

Determining Appropriate Seasonal Dislocation Sites of Fire Brigades in the Šibenik-Knin County Based on Road Network Analysis

Doroteja DRŽAIĆ¹, Mateja KAVRAN², Andrija ANTOLLOVIĆ³

¹ University of Zagreb, doradr11@gmail.com

² University of Zagreb, maatejaa.kavran@gmail.com

³ National Protection and Rescue Directorate, Republic of Croatia, andrija.antolovic@duzs.hr

Abstract. The majority of wildfires in the Republic of Croatia occur in coastal and island areas, so the Šibenik-Knin County was studied in this research. This research was based upon spatial and temporal analyses of past fires in the Šibenik-Knin County using GIS tools in order to identify potential locations for seasonal dislocation of fire stations. The research resulted in cartographic visualization of areas within reach of existing fire brigades within the standard intervention time and potential locations for seasonal dislocation of fire stations. The results obtained using spatial GIS analysis can be used as a basis for future spatial planning and seasonal dislocation of fire stations in the Šibenik-Knin County, as well as a basis for determining dislocation of fire stations in other Croatian counties.

Keywords: Šibenik-Knin County, GIS analysis, wildfires, fire station dislocation

1 Introduction

Fires are "treated as a destructive factor in the environment caused by natural circumstances during a particular period of the year and human activity" (Šiljković, 1997, 77). The majority of wildfires occur during summer, a hot and dry period. In Croatia, they usually occur in the coastal and island regions, making the counties along the coast the most vulnerable. One of them is the Šibenik-Knin County, in which 1039 wildfires happened in the last four years (National Directorate for Rescue and Protection – DUZS).

In addition to prevention, the only effective way of reducing damage caused by fire is to detect outbreaks and respond with rapid, appropriate intervention (Netolicki et al., 2012, 5). In addition, strategic planning and management are important. With the development of modern computer technology, it is possible to use GIS

tools to actively participate in fire management or analyze the vulnerability of a given area. GIS tools also provide bases for strategic planning, e.g. to determine the most suitable sites for establishment of new fire brigades or determine sites for seasonal dislocation of fire brigades.

The main objective of this research was to define appropriate locations for seasonal dislocation sites of fire brigades in the Šibenik-Knin County based on a road network analysis. In addition, the paper describes the current standard time for fire brigade intervention in the Šibenik-Knin County. A proposal of new seasonal dislocation sites contributes to better coverage of locations of previous wildfires, as well as protecting a greater number of inhabitants and covering a greater area of the unprotected part of the county.

By searching and analysing relevant scientific and professional literature, we found a very small number of

Određivanje mjesta sezonskog premještanja vatrogasnih postrojbi u Šibensko-kninskoj županiji na temelju analize mreže cesta

Doroteja DRŽAIĆ¹, Mateja KAVRAN², Andrija ANTOLLOVIĆ³

¹ Sveučilište u Zagrebu, doradr11@gmail.com

² Sveučilište u Zagrebu, maatejaa.kavran@gmail.com

³ Državna uprava za zaštitu i spašavanje, Repubika Hrvatska, andrija.antolovic@duzs.hr

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

Ključne riječi: Šibensko-kninska županija, analiza u GIS-u, požari otvorenoga tipa, sezonsko premještanje vatrogasnih postrojbi

1. Uvod

Požari se "tretiraju kao destruktivan faktor okoliša uzrokovan prirodnim pogodnostima u određenom razdoblju godine, te ljudskom aktivnošću" (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. Prema podacima Državne uprave za zaštitu i spašavanje (DUZS) jedna od njih je i Šibensko-kninska županija, koju je u protekle četiri godine pogodilo 1039 požara na otvorenom prostoru.

Osim preventivnih protupožarnih mjera, jedini efikasan način smanjenja štete koju uzrokuju požari otvorenoga 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 upotrebe GIS-a 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 također omogućava strateško planiranje kao što je, na primjer, određivanje najpogodnijih mjesta za osnivanje novih vatrogasnih postrojbi ili pak za određivanje mjesta za njihovo sezonsko premještanje.

