

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOGRAFSKI ODSJEK

Doroteja Držaić, Mateja Kavran

**ODREĐIVANJE MJESTA SEZONSKE
DISLOKACIJE VATROGASNIH POSTROJBI
U ŠIBENSKO-KNINSKOJ ŽUPANIJI –
ANALIZA U GIS-U**

Zagreb, 2014.

Ovaj rad izrađen je na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Dubravke Spevec i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2013./2014.

ABECEDNI POPIS KRATICA

DVD – Dobrovoljno vatrogasno društvo

DUZS – Državna uprava za zaštitu i spašavanje

GIS – Geografski informacijski sustavi

JVP – Javna vatrogasna postrojba

MUP – Ministarstvo unutarnjih poslova

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Predmet, ciljevi i zadaci istraživanja	2
1.2. Osnovne hipoteze	2
1.3. Metodologija istraživanja	3
1.4. Vremenski okvir istraživanja.....	4
1.5. Pregled dosadašnjih istraživanja.....	4
2. PRIRODNE I DRUŠTVENE KARAKTERISTIKE ŠIBENSKO-KNINSKE ŽUPANIJE.....	5
3. POŽARI OTVORENOG PROSTORA	7
4. ANALIZA PROSTORNOG UZORKA POŽARA	9
4.1. Analiza prosječnog položaja požara na istraživanom području	9
4.2. Prostorna distribucija požara na istraživanom području.....	13
5. ANALIZA MREŽE CESTA ŠIBENSKO-KNINSKE ŽUPANIJE	15
5.1. Analiza postojećeg dohvata standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi na istraživanom području	16
5.2. Analiza mjesta sezonskih dislokacija vatrogasnih postrojbi na istraživanom području.....	23
6. REZULTATI PROSTORNE ANALIZE	29
7. RASPRAVA.....	35
8. ZAKLJUČAK	36
9. ZAHVALE.....	38
10. POPIS LITERATURE I IZVORA	39
SAŽETAK.....	41
ABSTRACT	42

1. UVOD

Prirodne nepogode svakodnevno nanose značajne materijalne, ljudske i ekološke štete. Neke od njih su kratkotrajne i razorne, dok su druge dugotrajnije s dalekosežnim i često katastrofalnim posljedicama za okoliš. Hrvatskoj najviše štete nanosi suša, zatim olujno nevrijeme (tuča), potresi, poplave, mraz, požari, itd. Požari predstavljaju ozbiljne prijetnje. „Oni se tretiraju kao destruktivan faktor okoliša uzrokovan prirodnim pogodnostima u određenom razdoblju godine, te ljudskom aktivnošću. Iako sudjeluju sa oko 6 % u ukupnim materijalnim štetama Republike Hrvatske, šumski požari devastiraju svake godine više tisuća km² geografskog prostora” (Šiljković, 1997, 77). Glavnina požara otvorenog prostora vezana je za ljeto, odnosno toplo i sušno razdoblje godine. U Hrvatskoj se oni najčešće pojavljuju u obalnom i otočnom području, stoga su županije uz more i najugroženije. Jedna od njih je i Šibensko-kninska županija, koju je u protekle četiri godine pogodilo 1039 požara otvorenog prostora (DUZS), odnosno prosječno godišnje 260 požara otvorenog prostora.

„Osim preventivnih protupožarnih mjera, jedini efikasan način smanjenja štete koju uzrokuju požari otvorenog prostora je pravovremeno uočavanje požara u nastajanju, te brza i odgovarajuća intervencija” (Netolicki i dr., 2012, 5). Uz to, važno je i strateško planiranje i upravljanje. Razvojem suvremenih računalnih tehnologija otvara se mogućnost korištenja GIS alata za aktivno sudjelovanje u upravljanju u slučaju požara, ili pak za analizu ugroženosti određenog prostora od požara, kako bi se njihove posljedice svele na minimum. GIS alati također omogućuju strateško planiranje kao što je, na primjer, određivanje najpogodnijih mjesta za osnivanje novih vatrogasnih postrojbi ili pak za određivanje mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi. Glavne zadaće novih, u određenom prostoru dislociranih vatrogasnih postrojbi su zaštita što većeg broja stanovništva ugroženog od požara kao i pokrivanje što većeg broja požara unutar standardnog vremena za intervenciju od 15 minuta, kako bi se štete svele na minimum.

U radu su na temelju analize prostornog uzorka požara i analize mreže cesta u GIS-u određena nova potencijalna mjesta sezonske dislokacije vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije sa svrhom ostvarivanja bolje pokrivenosti i efikasnije zaštite od požara u cijeloj Županiji. Rezultati istraživanja i prostorne analize imaju aplikativnu vrijednost te se predloženi model može primijeniti u budućim istraživanjima ove problematike.

1.1. Predmet, ciljevi i zadaci istraživanja

Predmet istraživanja rada je određivanje mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije temeljem analize prostornog uzorka požara i analize mreže cesta uz pomoć GIS alata.

Ciljevi i zadaci istraživanja su:

1. opisati postojeće stanje vremenskog dohvata vatrogasnih postrojbi u Šibensko-kninskoj županiji,
2. odrediti potencijalna mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi na istraživanom prostoru,
3. doprinijeti prijedlogom lokacija novih sezonski dislociranih vatrogasnih postrojbi boljoj pokrivenosti što više lokacija dosadašnjih požara, čime bi se zaštitio što veći broj stanovnika i pokrila što veća površina nezaštićenog dijela županije.

Rezultati ovog rada dati će značajan doprinos planiranju prostora i djelatnosti u istraživanom području, budući da do sada, na znanstvenoj razini, nije provedena cjelovita prostorna analiza određivanja mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi na području Republike Hrvatske, pa tako ni na području Šibensko-kninske županije. Rad će doprinijeti boljem i kvalitetnijem planiranju mjera zaštite od požara i učinkovitijem djelovanju na terenu, a rezultati istraživanja bit će osnova za odabir sezonskih dislokacija vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije, ali i model-primjer za određivanje dislokacija sezonskih postrojbi na području drugih županija u Hrvatskoj.

1.2. Osnovne hipoteze

S obzirom na prethodno postavljene predmet i ciljeve istraživanja u radu su provjeravane sljedeće hipoteze:

1. Analizom gustoće požara ne može se odrediti točno mjesto dislokacije vatrogasne postrojbe.
2. Dosadašnja mjesta sezonskih dislokacija vatrogasnih postrojbi nisu doprinijela učinkovitijoj zaštiti od požara i ublažavanju njihovih negativnih učinaka.

1.3. Metodologija istraživanja

U radu je za teorijsku analizu korištena relevantna znanstvena i stručna literatura koja se bavi analizom požara, analizom prostornog uzorka kao i analizom mreže cesta te određivanjem lokacije novih vatrogasnih postrojbi. Podaci o požarima korišteni u radu dobiveni su od Državne uprave za zaštitu i spašavanje (DUZS). Za njihovu obradu korišten je *Microsoft Excel*, a za kartografsku vizualizaciju programski paket *ArcGIS Info*, verzije 10.1, tvrtke ESRI. U radu su korištene kartografske podloge izrađene u poprečnoj Mercatorovoj projekciji te prema referentnom koordinatnom sustavu HTRS96¹.

Prostorne analize u GIS-u za potrebe ovoga rada napravljene su korištenjem alata aplikacija ArcCatalog, ArcMap i ArcToolbox. U *ArcCatalogu* kreirana je baza podataka, u *ArcMapu* su ti podaci obrađeni i vizualizirani, dok je *ArcToolbox* korišten za samu prostornu analizu. Kreirana prostorna baza podataka integrirala je podatke o požarima na području Šibensko-kninske županije za 2010., 2011., 2012. i 2013. godinu, podatke o mjestima gdje su smještene Dobrovoljna vatrogasna društva (DVD) i Javne vatrogasne postrojbe (JVP), a koji su pomoću alata *Merge* spojeni u jedan sloj podataka (shapefile) nazvan „Vatrogasne postrojbe“, administrativnu podjelu istraživanog prostora te cestovnu mrežu Šibensko-kninske županije sa izdvojenim pojedinim kategorijama cesta.

Za analizu prostornog uzorka u *ArcToolboxu* korišteni su alati *Spatial Statistics Toolboxa*; za prosječan položaj požara korišten je alat *Mean Center*, a za gustoću požara alat *Kernel Density*. Nakon analize prostornog uzorka, mreži cesta Šibensko-kninske županije uređena je topologija i na temelju uređenog sloja izrađen je *New Network Dataset*. Time je omogućena analiza mreže cesta koja je izrađena pomoću ekstenzije *Network Analyst*. Doseg djelovanja Dobrovoljnih vatrogasnih društva i Javnih vatrogasnih postrojbi od 5, 10 i 15 minuta napravljen je putem sučelja *ModelBuilder*. U modelu je korišten alat *New Service Area*, pomoću kojeg su dobiveni poligoni 5, 10 i 15 minuta, te alati *Select*, *Clip*, *Dissolve*, *Merge* i *Erase*. Na kraju, za određivanje mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi, korišten je alat *New Location-Allocation* ekstenzije *Network Analyst*. Primjenom ovog alata u analizi dobivena su tri potencijala mjesta sezonske dislokacije vatrogasnih postrojbi na prostoru Šibensko-kninske županije.

¹ Hrvatski terestrički koordinatni sustav za epohu 1995.55

1.4. Vremenski okvir istraživanja

U istraživanju pogodnih mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije analizirani su podaci o požarima otvorenog prostora. Zbog dostupnosti podataka u istraživanju su analizirane protekle četiri godine, i to redom: 2010., 2011., 2012. i 2013. godina.

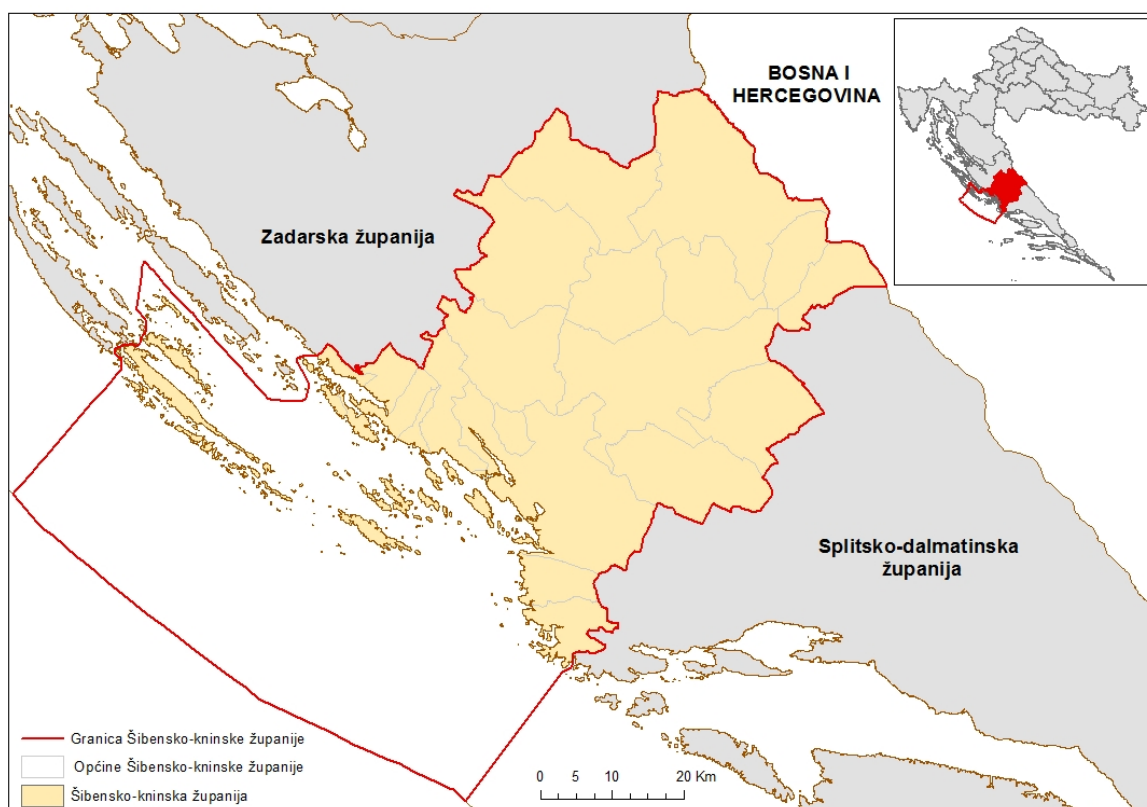
1.5. Pregled dosadašnjih istraživanja

Pretraživanjem i analizom relevantne znanstvene i stručne literature utvrđeno je postojanje vrlo malog broja objavljenih i dostupnih radova koji se bave GIS tehnologijom i njenom primjenom u prostornoj analizi požara. U hrvatskoj stručnoj literaturi gotovo da ni nema radova koji se bave ovom tematikom. No, svakako je potrebno spomenuti rad Antonije Netolicki i suradnika pod naslovom „*Višekriterijska analiza rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji*” (2012), u kojem je napravljena procjena ugroženosti od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji na temelju klimatskih, topografskih, vegetacijskih i antropogenih čimbenika. Rad je koristan prije svega za zaštitu i prevenciju od požara i u njemu je prikazano kako se uz pomoć GIS alata može napraviti analiza postojećih podataka u svrhu procjene ugroženosti od požara.

Od stranih autora valja spomenuti doktorski rad Saada M. Alghariba iz 2011. godine pod naslovom „*Distance and Coverage: An assessment of Location-allocation models for fire stations in Kuwait city*”. U radu se Algharib bavi problematikom odabira najboljih lokacija za buduće vatrogasne postaje u gradu Kuwajtu u svrhu zaštite što većeg broja stanovnika. Primaran cilj rada je odrediti lokaciju i broj potrebnih vatrogasnih postaja. U radu se raspravlja i o upotrebi različitih metoda za odabir optimalne lokacije primjenom *Location-allocation* alata te se uspoređuju dobiveni rezultati.

2. PRIRODNE I DRUŠTVENE KARAKTERISTIKE ŠIBENSKO-KNINSKE ŽUPANIJE

Prema europskoj nomenklaturi prostornih jedinica za statistiku Šibensko-kninska županija pripada NUTS2² regiji Jadranska Hrvatska. Nalazi se između Zadarske županije na sjeverozapadu, Splitsko-dalmatinske na jugoistoku, a na sjeveroistoku graniči sa susjednom Bosnom i Hercegovinom. Zbog položaja između Sjeverne i Srednje Dalmacije te Like ima važnu ulogu u prometnom povezivanju velikih prirodnogeografskih regija Hrvatske (sl. 1).



