area of a NWP-type meso-scale model", *Contributions to Atmospheric Physics*, Vol. 71, str. 191-212.

Brzović, N. (1999.): Factors affecting the Adriatic cyclone and associated windstorms, *Contributions to Atmospheric Physics*, Vol. 72, str. 51-65.

Brzović, N., Strelec-Mahović, N. (1999.): Cyclonic activity and severe jugo in the Adriatic, *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, Vol. 24, str. 653-657.

Ivatek-Sahdan, S., Tudor, M. (2004.): Use of high-resolution dynamical adaptation in operational suite and research impact studies, *Meteorol. Z.*, Vol. 13, str. 99-108.