Glavni cilj ovoga rada je odrediti potencijalna mjesta za sezonsko premještanje vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije temeljem analize mreže cesta uz pomoć alata GIS-a. Uz to, u radu se opisuju postojeće stanje vremenskog dohvata vatrogasnih postrojbi u toj županiji. Prijedlog novih mjesta za sezonski premještaj vatrogasnih postrojbi pridonosi boljoj pokrivenosti lokacija dosadašnjih požara te zaštiti većeg broja stanovnika te površini nezaštićenog dijela županije.

published and available papers dealing with GIS technology and its applications in the spatial analysis of wildfires. Very few papers dealing with this topic were found in the Croatian literature. However, the research *Multi-criteria analysis of the risk of fire in the Split-Dalmatia County* by A. Netolicki and collaborators (2012) has to be mentioned. The paper deals with fire risk assessment based on climate, topography, vegetation and anthropogenic factors in the Split-Dalmatia County. The research is useful for protection and prevention of fire and it is shown how GIS tools can help analysing existing data in order to assess the fire risk.

Standing out among foreign research is the PhD thesis *Distance and Coverage: An assessment of Location-allocation models for fire stations and Kuwait City* by Saad M. Alghariba. The paper deals with the issue of choosing the best locations for future fire stations in the city of Kuwait to protect the greatest possible number of inhabitants. The primary objective of the study was to determine the location and number of required fire stations. The paper discusses the use of different methods to select the optimal location using the Location-allocation tools and compares the obtained results.

A comprehensive spatial analysis of determining seasonal dislocation sites of fire brigades has not been carried out in Croatia yet. The results of this study will contribute to a better quality of planning fire protection measures and more effective action in the field and will be the basis for selecting seasonal dislocation sites of fire brigades in the county, as well as a model for determining of seasonal dislocation sites for fire brigades in other Croatian counties.

2 Methodological Notes

Data on wildfires used in this paper were obtained from the National Rescue and Protection Directorate. Microsoft Excel was used to analyse data and ArcGIS Info version 10.1 ESRI was used for cartographic visualization. Maps used in this research were produced in the Transversal Mercator projection and according to the Croatian Terrestrial Coordinate System HTRS96.

Spatial analyses in GIS for the purposes of this study were done using ArcCatalog, ArcMap and ArcToolbox. A database was created in ArcCatalog, data was processed and visualized in ArcMap, while ArcToolbox was used for the actual spatial analysis. The spatial database integrated data on fires in the county for 2010, 2011, 2012 and 2013, locations of Volunteer Fire Departments (DVD) and Public Fire Departments (JVP), administrative partition of the research area and the county road network.

GIS tools allow the user to visualize data as a result of spatial analysis, including producing a cartographic representation of spatial and temporal reach of fire brigades. A model (simulation) of road network must be produced (ESRI, 2007) prior to that. Attribute data (speed limit and road length in kilometres) and network topography of digitalized line data layer (roads) must be corrected. Based on the corrected data layer, a New Network Dataset was made that contained information about one-way streets, turning restrictions and overpasses/underpasses. This enabled an analysis of road networks using the Network Analyst extension. Service areas of Volunteer Fire Departments (DVD) and Public Fire Departments (JVP) of 5, 10 and 15 minutes were made using the ModelBuilder interface (Fig. 1). ModelBuilder is a visual programming language that allows one to see data processing flow. ModelBuilder enables the graphical environment to develop and implement models for geoprocessing. The produced models contain tools and workflow diagrams of data processing (URL 3). The model used the tool New Service Area to create polygons of 5, 10 and 15 minutes. Tools Select, Clip, Dissolve, Merge and Erase were also used. Finally, the New Location-Allocation tool was used to determine the seasonal dislocation sites of fire brigades. Three potential dislocation sites of seasonal fire departments were obtained in the county using this tool.

3 Research Area

The area researched in this study was the Šibenik-Knin County, which belongs to NUTS2 Adriatic Croatia according to the European Nomenclature of Territorial Units for Statistics. It is located between the Zadar County in the northwest, the Split-Dalmatia County in the southeast and with Bosnia and Herzegovina in the northeast. Because of its position between Northern and Central Dalmatia and Lika, the Šibenik-Knin County has an important role in connecting large Croatian geographic regions (Fig. 2). It covers an area of 5670 km², of which land area covers 2994 km² or 53% of the county, and the sea area covers 2676 km² or 47% of the county (URL 1).