Sl. 1. Geografski položaj Šibensko-kninske županije

Šibensko-kninska županija prostire se na površini od 5669,79 km², od čega kopneni prostor obuhvaća površinu od 2993,73 km², odnosno 52,8 % teritorija županije, a morski prostor površinu od 2676,06 km², odnosno 47,2 % županije (URL 1).

U Šibensko-kninskoj županiji, prema Popisu stanovništva 2011. godine, u 196 naselja živjelo je 109 375 stanovnika (URL 2). Prema tome, gustoća naseljenosti iznosi svega 36,5 stan./km², što Šibensku-kninsku županiju svrstava na samo dno ljestvice gustoće naseljenosti hrvatskih županija, odnosno znatno ispod prosjeka za Republiku Hrvatsku (75,8 stan./km²). Proces litoralizacije i na prostoru Šibensko-kninske županije rezultirao je povećanom

² NUTS – franc. *Nomenclature des unités territoriales statistiques*

koncentracijom stanovništva na obali. Istraživanja su pokazala kako se upravo antropogeni utjecaj smatra glavnim čimbenikom pri izbijanju požara (Netolicki i dr., 2012). S ciljem zaštite što većeg broja stanovnika u područjima s njihovom najvećom koncentracijom, više od 50 % vatrogasnih postrojbi smješteno je upravo u obalnom i otočnom dijelu Šibensko-kninske županije (sl. 11).

Prema administrativno-teritorijalnoj podjeli, Šibensko-kninska županija obuhvaća pet upravnih gradova (Šibenik, Knin, Skradin, Vodice i Drniš) i 15 općina (Bilice, Biskupija, Cijvljane, Ervenik, Kijevo, Kistanje, Murter-Kornati, Pirovac, Primošten, Promina, Rogoznica, Ružić, Tisno, Tribunj, Unešić) (URL 4), dok je županijsko središte grad Šibenik. U Republici Hrvatskoj organizacija vatrogasnih djelatnosti je centralizirana, odnosno Sektor za vatrogastvo Državne uprave za zaštitu i spašavanje poduzimaju mjere i radnje vezane za poboljšanje ustroja i učinkovitosti vatrogastva (URL 10), stoga je i lokacija postojećih vatrogasnih postrojbi na istraživanom prostoru u nadležnosti DUZS-a.

Šibensko-kninsku županiju karakteriziraju izrazito heterogena prirodnogeografska obilježja koja utječu na prostornu polarizaciju i značajne razlike između kontinentalnog i zagorskog u odnosu na obalni i otočni prostor. Kontinentalni (zagorski) prostor dio je Dalmatinske zagore. Reljefno i pejzažno to je heterogen prostor na kojem se izmjenjuju krške depresije (polja, uvale, ponikve), zaravni u kršu i planine. Glavne prirodne vrijednosti ovog prostora su rijeke Krka i Zrmanja i manji dio Vranskog jezera te planine Dinara i Svilaja. Ugroženost i degradacija kontinentalnog područja karakterizirana je nedostatkom kvalitetnih šuma (URL 1), ali i sve većim brojem požara otvorenog prostora. Nastanku požara u Šibensko-kninskoj županiji pogoduje vegetacijski pokrov koji čine crnogorične i bjelogorične šume, pašnjaci i poljoprivredna zemljišta, te nemar ljudi prilikom poljoprivrednih radova, čišćenja tla i paljenja korova (Nodilo, 2003).

Obalni je prostor istraživanog područja s 285 otoka (od kojih je sedam stalno naseljenih), otočića, hridi i grebena vrlo razveden (URL 1). U ovom prostoru vidljiv je antropogeni utjecaj na promjenu pejzaža, a nerijetko ga karakteriziraju opožarene površine vazdazelene panjače crnike, makije i gariga (URL 11).

3. POŽARI OTVORENOG PROSTORA

Požari izazivaju velike materijalne štete, degradaciju tla i vegetacije, što na kraju rezultira erozijom na opožarenim površinama (Mamut, 2011), a nerijetko i gubicima ljudskih života. „Požar je, zapravo, svako nekontrolirano sagorijevanje uslijed kojeg dolazi ili može doći do ozljeđivanja ljudi ili štete na materijalnim dobrima kao i do utjecaja na okoliš” (URL 7). „Statistički podaci MUP-a Republike Hrvatske požare selektiraju na kategoriju požara otvorenog prostora (šume, ostalo šumsko zemljište, poljoprivredno zemljište, odlagalište otpada, ostali otvoreni prostor) i požare objekata (građevinski objekti, prometna sredstva)” (Mamut, 2011, 38). Za razliku od požara na objektima, koji se najčešće događaju u samim naseljima i manjeg su obujma, požari otvorenog prostora obuhvaćaju veće površine i brže se šire. Požari otvorenog prostora u toplijem dijelu godine su jedan od glavnih problema mediteranskog područja, a time i Šibensko-kninske županije, odnosno istraživanog područja rada. U Šibensko-kninskoj županiji prevladava sredozemna klima obilježena blagom zimom i suhim i vrućim ljetom (Csa) i umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom (Cfa) (Šegota, 1988). Visoke temperature ljeti u kombinaciji s dominantnim vjetrovima ovog prostora izuzetno povoljno djeluju na širenje požara i otežavaju njihovo suzbijanje. Otežanom suzbijanju pridonosi i biljni pokrov, koji je lako zapaljiv, a uglavnom ga čine primorske šume i mediteransko bilje bogato smolom i eteričnim uljima, često nazvanim „pirofilnim ekosustavima” (Mamut, 2011).

Ovaj rad temeljen je na analizi požara otvorenog prostora. Postoji nekoliko klasifikacija, odnosno podjela požara otvorenog prostora. U Hrvatskoj se najčešće koristi podjela koja se odnosi na način postanka požara. Prema Španjolu i suradnicima (2008), razlikuju se prirodni i umjetni požari. Prirodni požari su oni koji ne nastaju pod kontrolom stručnjaka ili neke druge osobe za razliku od umjetnih koji su pod stalnom kontrolom stručnjaka. Njima se obavljaju određeni poslovi u gospodarenju šumama, kao što su raščišćavanje mjesta prijašnjih sječa, paljenje različitog drvnog otpada i sl. Prema tipu gorivog materijala razlikujemo podzemni požar, prizemni požar, požar u krošnjama i požar osamljenog drveća i grmlja. Podzemni požar ili požar tla zahvaća nerazgrađeni dio površinskog sloja šumskog tla. Napreduje vrlo polagano, ali stalno. Takav požar se vrlo teško otkriva i teško gasi. Prizemni požar nastaje kad se zapali gornji sloj šumske prostirke. To je najčešći tip požara. Požar u krošnjama je ona vrsta požara koja zasigurno uništava čitav šumski ekosustav. Potpomognut vjetrom ovaj požar može uništiti velike komplekse šuma (Španjol i dr., 2008).

S ciljem smanjenja učestalosti i razmjera požara, koji često rezultiraju katastrofalnim posljedicama za ekosustav, ali i za ljude, važno je voditi određene preventivne mjere zaštite od požara. Jedna od mjera je i planiranje sezonskih dislokacija vatrogasnih postrojbi kako bi se osigurala zaštita što većeg broja stanovnika, a samim time i podigla kvaliteta života na tom području.

4. ANALIZA PROSTORNOG UZORKA POŽARA

Prostorna analiza ili prostorna statistika je pojam koji obuhvaća sve formalne tehnike koje proučavaju entitete uporabom njihovih topoloških, geometrijskih ili geografskih osobina. U užem smislu, prostorna analiza obuhvaća tehnike koje se primjenjuju na objekte na ljudskoj razini, osobito u analizi geografskih podataka (Deza i Deza, 2009).

Za prostornu analizu uzoraka korišteni su GIS alati prostorne statistike u aplikaciji *ArcToolboxa*. *Spatial Statistic Toolbox* sadrži statističke alate za analizu prostorne distribucije, analizu uzoraka, procesa i odnosa. Iako postoje mnoge sličnosti između prostorne i „tradicionalne“ statistike u smislu koncepata i ciljeva, prostorna statistika je posebno razvijena za rad na geografskim podacima. Za razliku od tradicionalnih statističkih metoda, u prostornoj statistici je prostor (blizina, područje, povezanost i/ili drugi prostorni odnosi) direktno ukomponiran u matematiku. Alati prostorne statistike omogućuju da se sumiraju najvažnije karakteristike prostorne distribucije (npr. odredi srednja vrijednost ili odredi sveobuhvatni trend pružanja), da se ustvrde statistički značajna prostorna grupiranja (npr. *Hot spot* analiza), da se uvidi da li se mogu uočiti zakonitosti uzorka (grupirani/raspršeni), da se grupiraju podaci sa sličnim atributima te da se istraže prostorni odnosi (URL 6). U ovom radu korišteni su alati srednja vrijednost (*Mean Center*) i Kernelova gustoća (*Kernel Density*), kao glavni pokazatelji karakteristike distribucije požara.

4.1. Analiza prosječnog položaja požara na istraživanom području

Za određivanje prosječnog položaja požara po godinama korištena je srednja vrijednost (*Mean Center*), odnosno aritmetička sredina. Srednja vrijednost dobije se tako da se zbroj svih jedinica određenog uzorka podijeli s njihovim ukupnim brojem članova. To je prosječna vrijednost koja reprezentira sva obilježja iz kojih je izračunata, odnosno vrijednost koja reprezentira geografski centar nekog skupa podataka (Perry i dr., 2006). Srednja vrijednost je izračunata na temelju x i y koordinata svake lokacije požara. Ona je korisna statistička mjera jer omogućuje usporedbu distribucije podataka kroz vrijeme.

Formula za izračunavanje je:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

gdje su x_i i y_i koordinate mjesta požara, a n ukupan broj požara.

Izvor: URL 6

Na temelju analize prosječnog položaja požara i dobivenih rezultata zaključeno je da se više požara otvorenog prostora 2010. i 2013. godina događalo na priobalju i otocima odnosno u jugozapadnom dijelu Šibensko-kninske županije, dok su 2011. i 2012. godine požari više koncentriraniji u središnjem i sjevernom dijelu županije (sl. 2). Nastanak požara otvorenog prostora uveliko ovisi o klimatskim elementima, prije svega, o temperaturi i količini padalina. Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda vidljivo je da je 2010. godina na istraživanom području bila topla (sl. 3) i vrlo kišna (sl. 4). Iz tog razloga je broj požara otvorenog prostora te godine iznosio 126 (tab. 1). S druge strane, 2012. godina bila je ekstremno topla (sl. 5) te sušna i vrlo sušna (sl. 6), što se odrazilo i na broj požara koji je 2012. godine dosegao brojku od 409 (tab. 1).

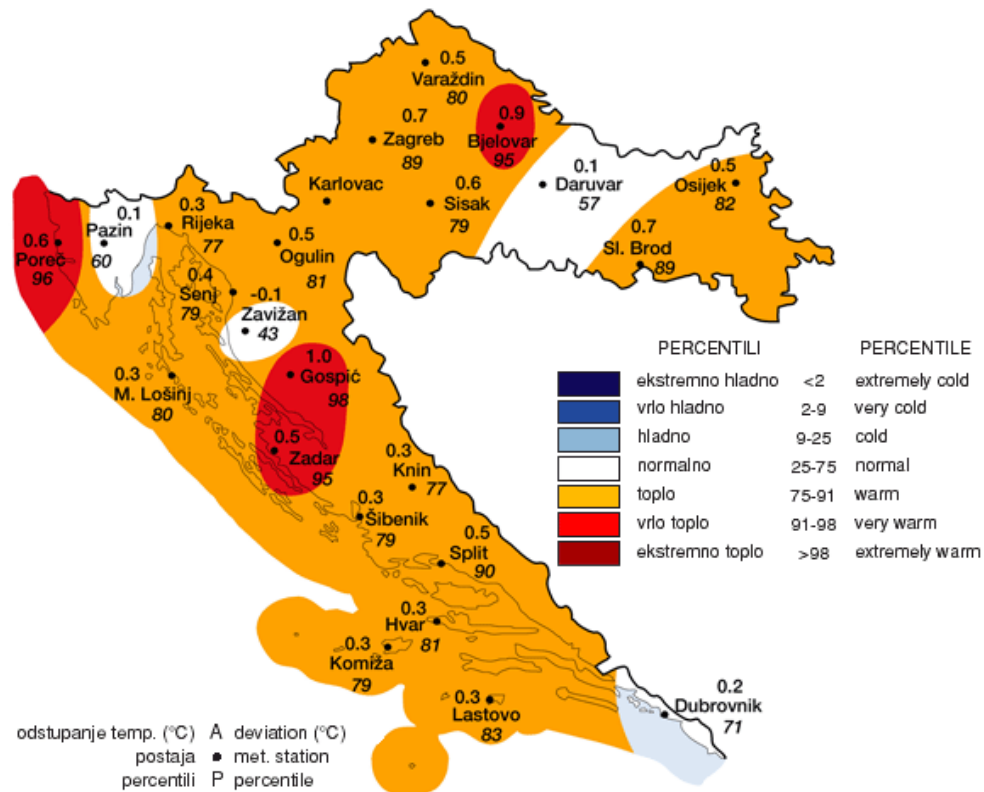


Sl. 2. Prosječan položaj požara na području Šibensko-kninske županije od 2010. do 2013. godine

Tab. 1. Broj požara otvorenog prostora u Šibensko-kninskoj županiji od 2010. do 2013. godine

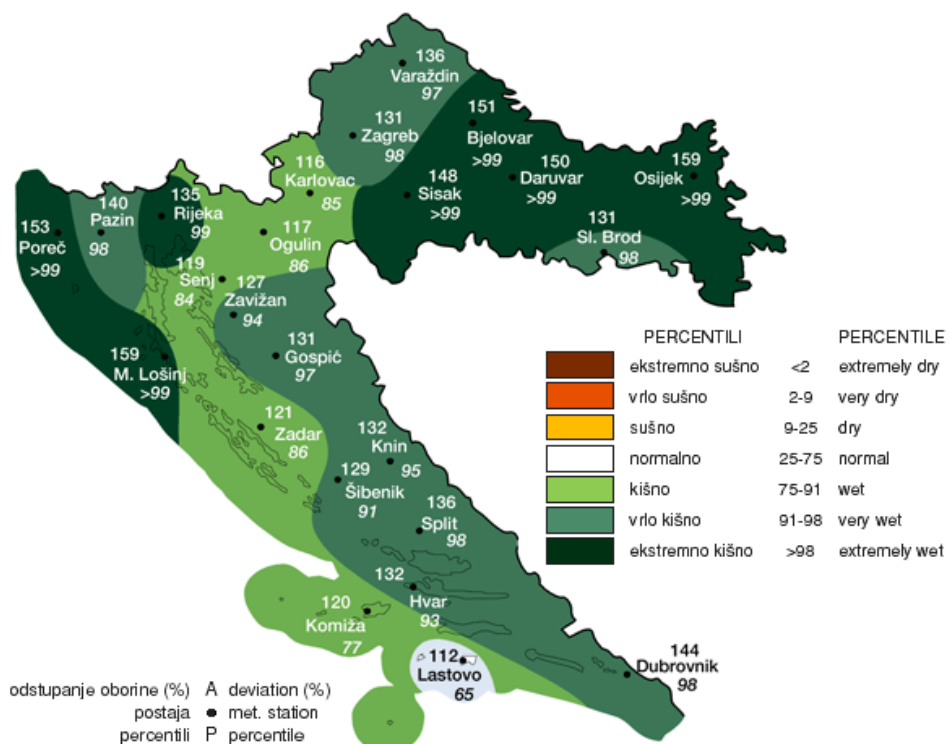
Godina	Broj požara
2010.	126
2011.	381
2012.	409
2013.	123

Izvor: Prostorna baza podataka DUZS-a



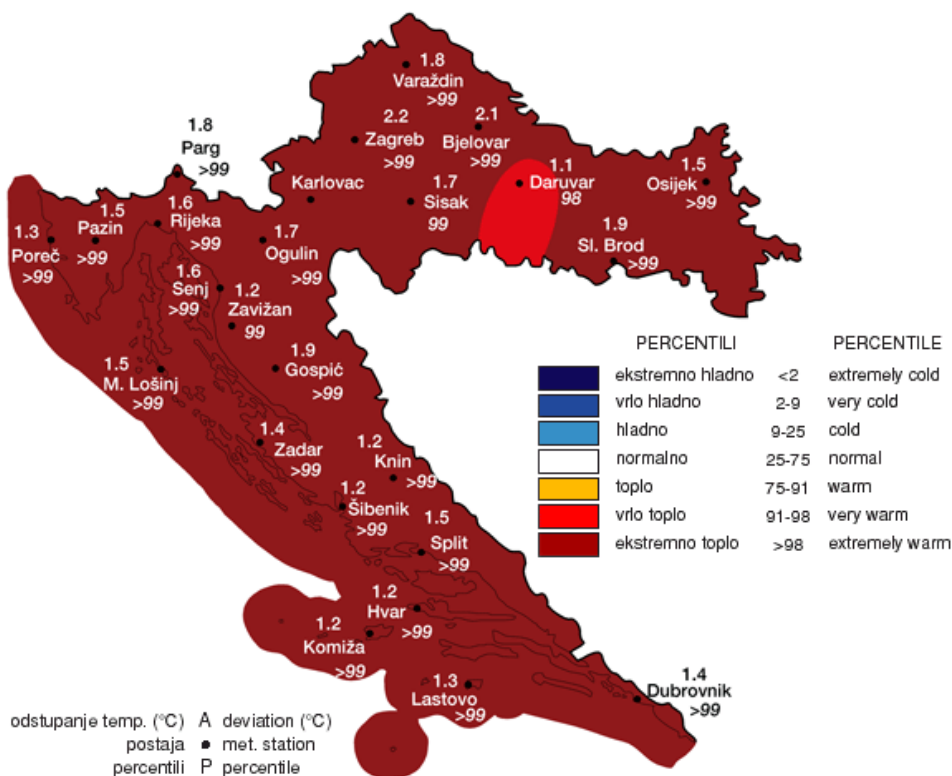
Sl. 3. Odstupanje srednje mjesečne temperature zraka (°C) za 2010. godinu od prosječnih vrijednosti (1961. – 1990.)

Izvor: DHMZ



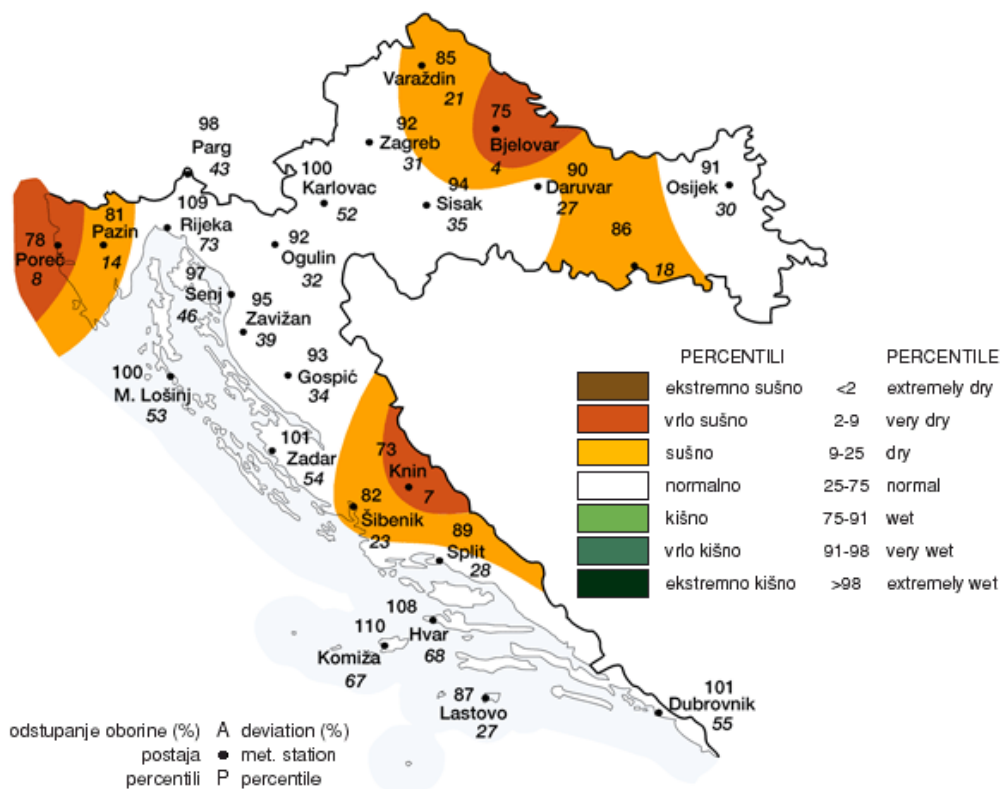
Sl. 4. Količina padalina za 2010. godinu izražena u % višegodišnjeg (1961. – 1990.) odgovarajućeg mjesečnog srednjaka

Izvor: DHMZ



Sl. 5. Odstupanje srednje mjesečne temperature zraka (°C) za 2012. godinu od prosječnih vrijednosti (1961. – 1990.)

Izvor: DHMZ



Sl. 6. Količina padalina za 2012. godinu izražena u % višegodišnjeg (1961. – 1990.) odgovarajućeg mjesečnog srednjaka

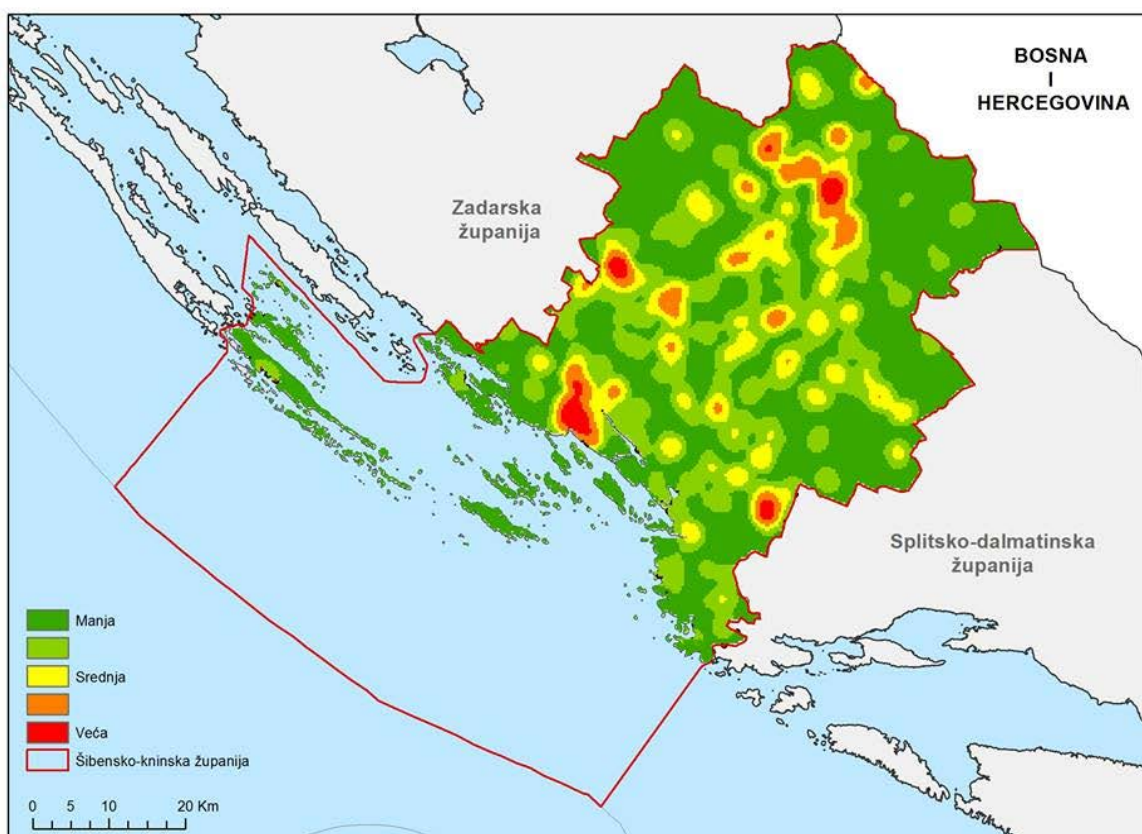
Izvor: DHMZ

4.2. Prostorna distribucija požara na istraživanom području

Funkcija računanja gustoće je temeljni koncept u statistici. Za određivanje gustoće požara korištena je Kernelova gustoća. „Primjenom Kernelovog algoritma određivanja prostorne gustoće točkastih objekata, bazirane na kvadratnoj Kernelovoj funkciji (Silverman, 1986) izračunat je ukupan broj jedinica unutar jedinične površine od 1 km². Kernelova gustoća računa broj promatranih jedinica unutar definiranog susjedstva (jedinične površine) oko tih objekata. Vrijednosti gustoće definirane su kao atribut za svaku pojedinu središnju ćeliju jedinične površine novog rastera” (Pahernik i Kereša, 2007, 47). Kernelova gustoća generira glatko zakrivljene površine oko svake točke. Izlazni raster razlikuje površine s visokom koncentracijom požara (crvena boja) i površine s niskom koncentracijom požara (zelena boja) (Ali Asgarya i dr., 2010) (sl. 7). Pri računanju Kernelove gustoće najutjecajniji parametar je veličina susjedstva (jedinična površina). Taj parametar kontrolira *glatkoću* procijenjene gustoće, odnosno koliko promatranih jedinica se nalazi unutar jedinične površine. Ukoliko se definira manja jedinična površina, prikaz gustoće je „grub”, odnosno

povezana je s vrlo malim brojem točkastih objekata. Pri definiranju veće jedinične površine prikaz gustoće je „gladak”, odnosno uključuje veći broj točkastih objekata te je radi toga i prikaz jasniji (Corcorana i dr., 2007).

Na temelju rezultata analize gustoće požara Šibensko-kninske županije mogu se uočiti zone visoke koncentracije požara (crvena boja) i zone niske koncentracije požara (zeleno boja) (sl. 7). Iz prikaza je vidljivo da su najugroženija područja zaleđe gradova Vodica i Šibenika, okolica Knina te okolica Žažvića, prije svega zbog antropogenog utjecaja koji se prema rezultatima istraživanja Netolicki i suradnika (2012) dokazao kao najutjecajniji čimbenik pri izbijanju požara. Na istraživanom području kao ključni čimbenici najviše se ističu velika koncentracija stanovništva tijekom ljetne sezone (Vodice i Šibenik), utjecaj blizine cesta te način iskorištavanja zemljišta (okolica Knina i Žažvića).



Sl. 7. Analiza gustoće požara na području Šibensko-kninske županije od 2010. do 2013. godine

5. ANALIZA MREŽE CESTA ŠIBENSKO-KNINSKE ŽUPANIJE

Primarna odgovornost vatrogasnih službi je brza intervencija u slučaju požara. Da bi se pružila učinkovita vatrogasna usluga, interventna postrojba mora u najkraćem vremenskom razdoblju doći do mjesta događaja (nesreće, požara, i sl.) uz dovoljno nužne opreme za spašavanje i/ili pružanje hitne medicinske pomoći. Pojavom modernog GIS softvera i računalne tehnologije, određivanje novih ili dislokacijskih vatrogasnih postrojbi može se odrediti s većim stupnjem točnosti (ESRI, 2007). Vrijeme je najvažniji faktor u vatrogastvu gdje je svaka sekunda važna za kvalitetno odrađenu intervenciju.

U vatrogastvu se razlikuju četiri ključne vremenske faze u zaštiti od požara:

- Prva faza obuhvaća vrijeme koje je potrebno da se zaprimi dojava o požaru, ustvrdi gdje je točna lokacija te odredi koliko je resursa potrebno da se spriječi opasnost (ESRI,2007).
- Druga faza se odnosi na vrijeme koje je potrebno da vatrogasne interventne jedinice budu spremne za kretanje na teren (ESRI, 2007). Prema Pravilnicima o organizaciji složenih intervencija, u roku od 60 sekundi je obavezan izlazak vozila iz garaža (URL 8).
- Treća faza se odnosi na standardno vrijeme za intervenciju, tj. na vrijeme koje je potrebno da vatrogasna vozila dođu do mjesta intervencije (ESRI, 2007). U svrhu što djelotvornijih organizacija intervencija i zaštite od požara, ova faza se smatra ključnom te služi kao osnova za ovo istraživanje. Standardno vrijeme koje je potrebno vatrogasnim postrojbama za intervenciju je određeno Pravilnikom o osnovama organiziranosti vatrogasnih postrojbi na teritoriju Republike Hrvatske, gdje u članku 19. stoji: „Razmještaj vatrogasnih postrojbi na teritoriju Republike Hrvatske treba biti takav, da se dolazak vatrogasne postrojbe na intervenciju do najudaljenijeg mjesta područja koje se štiti, svede na dopuštenu granicu od petnaest minuta” (URL 5). Iz tog razloga je u radu korišten vremenski interval od 5 minuta (zeleno područje), 10 minuta (žuto područje) i 15 minuta (crveno područje) (sl. 11).
- Četvrta faza se odnosi na vrijeme potrebno da vatrogasne interventne jedinice postavu svu opremu i pripreme se za gašenje požara (ESRI, 2007).