According to the 2011 census, 109 375 inhabitants lived in 196 settlements in the Šibenik-Knin County (URL 2). The population density of only 36.5/km² ranks the Šibenik-Knin County at the very bottom of the density scale of Croatian counties, i.e. well below the average for the Republic of Croatia (75.8 / km²).

The littoralization process has resulted in increased concentration of inhabitants on the coast. Studies showed the anthropogenic factor to be a key factor in the outbreak of fire (Netolicki et al., 2012). In order to

Pretraživanjem i analizom relevantne znanstvene i stručne literature utvrđeno je postojanje vrlo malog broja objavljenih i dostupnih radova koji se bave GIS tehnologijom i njezinom primjenom u prostornoj analizi požara. U hrvatskoj stručnoj literaturi gotovo da ni nema radova koji se bave tom tematikom. No, svakako je potrebno spomenuti rad Antonije Netolicki i suradnika *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 alata GIS-a može napraviti analiza postojećih podataka u svrhu procjene ugroženosti od požara.

Od stranih autora valja spomenuti doktorski rad Sada 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 bio je odrediti lokaciju i broj potrebnih vatrogasnih postaja. U radu se raspravlja i o upotrebi različitih metoda za odabir optimalne lokacije primjenom alata *Location-allocation* te se uspoređuju dobiveni rezultati.

Budući da do sada, na znanstvenoj razini, nije provedena cjelovita prostorna analiza određivanja mjesta za sezonski razmještaj vatrogasnih postrojbi na području Hrvatske, pa tako ni na području Šibensko-kninske županije, rezultati ovoga rada pridonijet će boljem i kvalitetnijem planiranju mjera zaštite od požara i učinkovitijem djelovanju na terenu, a rezultati istraživanja bit će osnova za odabir sezonskih premještaja vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije, ali i model-primjer za određivanje razmještaja sezonskih postrojbi na području drugih županija u Hrvatskoj.

2. Metodologija istraživanja

Podaci o požarima korišteni u radu dobiveni su od DUZS-a. 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 HTRS96 (Hrvatski terestrički koordinatni sustav za epochu 1995.55).

Prostorne analize u GIS-u za potrebe ovoga rada napravljene su korištenjem *ArcCataloga*, *ArcMapa* i *ArcToolboxa*. U *ArcCatalogu* kreirana je baza podataka, u *ArcMapu* su ti podaci obrađeni i vizualizirani, dok je *ArcToolbox*

korišten za 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), administrativnu podjelu istraživanog prostora te cestovnu mrežu Šibensko-kninske županije.

GIS omogućuje vizualizaciju podataka koji su rezultat prostornih analiza, što uključuje i izradu kartografskog prikaza prostornog i vremenskog dohvata vatrogasnih postrojbi. No prije toga, potrebno je izraditi model (simulaciju) prave cestovne mreže (ESRI, 2007). Digitaliziranom linijskom sloju podataka (ceste) moraju biti pridruženi uređeni atributni podaci (dopuštena brzina kretanja i duljina ceste u kilometrima) te ispravljani topološki podaci. Na temelju tako uređenoga sloja izrađen je *New Network Dataset*, odnosno mrežni model koji sadrži informacije o jednosmjernim ulicama, zabranama polukružnih okretanja te pozicije nadvoznjaka/podvoznjaka. Time je omogućena analiza mreže cesta koja je izrađena pomoću dodatka *Network Analyst*. Doseg djelovanja Dobrovoljnih vatrogasnih društva i Javnih vatrogasnih postrojbi od 5, 10 i 15 minuta napravljen je putem sučelja *ModelBuilder* (sl. 1). *ModelBuilder* je vizualni programski jezik koji omogućuje prikaz tijeka obrade podataka. *ModelBuilder* je sučelje koje omogućuje grafičku okolinu za izradu i primjenu modela za obradu prostornih podataka. Kreirani modeli sadrže alate i dijagrame tijeka obrade podataka (URL 3). U modelu je upotrijebljen alat *New Service Area*, pomoću kojeg su dobiveni poligoni koji odgovaraju vremenima od 5, 10 i 15 minuta. Upotrijebljeni su i alati *Select*, *Clip*, *Dissolve*, *Merge* i *Erase*. Na kraju, za određivanje mjesta za sezonski premještaj vatrogasnih postrojbi, korišten je alat *New Location-Allocation* iz *Network Analysta*. Primjenom tog alata u analizi dobivena su tri potencijalna mjesta sezonskog premještaja vatrogasnih postrojbi na prostoru Šibensko-kninske županije, odnosno prikaza standardnog vremena za intervenciju.