Za što efikasnije djelovanje vatrogasnih postrojbi na terenu od velikog je značenja i cestovna mreža, stoga je u prostornoj analizi u GIS-u posebna pažnja posvećena upravo ulozi cestovne mreže na istraživanom prostoru Šibensko-kninske županije.

5.1. Analiza postojećeg dohvata standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi na istraživanom području

GIS alati omogućuju vizualizaciju podataka koji su rezultat prostornih analiza, što uključuje i izradu kartografskog prikaza prostornog i vremenskog dohvata vatrogasnih postrojbi, odnosno prikaza standardnog vremena za intervenciju. No prije toga, potrebno je izraditi model (simulaciju) prave cestovne mreže (ESRI, 2007). Prije stvaranje modela cestovne mreže postoje dva početna koraka.

Prvi korak započinje uređivanjem atributivnih podataka linijskom sloju cesta, preuzetom iz Državne uprave za zaštitu i spašavanje. U atributivnoj tablici moraju se nalaziti za analizu nužni parametri relevantni za stvaranje modela cestovne mreže, a to su dopuštena brzina kretanja i duljina ceste u kilometrima (sl. 8).

OBJECTID *	Shape *	TIP	KOD	BROJ CESTE	Brzina km h	TF Minutes	FT Minutes	M min	Shape Length
1	Polyline	Autocesta	1	A 1	80	1,274016	1,274016	1333,333333	1030,91311
2	Polyline	Autocesta	1	A 1	80	1,559662	1,559662	1333,333333	2079,94693
3	Polyline	Autocesta	1	A 1	80	0,390093	0,390093	1333,333333	520,22340
4	Polyline	Autocesta	1	A 1	80	0,779402	0,779402	1333,333333	1039,40227
5	Polyline	Autocesta	1	A 1	80	27,56521	27,56521	1333,333333	36760,65090
6	Polyline	Autocesta	1	A 1	80	1,164516	1,164516	1333,333333	1549,70552
7	Polyline	Lokalna cesta	5		40	2,333301	2,333301	666,666667	1542,23135
8	Polyline	Lokalna cesta	5		40	3,322549	3,322549	666,666667	2215,45668
9	Polyline	Lokalna cesta	5		40	0,171829	0,171829	666,666667	114,57430
10	Polyline	Lokalna cesta	5		40	0,361355	0,361355	666,666667	240,94946
11	Polyline	Lokalna cesta	5		40	4,147508	4,147508	666,666667	2765,53487
12	Polyline	Lokalna cesta	5		40	2,516358	2,516358	666,666667	1677,89320
13	Polyline	Lokalna cesta	5		40	8,295799	8,295799	666,666667	2353,23492
14	Polyline	Državna cesta	3	D 8	60	2,282234	2,282234	1000	56,89246
15	Polyline	Državna cesta	3	D 8	60	1,479784	1,479784	1000	843,9057
16	Polyline	Lokalna cesta	5		40	0,470002	0,470002	666,666667	313,39460
17	Polyline	Lokalna cesta	5		40	2,021077	2,021077	666,666667	1347,64264
18	Polyline	Lokalna cesta	5		40	0,455199	0,455199	666,666667	303,5241
19	Polyline	Lokalna cesta	5		40	0,298086	0,298086	666,666667	198,76186
20	Polyline	Državna cesta	3	D 8	60	1,330332	1,330332	1000	1330,58646
21	Polyline	Županijska cesta	4		50	3,078325	3,078325	833,333333	2565,76199
22	Polyline	Državna cesta	3	D 8	60	0,614999	0,614999	1000	615,11708
23	Polyline	Neklasificirana	6		30	1,896412	1,896412	500	1,68540
24	Polyline	Državna cesta	3	D 8	60	0,415325	0,415325	1000	415,40404
25	Polyline	Lokalna cesta	5		40	1,470708	1,470708	666,666667	980,65992
26	Polyline	Lokalna cesta	5		40	1,268836	1,268836	666,666667	512,62292
27	Polyline	Državna cesta	3	D 8	60	2,862196	2,862196	1000	2862,74390

Sl. 8. Atributivna tablica sloja (*shapefilea*) „Ceste_2“

Na području Šibensko-kninske županije pojavljuju se pet kategorija cesta, i to: autocesta, državna cesta, županijska cesta, lokalna cesta i ostale ceste (neklasificirane ceste i petlje) (sl. 9). Osim kategorija cesta, sloju cesta u atributivnoj tablici uređena je i brzina kretanja koja je izražena u km/h. Na autocesti minimalna brzina kretanja iznosi 80 km/h, na državnoj cesti 60 km/h, na županijskoj 50 km/h, na lokalnoj 40 km/h, dok na ostalim cestama ona iznosi 30 km/h (URL 10).

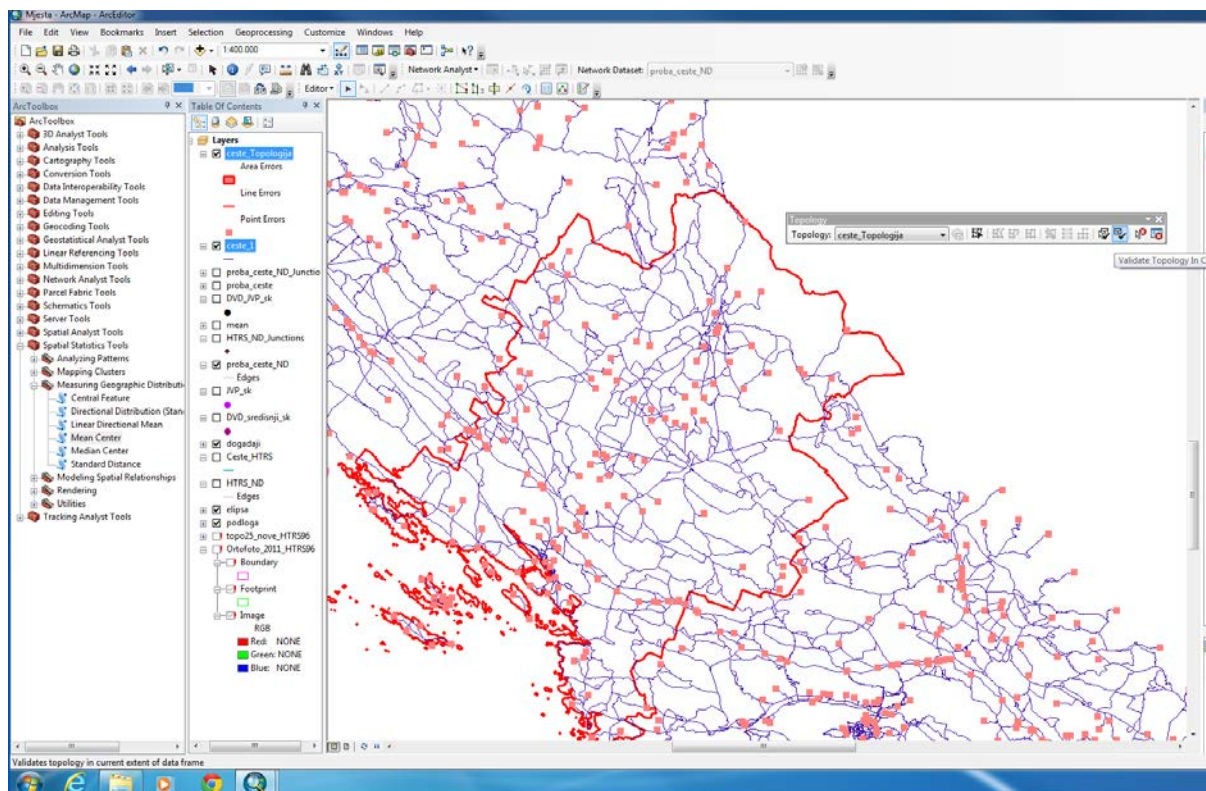


Sl. 9. Cestovna mreža Šibensko-kninske županije (2013.)

Drugi korak prije stvaranja modela cestovne mreže, obuhvaća uređenje topologije sloja cesta. Topologija je uređena na temelju dva uvjeta, i to tako da se označi mjesto:

1. gdje se linije, odnosno ceste sijeku
2. gdje je završetak linije (ceste) (sl. 10).

Označena mjesta se provjeravaju i ispravljaju pogreške. Za provjeru topologije koristila se topografska karta Republike Hrvatske mjerila 1 : 25 000.

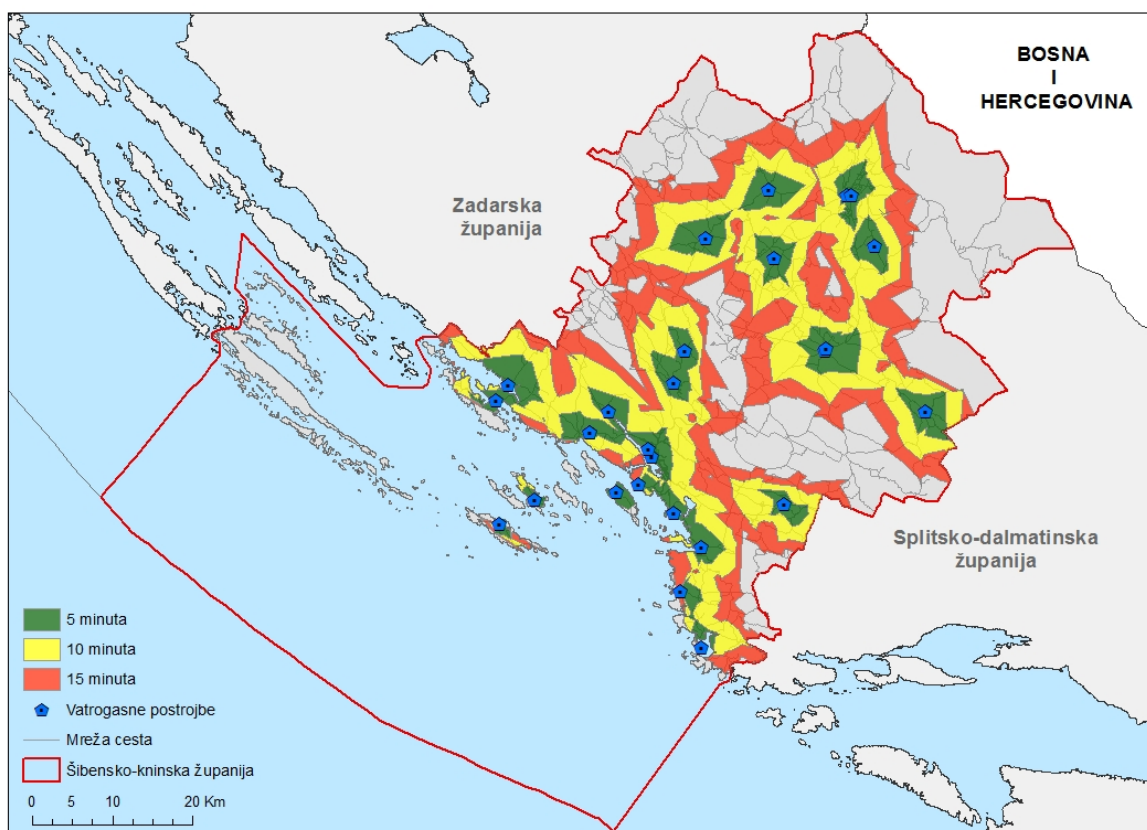


Sl. 10. Primjer uređivanja topologije mreže cesta Šibensko-kninske županije u ArcMap-u

Nakon uređivanja topologije, izrađuje se *New Network Dataset* koji predstavlja model (simulaciju) cestovne mreže, koja služi kao osnova za daljnju analizu. Takav mrežni model sadrži informacije o jednosmjernim ulicama, zabranama polukružnih okretanja te pozicije nadvožnjaka/podvožnjaka. Važno je još jednom napomenuti da je stvoreni *Network Dataset* samo reprezentacija cestovne mreže.

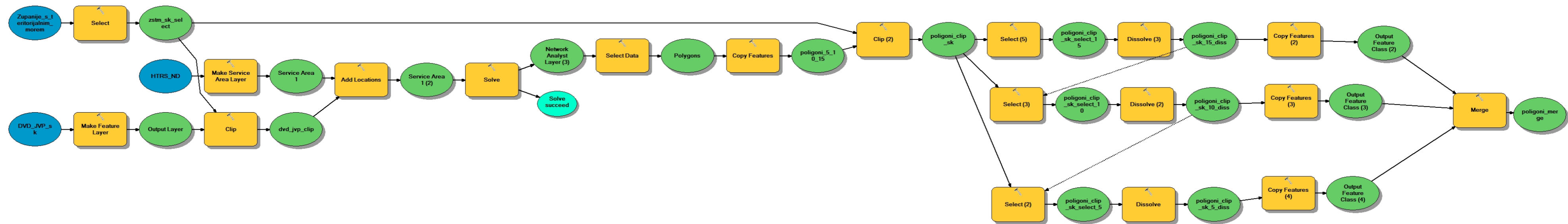
Za prikaz postojećeg stanja standardnog vremena potrebnog za intervenciju vatrogasnih postrojbi u Šibensko-kninskoj županiji korišten je *ModelBuilder* (sl. 12). *ModelBuilder* je vizualni programski jezik koji omogućuje prikaz tijeka obrade podataka. „*ModelBuilder* je sučelje koje omogućuje grafičku okolinu za izradu i implementaciju modela za geoprocesiranje. Kreirani modeli sadrže alate i dijagrame tijekom obrade podataka” (URL 3).

Alat kojim se dobiva prikaz standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi je *New Service Area*. Izlazni poligon obuhvaća područje na cestovnoj mreži, odnosno sve ulice i ceste, do kojeg je moguće doći u nekom zadanom vremenskom intervalu, odnosno u intervalu od 5, 10 i 15 minuta (sl. 11). Ovaj alat je koristan jer se iz izlaznih poligona može uvidjeti koliko je stanovnika i požara te kolika je površina obuhvaćena zadanim vremenskim parametrima.



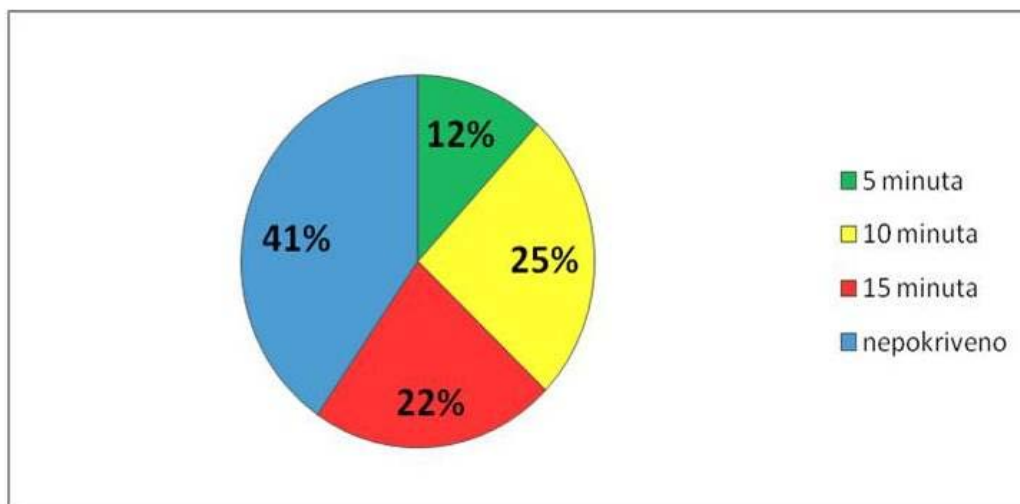
Sl. 11. Područje dohvata vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije

U modelu, osim alata *New Service Area*, za uređivanje poligona standardnog vremena za intervenciju postrojbi korišteni su i alati *Selection*, *Clip*, *Dissolve*, *Merge* i *Erase* (sl. 12). Alat *Selection* korišten je za odabir podataka, *Clip* za izrezivanje dobivenih podataka po granicama županije, *Dissolve* za stapanje poligona istih vrijednosti, *Merge* spajanje poligona u isti sloj, a *Erase* za izrezivanje poligona jednih vrijednosti iz poligona drugih vrijednosti.



Sl. 12. Model standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi, 5, 10 i 15 minuta

Na području Šibensko-kninske županije trenutno djeluje 27 vatrogasnih postrojbi, od čega su 23 Dobrovoljna vatrogasna društva (DVD), a četiri su Javne vatrogasne postrojbe (JVP). Prema analizi standardnog vremena vatrogasnih postrojbi za intervenciju, unutar 15 minuta pokriveno je ukupno 1778,71 km² površine županije, odnosno 59,4 % kopnene površine županije. Od toga na 5 minuta otpada 12 % kopnene površine županije, na 5-10 minuta 25 % kopnene površine županije, a na 10-15 minuta 22 % kopnene površine županije, dok je nepokriveno čak 41 % kopnenog teritorija županije (sl. 13).



Sl. 13. Standardno vrijeme potrebno za intervenciju vatrogasnih postrojbi i udio površine koju obuhvaća

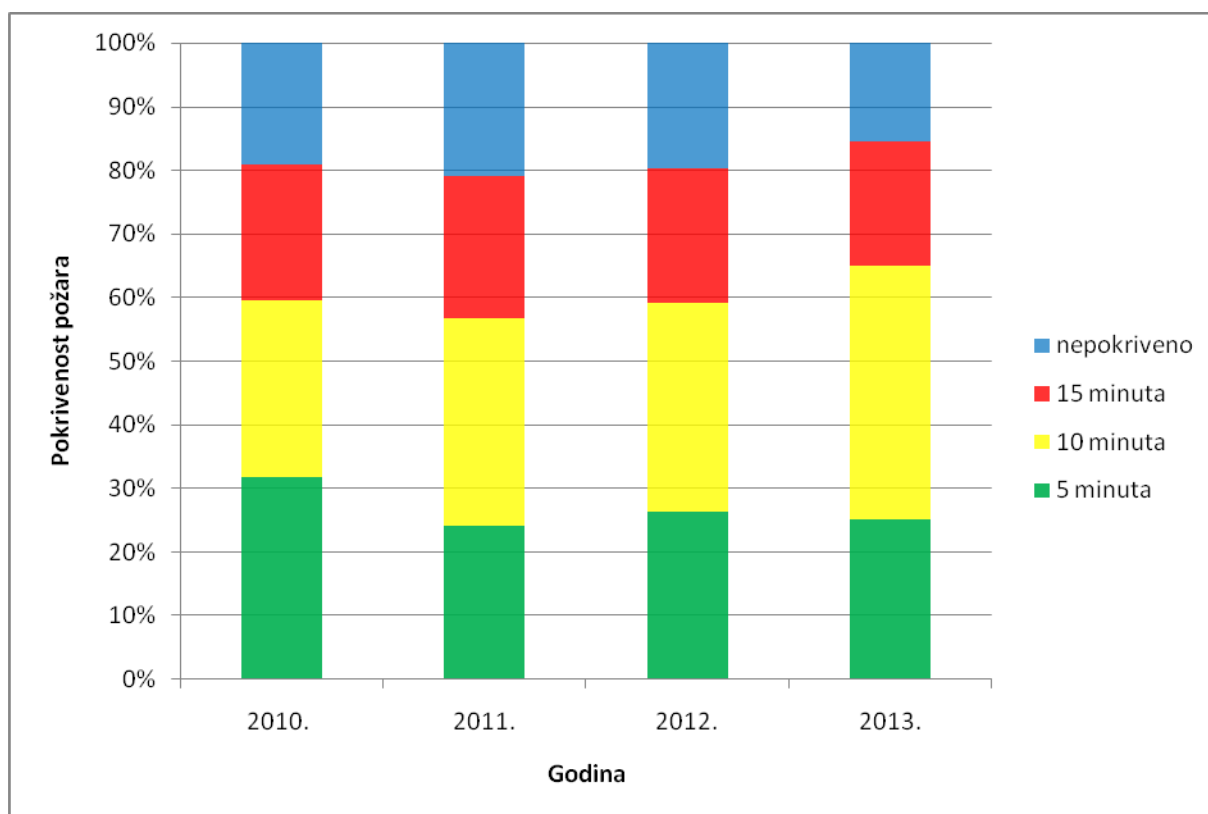
Analizom standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi te broja naselja i njihovog stanovništva dobiveni su sljedeći rezultati: vatrogasne postrojbe od ukupno 196 naselja Šibensko-kninske županije unutar standardnog vremena od 15 minuta pokrivaju njih 149, odnosno 76 % naselja županije. Prema Popisu stanovništva iz 2011. godine, sa 27 vatrogasnih postrojbi unutar 5 minuta pokriveno je 40 naselje i 83 451 stanovnika, unutar 5-10 minuta 51 naselja i 16 530 stanovnika, dok je unutar 10-15 minuta pokriveno 56 naselja i 10 858 stanovnika (tab. 2).

Tab. 2. Standardno vrijeme za intervenciju vatrogasnih postrojbi, broj naselja i broj stanovnika (2011.)

Minuta	Broj naselja	Broj stanovnika
5	40	83 451
5-10	51	16 530
10-15	56	10 858

Izvor: Popis stanovništva 2011., DZS

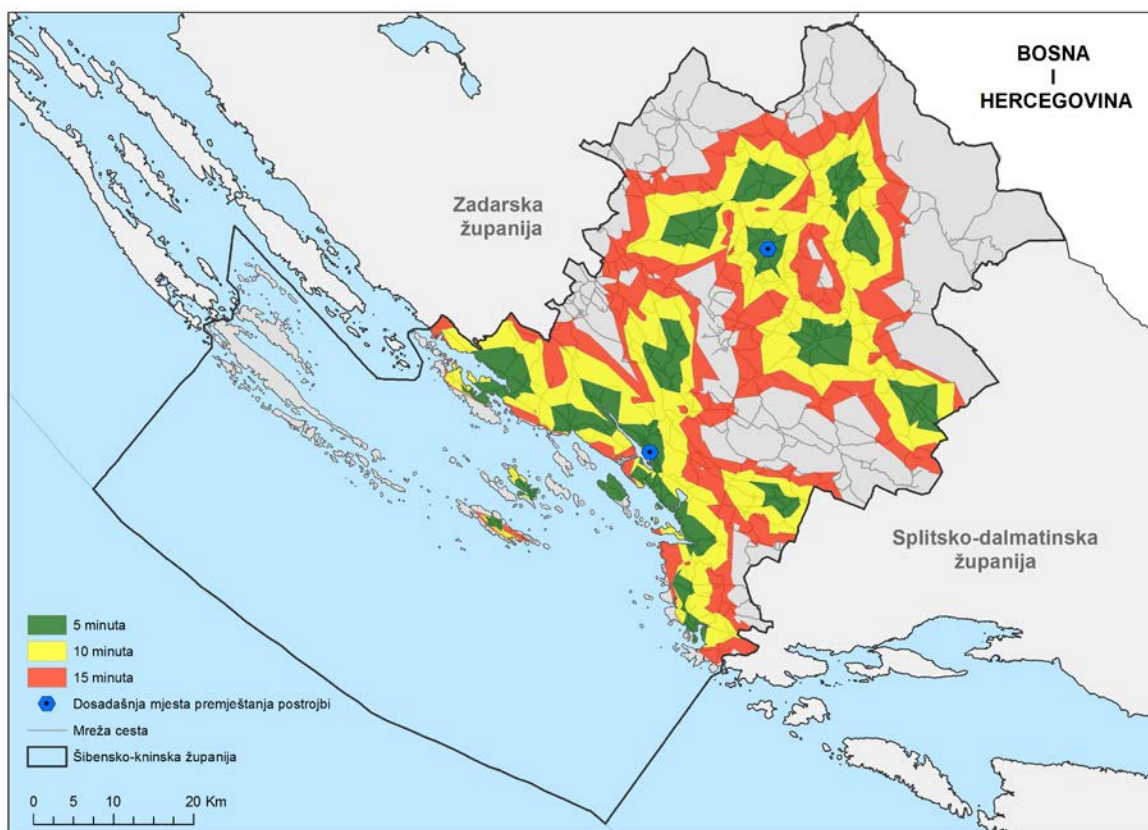
Analizirajući požare i standardno vrijeme za intervenciju vatrogasnih postrojbi od 5, 10 i 15 minuta u Šibensko-kninskoj županiji dolazi se do sljedećih rezultata (sl. 14). Godine 2010. najveći broj požara (32 %) ulazi u vremenski obuhvat od 5 minuta, dok najmanji udio od 19 % otpada na nepokrivene požare. Situacija je nešto drugačija 2011. godine, kada se najveći broj požara dogodio unutar 5-10 minuta (33 %), a povećava se i udio nepokrivenih požara, odnosno požara koji se događaju van standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi od 15 minuta na čak 21 %. Godine 2012. najveći broj požara pokriva vremensko razdoblje od 5-10 minuta (33 %) i 5 minuta (26 %), dok 2013. godine najveći broj požara spada u kategoriju od 5-10 minuta i to njih gotovo 40 %. Te iste godine, dogodio se i najmanji broj požara van standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi, svega 15 %. Gledajući sveobuhvatno, odnosno sve četiri istraživane godine zajedno, unutar 15 minuta pokriveno je 81 % požara. Na temelju navedenog može se zaključiti da je u četiri istraživane godine bilo svega 19 % požara koji su smješteni van standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi. Najveći broj požara ulazi u vremenski dohvat od 5-10 minuta, što je prema rezultatima bilo i za očekivati (sl. 14).



Sl. 14. Pokrivenost požara (u %) unutar standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi od 5, 10 i 15 minuta (2010. – 2013.)

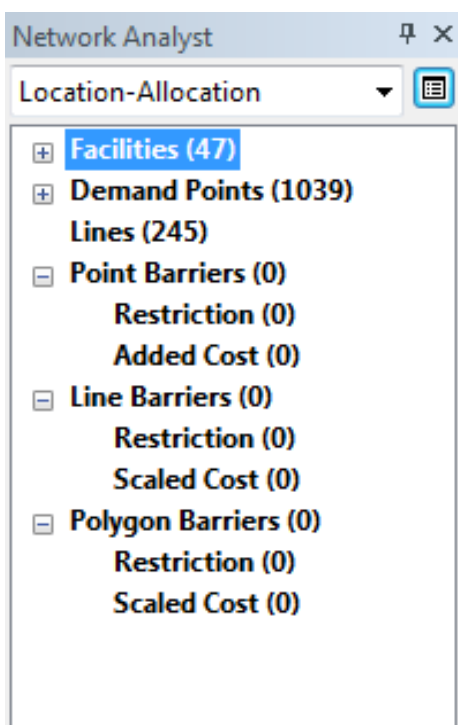
5.2. ANALIZA MJESTA SEZONSKIH DISLOKACIJA VATROGASNIH POSTROJBI NA ISTRAŽIVANOM PODRUČJU

„Program aktivnosti u provedbi posebnih mjera zaštite od požara od interesa je za Republiku Hrvatsku i ima veliki značaj za cjelokupni sustav vatrogastva” (Szabo i dr., 2012, 37). Jedna od preventivnih i operativnih mjera zaštite od požara u požarnoj sezoni, koja traje od 1. lipnja do 1. listopada, je dislokacija vatrogasnih postrojbi. Naime, tijekom požarne sezone u primorskim županijama je povećan broj izbijanja požara. Time dolazi do povećanja opterećenja postojećih vatrogasnih postrojbi i potrebe provedbe dislokacije vatrogasnih postrojbi iz ostatka Hrvatske u krajeve gdje je to potrebno. Na području Šibensko-kninske županije do sada se prakticiralo dislocirati dvije vatrogasne postrojbe. Jedna je smještena na obali, točnije u Šibeniku, dok je druga smještena u unutrašnjosti, odnosno u Oklaju (sl. 15).