3. Istraživano područje

Istraživano područje je Šibensko-kninska županija koja prema europskoj nomenklaturi prostornih jedinica za statistiku pripada regiji Jadranska Hrvatska razine NUTS2. 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. 2). Prostire se na površini od 5670 km², od čega kopneni prostor

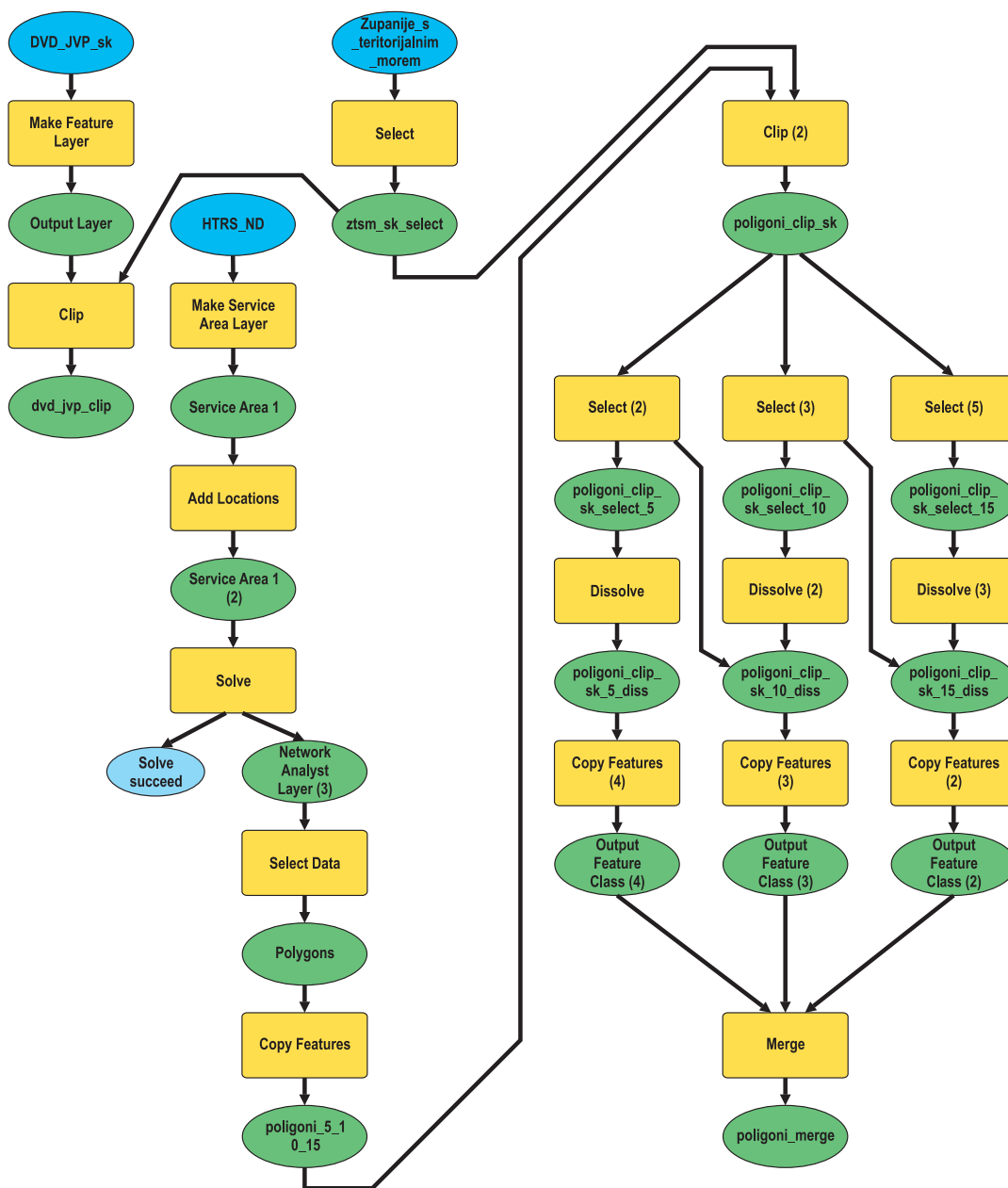


Fig. 1. Model of the standard time for fire brigade intervention in 5, 10 and 15 minutes

Slika 1. Model standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi 5,10 i 15 minuta

protect the greatest possible number of inhabitants in the areas of highest concentration, more than 50% of fire departments are located in coastal and island part of the county. A vegetation cover of evergreen and deciduous forests, pastures and agricultural lands increased the probability of wildfires. Neglect of people while cleaning soil and burning weeds also contributes to occurrence of wildfires (Nodilo, 2003).