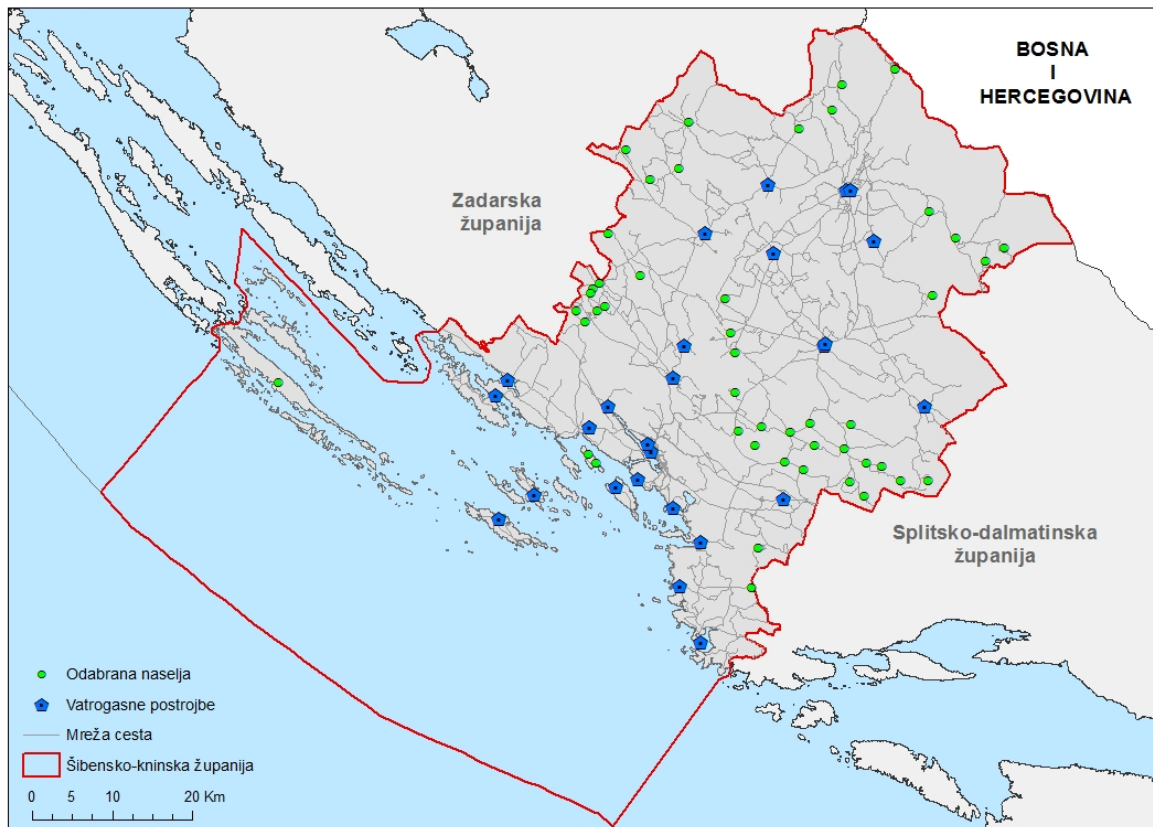
Sl. 15. Standardno vrijeme za intervenciju i dosadašnja mjesta sezonskih dislokacija u Šibensko-kninskoj županiji

Primarni cilj prostorne analize u GIS-u je odrediti potencijalna mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi i rezultate usporediti s dosadašnjim mjestima sezonskih dislokacija. Za ostvarenje zadanog cilja korišten je alat *Location-allocation* unutar ekstenzije *Network Analyst* (sl. 16). *Location-allocation* modeli koriste se da bi se odredila optimalna mjesta objekta iz skupa potencijalnih mjesta. Odabir optimalnog mjesta određuje se uz pomoću nekoliko mjera. Jedna od njih je bazirana na kilometarskoj i vremenskoj udaljenosti, a druga određuje koliko mjesta požara, na najučinkovitiji način (temeljem distribucije požara), dodijeliti svakom potencijalnom mjestu dislokacije (Algharib, 2011). Postoje dvije važne funkcije prilikom rješavanja pitanja odabira optimalnog mjesta za dislokaciju: *allocation rules* i *objective functions*. *Allocation rules* pridružuju mjesta dosadašnjih požara, koji su obuhvaćeni unutar zadanog vremenskog intervala, potencijalnim mjestima dislokacije, dok *objective functions* utječu na optimalan odabir položaja potencijalnih mjesta dislokacije s obzirom na upotrebu različitih metoda (algoritama) za dislokaciju unutar alata *Location-allocation* (Algharib, 2011).



Alat *Location-allocation* uključuje tri komponente (sl. 16): lokacije požara (*Demand points*), potencijalna mjesta za dislokaciju (*Facilities*) te matricu udaljenosti i vremena putovanja između potencijalnih mjesta i lokacija požara (*Lines*). Prema prostornoj raspodjeli požara određuje se dislokacija vatrogasnih postrojbi. Potencijalna mjesta predstavljaju naselja koja su prema određenom kriteriju odabrana za moguću dislokaciju vatrogasnih postrojbi, odnosno naselja koja se nalaze izvan prostornog i vremenskog dohvata standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi (sl. 17). Na temelju toga odabrano je 47 naselja (tab. 3), između kojih su izdvojena ona naselja koja pokrivaju najveći broj požara u zadanom vremenskom intervalu.

Sl. 16. Komponente alata *Location-allocation*



Sl. 17. Postojeće vatrogasne postrojbe i odabrana naselja u koje je moguće smjestiti sezonsku dislokacijsku vatrogasnu postrojbu u Šibensko-kninskoj županiji

Tab. 3. Odabrana naselja u koja je moguće smjestiti sezonsku dislokacijsku vatrogasnu postrojbu i broj stanovnika 2011. godine

Naselje	Broj stanovnika (2011.)	Naselje	Broj stanovnika (2011.)
Biovičino Selo	223	Lađevci	112
Bogatić	94	Ljubostinje	60
Brištane	174	Međare	6
Cera	53	Mirlović Zagora	387
Cetina	195	Modrino Selo	47
Cicvare	18	Nevest	103
Civljane	44	Ostrogašica	47
Čista Mala	119	Oton	164
Čista Velika	472	Parčić	22
Čvrljevo (Šibenik)	64	Plavno	253
Čvrljevo (Unešić)	81	Podumci	91
Danilo Kraljice	104	Polača	210
Donje Utore	16	Prvić Luka	164
Drinovci	164	Prvić Šepurine	239
Ervenik	287	Radljevac	75
Goriš	147	Radonić (Drniš)	412
Gornje Planjane	166	Radonić (Šibenik)	79
Gornje Utore	64	Strmica	261
Gošić	46	Štikovo	45
Kijevo	417	Unešić	320
Kornati	19	Visoka	52
Krković	189	Vrsno	67
Krnjeuve	74	Žažvić	30

Izvor: Popis stanovništva 2011., DZS

Nakon određivanja potrebnih komponenti – *facilities* i *demand points*, u ArcGIS softveru na raspolaganju je šest metoda za odabir potencijalnih mjesta za premještaj postrojbi: *Minimize Impedance*, *Maximize Coverage*, *Minimize Facilities*, *Maximize Attendance*, *Maximize Market Share* i *Target Market Share*. U radu je prikazan kratki opis prve četiri metode s obzirom da ostale dvije uzimaju u obzir konkurentnost, a vatrogasne postrojbe nisu u konkurenciji jedna s drugom, već se međusobno nadopunjuju.

Minimize Impedance metoda odabire mjesta iz skupa potencijalnih mjesta na način da je ukupni zbroj kilometarske i vremenske udaljenosti minimaliziran, odnosno da je ukupna udaljenost između požara i potencijalnih mjesta za dislokaciju što manja (URL 6). *Maximize Coverage* metoda odabire mjesta iz skupa potencijalnih mjesta koja će pokriti što je više moguće požara unutar zadanog vremena za intervenciju (URL 6). *Minimize Facilities* metoda odabire minimalan broj mjesta iz skupa potencijalnih mjesta koje pokrivaju koliko je moguće više požara unutar zadanog vremenskog perioda (URL 6). *Maximize Attendance* metoda odabire mjesta iz skupa potencijalnih mjesta, na način da se maksimalizira posjećenost, odnosno ova metoda obuhvaća maksimalan broj požara koje postrojba pokriva u zadanom vremenskom razdoblju. Metoda je bazirana na pretpostavci da se interakcija između postrojbe i požara smanjuje s povećavanjem udaljenosti među njima (URL 6), i kao takva pokazala se kao najbolje rješenje za određivanje sezonskih dislokacijskih vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije.

Od četiri opisane metode, metoda *Minimize Impedance* odabire optimalne lokacije bazirane samo na temelju najmanje ukupne udaljenosti, dok ostale tri metode nastoje birati optimalna mjesta u blizini područja s najvećom gustoćom požara. S obzirom da je u interesu da se optimalna mjesta postrojbe nalaze u području s većom gustoćom požara, prva metoda je eliminirana. *Maximize Coverage* metoda se naizgled čini pogodna za analizu, no rezultati koji su dobiveni nisu zadovoljavajući jer predložene optimalne lokacije postrojbi pokrivaju požare koji se već nalaze u dohvat postojećih vatrogasnih postrojbi. *Minimize Facilities* metodom korisnik ne može sam odabrati broj mjesta koji želi, već softver određuje taj broj. Upotrebom ove metode u našem istraživanju softver je odabrao osam naselja za dislokaciju što nikako nije financijski isplativo i izvedivo. Unutar *Maximize Attendance* metode korisnik sam zadaje željeni vremenski interval i sam bira broj mjesta koje će softver odabrati iz skupa potencijalnih mjesta dislokacije te se kao takva ova metoda pokazala najboljom za određivanje mjesta sezonskih dislokacija vatrogasnih postrojbi na istraživanom području.

Svake godine donosi se novi „*Program aktivnosti u provedbi posebnih mjera zaštite od požara od interesa za Republiku Hrvatsku*”, koji sadrži i, kako je već prije napomenuto, jednu od preventivnih i operativnih mjera zaštite od požara u protupožarnoj sezoni – dislokaciju vatrogasnih postrojbi. Do sada se, zaključno sa 2013. godinom, na područje Šibensko-kninske županije prakticiralo dislocirati dvije vatrogasne postrojbe. Jedna je, kako je već istaknuto, bila smještena u Šibeniku, dok je druga bila u Oklaju. Broj dislociranih vatrogasnih postrojbi u nekoj županiji isključivo ovisi o financijskim sredstvima i

možnostima koje su namijenjene za ovakvu vrstu protupožarne mjere. S obzirom da su se do sada prakticirale dislocirati dvije vatrogasne postrojbe, i da je količina financijskih sredstava namijenjenih za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi promjenjiva, analiza je izrađena po principu $n \pm 1$. Ukoliko bi došlo do smanjenja financijskih sredstava namijenjenih za dislokaciju vatrogasnih postrojbi, dislokacijska vatrogasna postrojba bila bi smještena u Žažviću (rezultat 1) (sl. 18). Ukoliko bi broj dislokacijskih vatrogasnih postrojbi ostao isti, dislokacijske vatrogasne postrojbe bile bi smještene u Žažviću i Otonu (rezultat 2) (sl. 19), a ukoliko bi došlo do povećanja broja dislokacijskih vatrogasnih postrojbi, vatrogasne postrojbe bile bi smještene u Žažviću, Otonu i Radoniću (rezultat 3) (sl. 20). Na temelju toga, unutar *Maximize Attendance* metode, mijenja se broj traženih mjesta iz skupa potencijalnih mjesta za dislokaciju.

6. REZULTATI PROSTORNE ANALIZE

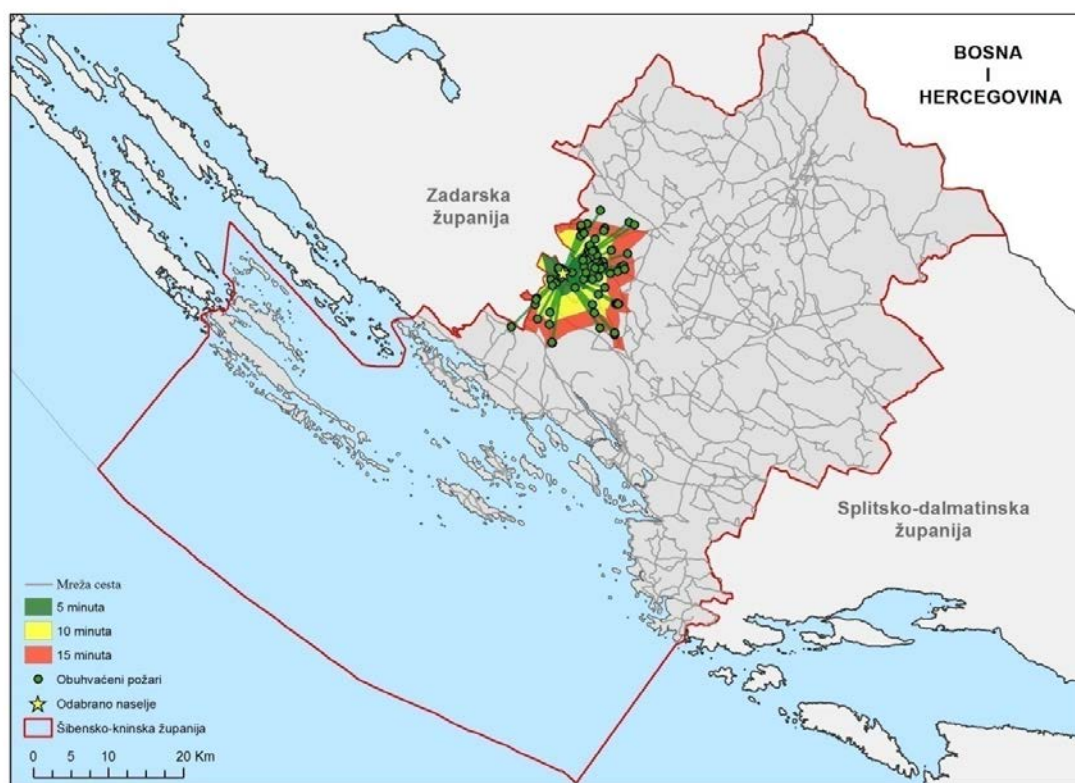
REZULTAT 1 - Žažvić

Ukoliko bi došlo do smanjenja financijskih sredstava namijenjenih za dislokaciju vatrogasnih postrojbi, kao primarno mjesto pogodno za dislokaciju vatrogasne postrojbe, dobiveno *Maximize Attendance* metodom, ističe se Žažvić (sl. 18). Na temelju dobivenih rezultata (tab. 4), vidljivo je da bi dislocirana vatrogasna postrojba u Žažviću unutar standardnog vremena za intervenciju pokrila 89 dosadašnjih požara, i to unutar 5 minuta 12 požara, od 5 do 10 minuta 40 požara, a od 10 do 15 minuta 37 požara. Unutar standardnog vremena za intervenciju smješteno je ukupno 24 naselja, od toga tri naselja su unutar 5 minuta, 10 naselja unutar 5 do 10 minuta, a 11 naselja je unutar 10 do 15 minuta. Dislocirana vatrogasna postrojba u Žažviću, prema Popisu stanovništva iz 2011. godine, pokrila bi 3328 stanovnika; tako unutar 5 minuta ulazi 54 stanovnika, od 5 do 10 minuta 1725 stanovnika, a od 10 do 15 minuta 1549 stanovnika. Novom dislokacijskom vatrogasnom postrojbom u Žažviću površina koja obuhvaća standardno vrijeme za intervenciju vatrogasnih postrojbi bila bi dodatno uvećana za 19,47 km² unutar 5 minuta, za 65,95 km² unutar 5 do 10 minuta i za 83,77 km² unutar 10 do 15 minuta.

Tab. 4. Pokrivenost broja požara, naselja, stanovnika i površine dislokacijskom vatrogasnom postrojbom u Žažviću

Minuta	Broj požara	Broj naselja	Broj stanovnika	Površina u km ²
5	12	3	54	19,47
5-10	40	10	1725	65,95
10-15	37	11	1549	83,77
Ukupno	89	24	3328	169,19

Izvor: Popis stanovništva 2011., DZS



Sl. 18. Područje dohvata dislokacijske vatrogasne postrojbe Žažvić (rezultat 1)

REZULTAT 2 – Žažvić i Oton

Ukoliko će se i dalje prakticirati premještanje dvije vatrogasne postrojbe na području Šibensko-kninske županije, unutar *Maximize Attendance* metode broj traženih mjesta iz skupa potencijalnih mjesta za dislokaciju povećava se na dva. Kao drugi rezultat uz dislociranu vatrogasnu postrojbu u Žažviću navodi se dislocirana vatrogasna postrojba u Otonu (sl. 19). Već se u rezultatu 1 navode sve karakteristike vezane za dislokacijsku vatrogasnu postrojbu u Žažviću, stoga se u rezultatu 2 navode samo karakteristike vezane za dislokacijsku vatrogasnu postrojbu u Otonu.

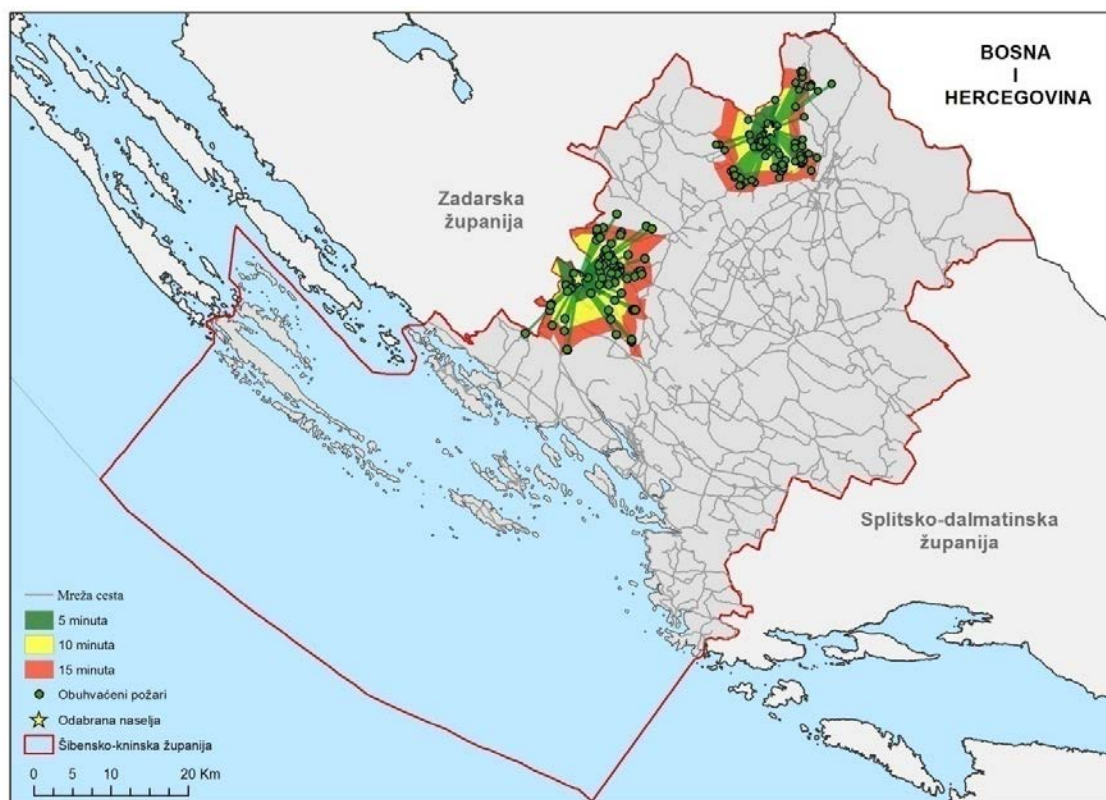
Dislocirana vatrogasna postrojba u Otonu ukupno bi pokrila 87 dosadašnjih požara (tab. 5). Od toga, unutar 5 minuta ulazi 26 požara, od 5 do 10 minuta 19 požara, a od 10 do 15 minuta 42 požara. S obzirom na dislokacijsku vatrogasnu postrojbu u Žažviću, dislokacijska vatrogasna postrojba u Otonu pokriva znatno manji broj naselja i stanovnika. Unutar 5 minuta pokriva dva naselja, unutar 5 do 10 minuta jedno naselje, dok unutar 10 do 15 minuta četiri naselja, što bi značilo da ukupno pokriva tek sedam naselja. S druge strane, u tih sedam naselja živi 1674 stanovnika, i to unutar 5 minuta 339 stanovnika, unutar 5 do 10 minuta 144

stanovnika, a unutar 10 do 15 minuta 1191 stanovnik. Novom dislokacijskom vatrogasnom postrojbom u Otonu površina koja obuhvaća standardno vrijeme za intervenciju vatrogasnih postrojbi bila bi dodatno uvećana za 19,45 km² unutar 5 minuta, za 44,71 km² unutar 5 do 10 minuta i za 69,92 km² unutar 10 do 15 minuta.

Tab. 5. Pokrivenost broja požara, naselja, stanovnika i površine dislokacijskom vatrogasnom postrojbom u Otonu

Minuta	Broj požara	Broj naselja	Broj stanovnika	Površina u km ²
5	26	2	339	19,45
5-10	19	1	144	44,71
10-15	42	4	1191	69,92
Ukupno	87	7	1674	134,08

Izvor: Popis stanovništva 2011., DZS



Sl. 19. Područje dohvata dislokacijske vatrogasne postrojbe Žažvić i Oton (rezultat 2)

REZULTAT 3 – Žažvić, Oton i Radonić

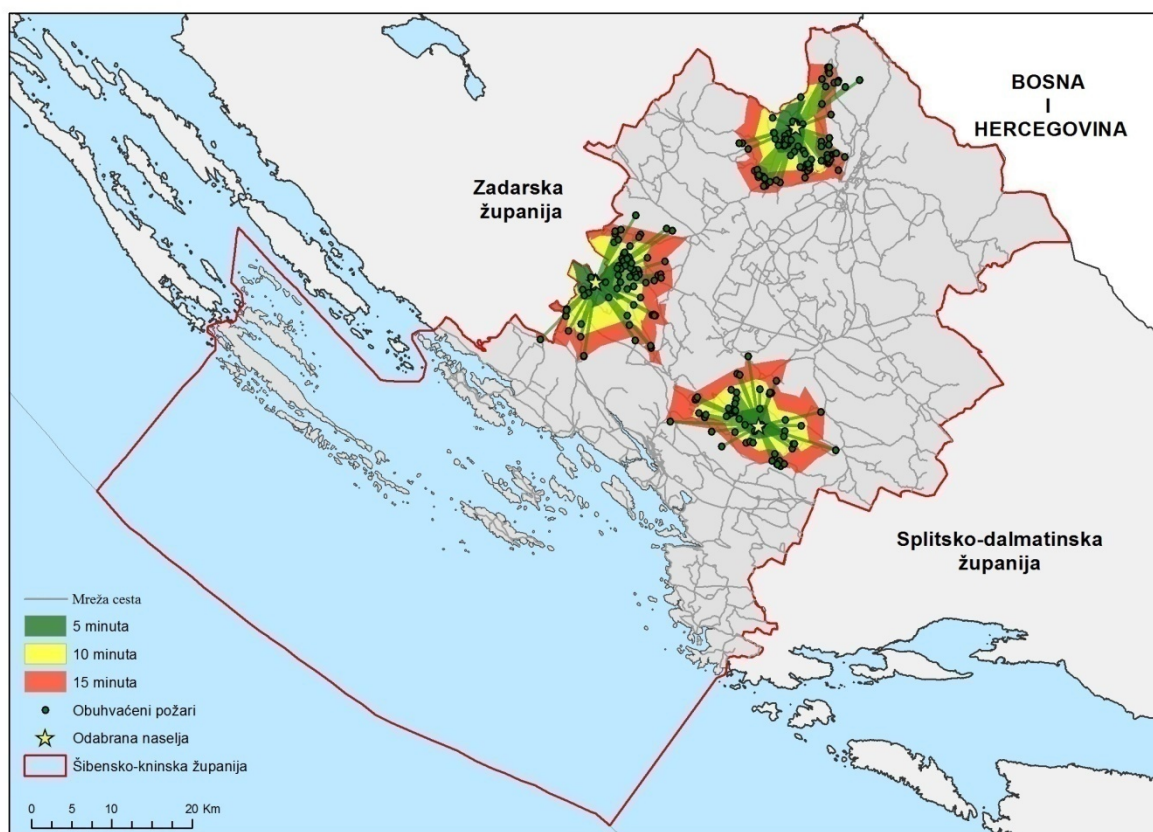
Ukoliko bi došlo do povećanja sredstava namijenjenih za sezonsku dislokaciju, javlja se mogućnost premještanja i treće sezonske dislokacijske vatrogasne postrojbe. Stoga se unutar *Maximize Attendance* metode povećao broj traženih mjesta iz skupa potencijalnih mjesta za dislokaciju na tri. Kao rezultat treće dislokacijske vatrogasne postrojbe navodi se Radonić (sl. 20). Već se u rezultatu 1 i rezultatu 2 opisuju karakteristike dislociranih vatrogasnih postrojbi u Žažviću i Otonu, stoga su u rezultatu 3 prikazane samo karakteristike dislokacijske vatrogasne postrojbe u Radoniću.

Sezonska dislokacijska vatrogasna postrojba u Radoniću pokriva 55 dosadašnja požara, od toga unutar 5 minuta je njih 10, unutar 5 do 10 minuta 25, a unutar 10 do 15 minuta 20. Osim toga, vatrogasna postrojba u Radoniću bi pokrila čak 16 naselja u kojima prema Popisu iz 2011. godine živi 3168 stanovnika. Unutar 5 minuta nalaze se dva naselja sa ukupno 918 stanovnika, unutar 5 do 10 minuta sedam naselja sa ukupno 1305 stanovnika, dok se unutar 10 do 15 minuta nalaze također sedam naselja, ali sa ukupno 945 stanovnika. Površina koja obuhvaća standardno vrijeme potrebno za intervenciju vatrogasnih postrojbi, s novom, trećom, dislokacijskom postrojbom povećava se za 163,39 km². Površina standardnog vremena od 5 minuta povećana je za 15,24 km², od 5 do 10 minuta za 59,64 km², dok je površina od 10 do 15 minuta povećana za 88,51 km² (tab. 6).

Tab. 6. Pokrivenost broja požara, naselja, stanovnika i površine dislokacijskom vatrogasnom postrojbom u Radoniću

Minuta	Broj požara	Broj naselja	Broj stanovnika	Površina u km ²
5	10	2	918	15,24
5-10	25	7	1305	59,64
10-15	20	7	945	88,51
Ukupno	55	16	3168	163,39

Izvor: Popis stanovništva 2011., DZS

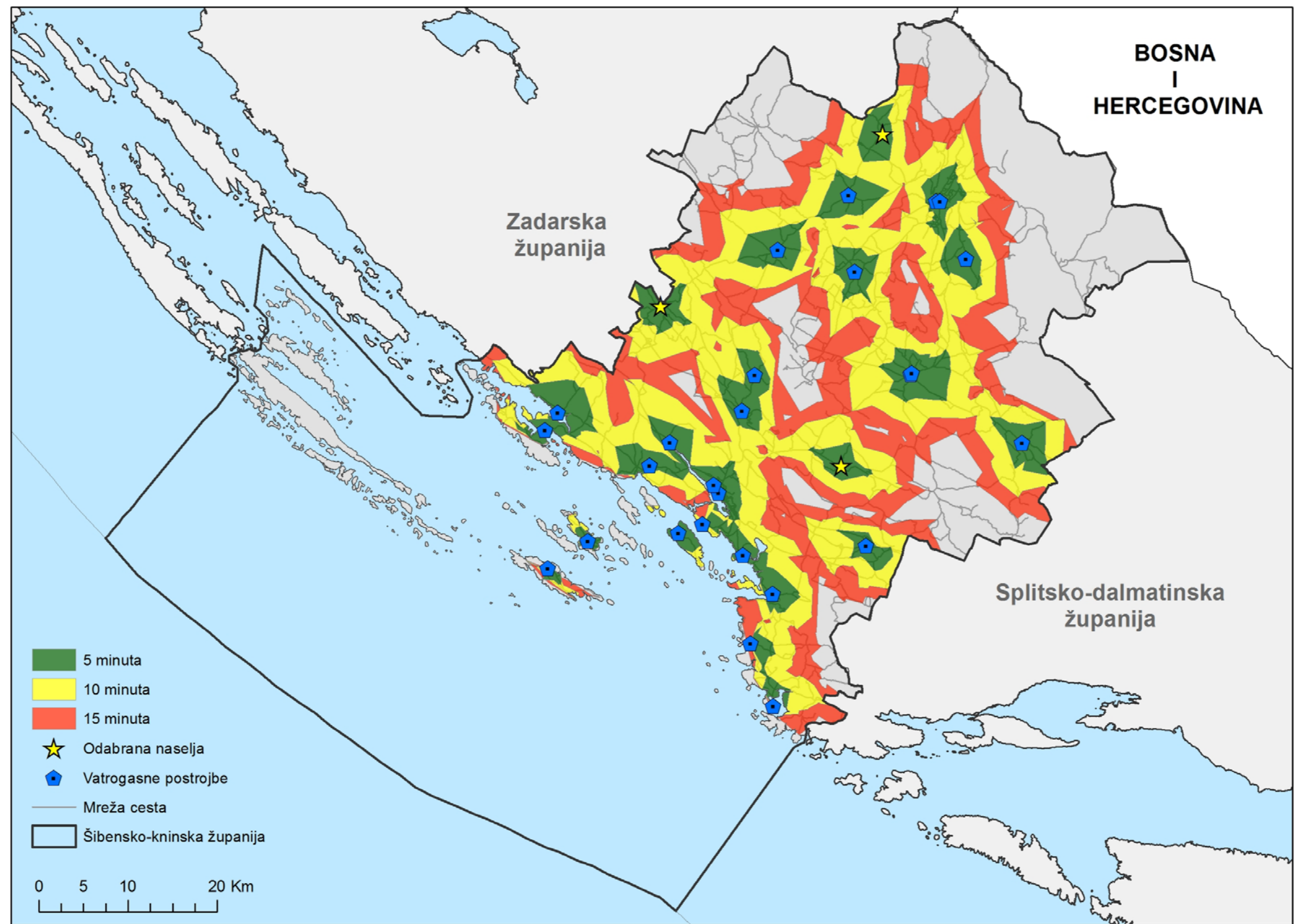


Sl. 20. Područje dohvata dislokacijske vatrogasne postrojbe Žažvić, Oton i Radonić (rezultat 3)

Sveukupno gledano, novim sezonskim dislokacijskim postrojbama u Žažviću, Otonu i Radoniću (sl. 21) dodatno bi se osigurao prostor Šibensko-kninske županije za 466,67 km², odnosno kada se uzme u obzir međusobno preklapanje utjecaja vatrogasnih postrojbi za 218,43 km². Time bi se ukupna pokrivenost kopnenog dijela županije sa 59,4 % povećala na 66,71 % – točnije za 7,31 % (tab. 7).

Tab. 7. Usporedba površina dohvata bez sezonskih dislokacijskih vatrogasnih postrojbi i sa sezonskim dislokacijskim vatrogasnim postrojbama

Minuta	Bez sezonskih dislokacijskih vatrogasnih postrojbi (u km ²)	Sa sezonskim dislokacijskim vatrogasnim postrojbama (u km ²)
5	353,29	407,44
5-10	755,09	904,35
10-15	670,33	685,35
Ukupno	1778,71	1997,14



Sl. 21. Područje dohvata postojećih vatrogasnih postrojbi i sezonskih dislokacijskih vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije

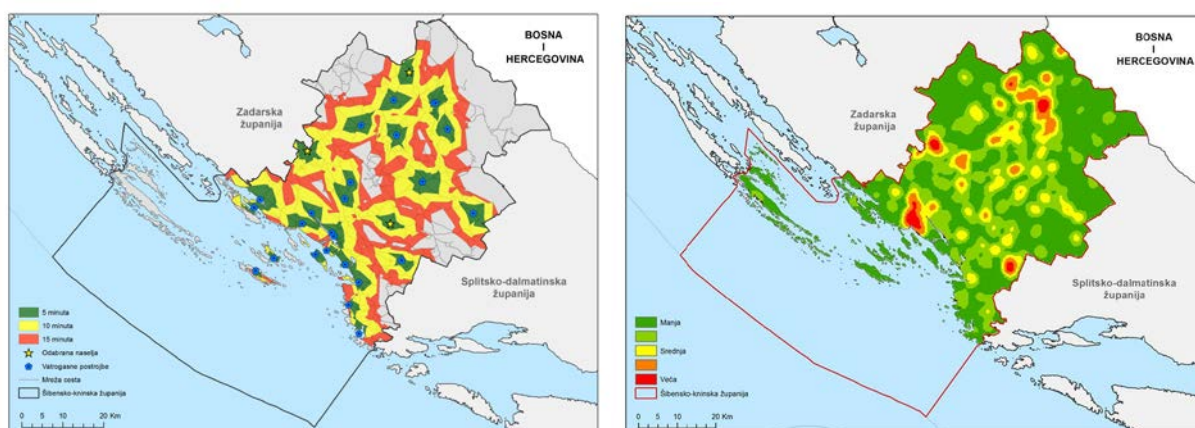
7. RASPRAVA

Istraživanjem i prostornom analizom u GIS-u ostvareni su glavni ciljevi rada. Opisano je postojeće stanje vremenskog dohvata vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije. Na temelju opisa i prostorne analize dat je prijedlog potencijalnih mjesta za nove sezonske dislokacije vatrogasnih postrojbi, koje će doprinijeti boljoj pokrivenosti što više lokacija dosadašnjih požara, čime bi se zaštitio što veći broj stanovnika i pokrila što veća površina nezaštićenog dijela županije.

Na znanstvenoj razini do sada nije provedena cjelovita prostorna analiza određivanja mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi na području Republike Hrvatske, ali ni na području Šibensko-kninske županije. Stoga, rad ima veliku aplikativnu vrijednost jer je njime dat prijedlog modela za određivanje mjesta sezonskih dislokacija vatrogasnih postrojbi koji, osim na lokalnoj razini, može biti osnova za buduće prostorne analize i na državnoj razini. Rad ujedno doprinosi kvalitetnijem planiranju i djelovanju u prostoru.

8. ZAKLJUČAK

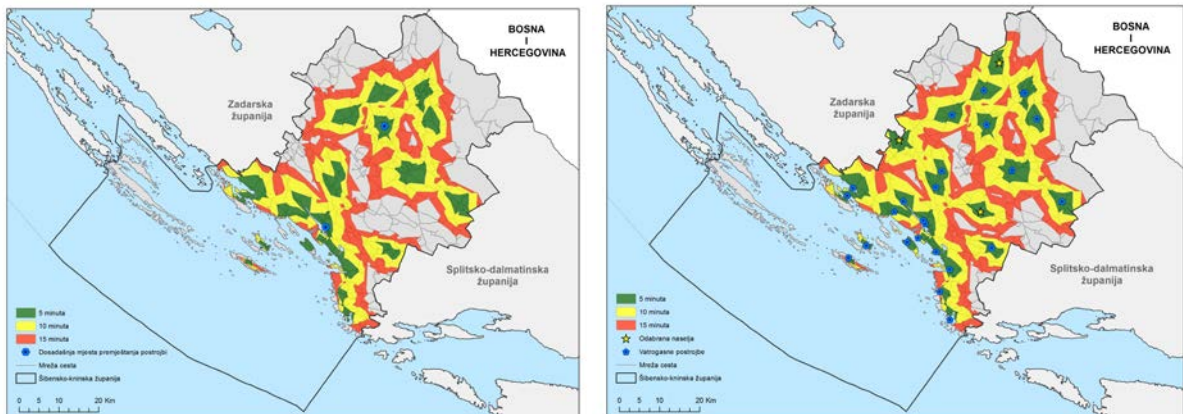
Nakon provedene analize prostornog uzorka požara prva hipoteza *Gustoćom požara ne može se odrediti točno mjesto dislokacije vatrogasnih postrojbi*, se potvrđuje. Prema dobivenim rezultatima analize gustoće požara u Šibensko-kninskoj županiji može se zaključiti da ovakva vrsta analize nije pogodna za ostvarivanje primarnog cilja ovoga rada, tj. za određivanje mjesta sezonske dislokacije vatrogasnih postrojbi (sl. 22). Iz prikaza gustoće požara može se zaključiti u kojim dijelovima županije je koncentriran veći broj požara, te koja su područja najugroženija. Međutim, iz prikaza gustoće ne može se i odrediti pogodno mjesto za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi. Naime, problem se javlja kod činjenice da blizina požara i vatrogasnih postrojbi ne predstavlja i najkraću moguću vremensku udaljenost, koja je ključna za što bržu vatrogasnu intervenciju. Stoga su se mrežne analize pokazale boljom metodom za određivanje sezonskih dislokacijskih vatrogasnih postrojbi.



Sl. 22. Usporedba analiza mreže i analize gustoće požara

Nakon provedenih mrežnih analiza druga hipoteza *Dosadašnja mjesta sezonskih dislokacija vatrogasnih postrojbi nisu doprinijela učinkovitijoj zaštiti od požara i ublažavanju njihovih negativnih učinaka*, se potvrđuje. S ciljem pokrivanja što većeg broja dosadašnjih požara i što veće površine županije, ali i broja stanovnika može se zaključiti da dosadašnja mjesta dislokacije vatrogasnih postrojbi u Šibeniku i Oklaju nisu ostvarile željeni rezultat. Naime, u Šibeniku i Oklaju već djeluju postojeće JVP, odnosno DVD-i, stoga smještanje sezonskih dislokacijskih vatrogasnih postrojbi u ta naselja ne povećava pokrivenost dosadašnjih požara, kao ni površinu pod standardnim vremenom za intervenciju vatrogasnih

postrojbi, ali ni zaštićenog broja stanovnika (sl. 23). Iz tog razloga se sezonske dislokacijske vatrogasne postrojbe u Žažviću, Otonu i Radoniću smatraju kvalitetnijim prijedlozima.



Sl. 23. Usporedba dosadašnjih mjesta dislokacije vatrogasnih postrojbi i mjesta dislokacije vatrogasnih postrojbi dobivene prostornom analizom s tri dislokacijske vatrogasne postrojbe

9. ZAHVALE

Zahvaljujemo *Odjelu za plansku, analitičku i GIS potporu* Državne uprave za zaštitu i spašavanje na ustupljenim podacima. Posebno zahvaljujemo gospodinu Andriji Antoloviću na korisnim savjetima i pomoći u prikupljanju za rad potrebnih i relevantnih podataka. Također, zahvaljujemo našim obiteljima koje su nam pružile potporu tijekom provedbe istraživanja i izrade rada.

10. POPIS LITERATURE I IZVORA

LITERATURA

1. Algharib, S. M., 2011: *Distance and Coverage: An assessment of Location-allocation models for fire stations in Kuwait city*, Dissertation, Kent State University
2. Ali Asgarya, A., Ghaffaria, A., Levyb, J., 2010: Spatial and temporal analyses of structural fire incidents and their causes: A case of Toronto, Canada, *Fire Safety Journal*, Volume 45, 1, 44–57.
3. Corcorana, J., Higgs, G., Brunsdonc, C., Wareb, A., Normand, P., 2007: The use of spatial analytical techniques to explore patterns of fire incidence: A South Wales case study, *Computers, Environment and Urban Systems*, Volume 31, 6, 623–647.
4. Deza, M. M., Deza, E., 2009: *Encyclopedia of Distances*, Springer, http://books.google.hr/books?id=QxX2CX5OVMsC&pg=PA618&dq=Encyclopedia+of+Distances,+Springer&hl=hr&sa=X&ei=pfpDU8K0LOK_ygPLj4DIBA&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q=Encyclopedia%20of%20Distances%2C%20Springer&f=false, 3.4.2014.
5. ESRI, 2007: *GIS for Fire Station Locations and Response Protocol*, <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gis-for-fire.pdf>, 3.4.2014.
6. Mamut, M., 2011: Veza prirodnogeografske i sociogeografske osnove Dalmacije s ugroženošću otvorenog prostora požarom, *Šumarski list*, 1-2, Zagreb, 37-50.
7. Netolicki, A., Blažević, T., Antolović, A., 2012: Višekriterijska analiza rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji, *Kartografija i Geoinformacije*, 11/17, Zagreb, 4-24.
8. Nodilo, J., 2003: „Požari otvorenog prostora otoka i priobalja – slučajnost ili logičan slijed događanja?“, *Šumarski list*, 3- 4, Zagreb, 171-176
9. Pahernik, M., Kereša, D., 2007: Primjena geomorfoloških istraživanja u vojnoj analizi terena – indeks zaštitnog potencijala reljefa, *Hrvatski geografski glasnik*, 69/1, Zagreb, 41-56.
10. Perry, G. L. W., Miller, B. P., Enright, N. J., 2006: *A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology*, http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic533932.files/plants_pointpattern.pdf, 3.4.2014.
11. Silverman, B. W., 1986: *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Chapman and Hall, New York

12. Szabo, N., Rožić, R., 2012: Osvrt na požarnu sezonu i ostvarene zadaće u 2012. godini, *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, 2/2, Zagreb, 36-52.
13. Šegota, T., 1988: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb
14. Šiljković, Ž., 1997: Požari kao oblik destrukcije geografske sredine, *Geoadria*, 2, Zadar, 77-96.
15. Španjol, Ž., Biljaković, K., Rosavec, R., Dominko, D., Barčić, D., Starešinić, D., 2008: Šumski požari i fizikalni modeli, *Šumarski list*, 5-6, Zagreb, 259-267.

IZVORI

URL 1: <http://www.sibensko-kninska-zupanija.hr/>, 24.2.2014.

URL 2: <http://www.dzs.hr/>, 28.2.2014.

URL 3: <http://croatia.gdi.net/>, 8.4.2014.

URL 4: http://sibensko-kninska-zupanija.hr/upload/stranice/2013/07/2013-07-18/67/dokumen/Razvojna_strategija.pdf, 8.4.2014.

URL 5: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1994_08_61_1101.html, 11.4.2014.

URL 6: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/00qn0000001p000000>, 11.4.2014.

URL 7: <http://www.unizd.hr/Default.aspx?tabid=3231>, 12.4.2014.

URL 8: <http://www.vatrogasci-osijek.hr/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=78>, 14.4.2014.

URL 9: http://klima.hr/ocjene_arhiva.php, 18.4.2014.

URL 10: <http://www.duzs.hr/>, 18.4.2014.

URL 11: http://repam.net/uploads/repam/document_translations/doc/000/000/043/REPAM_studija_15_sibensko-kninska_web.pdf?2012, 19.4.2014.

ODREĐIVANJE MJESTA SEZONSKE DISLOKACIJE VATROGASNIH POSTROJBI U ŠIBENSKO-KNINSKOJ ŽUPANIJI – ANALIZA U GIS-U

Doroteja Držaić i Mateja Kavran

SAŽETAK

Glavnina požara otvorenog tipa u Republici Hrvatskoj pojavljuje se u obalnom i otočnom području, stoga se prostorni obuhvat istraživanja ovog rada odnosi na Šibensko-kninsku županiju. U radu su provedene prostorne i vremenske analize dosadašnjih požara u Šibensko-kninskoj županiji primjenom GIS alata s ciljem određivanja potencijalnih mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi. Tijekom istraživačkog rada dobiven je prikaz područja dohvata vatrogasnih postrojbi unutar standardnog vremena za intervenciju te prikaz potencijalnih mjesta za sezonsku dislokaciju vatrogasnih postrojbi. Rezultati istraživanja koji su dobiveni kroz prostorne analize primjenom niza GIS alata imaju aplikativnu vrijednost te mogu poslužiti kao osnova za buduće planiranje i usmjeravanje sezonskih dislokacija vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije, ali i temelj za određivanje dislokacija sezonskih postrojbi na području drugih županija u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi: Šibensko-kninska županija, analiza u GIS-u, požari otvorenog tipa, dislokacija vatrogasnih postrojbi

DEFINING APPROPRIATE LOCATIONS FOR SEASONAL DISLOCATION OF FIRE STATIONS IN ŠIBENIK-KNIN COUNTY – GIS ANALYSIS

Doroteja Držaić and Mateja Kavran

ABSTRACT

Most of the wildfires in the Republic of Croatia appear in coastal and island areas, therefore Šibenik-Knin County was chosen as a case study in this research. This research was based upon spatial and temporal analyses of past fires in Šibenik-Knin County using GIS tools in order to identify potential locations for seasonal dislocation of fire stations. The conducted research resulted in cartographic visualization of areas within reach of existed fire brigades within the standard time for intervention and potential locations for seasonal dislocation of fire stations. The research results which were obtained through spatial GIS analysis have significant applicable value and can be used as a basis for future spatial planning and directing seasonal dislocation of fire stations in the area of Šibenik-Knin County, but also as a basis for determining the dislocation of fire stations in other counties in Croatia.

Key words: Šibenik-Knin County, GIS analysis, wildfires, fire stations dislocation