4 Road Network Analysis in the Research Area

The primary responsibility of the fire department is rapid intervention in case of fire. In order to provide effective service, emergency units must get to the location

(accident, fire, etc.) as quickly as possible and with enough necessary lifesaving equipment. This is considered the key phase of fire protection and is the basis of this study. The standard time required for firefighting units to intervene is defined by the Ordinance on the bases of organization of fire brigades in Croatia, according to Article 19 of which: The distribution of fire brigades in Croatia should be such that the arrival of the fire brigades to the farthest of the area to be protected is fifteen minutes at the most (URL 4). Thus, time intervals of 5 minutes, 10 minutes and 15 minutes (Fig. 1) were used in the research. Modern GIS software and computer technology enables determination of new dislocated sites of fire brigades accurately (ESRI, 2007). The

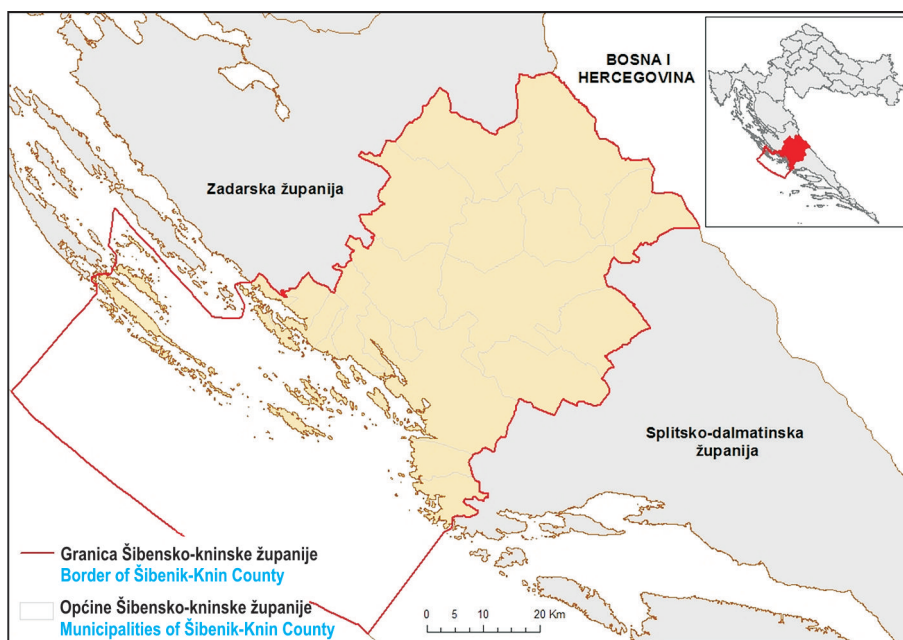


Fig. 2. Geographical position of the Šibenik-Knin County
Slika 2. Geografski položaj Šibensko-kninske županije

obuhvaća površinu od 2994 km², odnosno 53% teritorija županije, a morski prostor površinu od 2676 km², odnosno 47% županije (URL 1).

U Šibensko-kninskoj županiji, prema Popisu stanovništva iz 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 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. 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).

4. 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 razdoblju doći do mjesta događaja (nesreće, požara, i sl.) uz dovoljno nužne opreme za spašavanje i/ili

pružanje hitne medicinske pomoći. U svrhu što djelotvornijih organizacija intervencija i zaštite od požara ta 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 4). Stoga su u radu upotrijebljeni vremenski intervali od 5, 10 i 15 minuta (sl. 1). Pojavom modernog GIS-a i računalne tehnologije, određivanje novih razmještaja vatrogasnih postrojbi može se odrediti s većim stupnjem točnosti (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.

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

GIS omogućuje 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. Alat kojim se dobiva prikaz

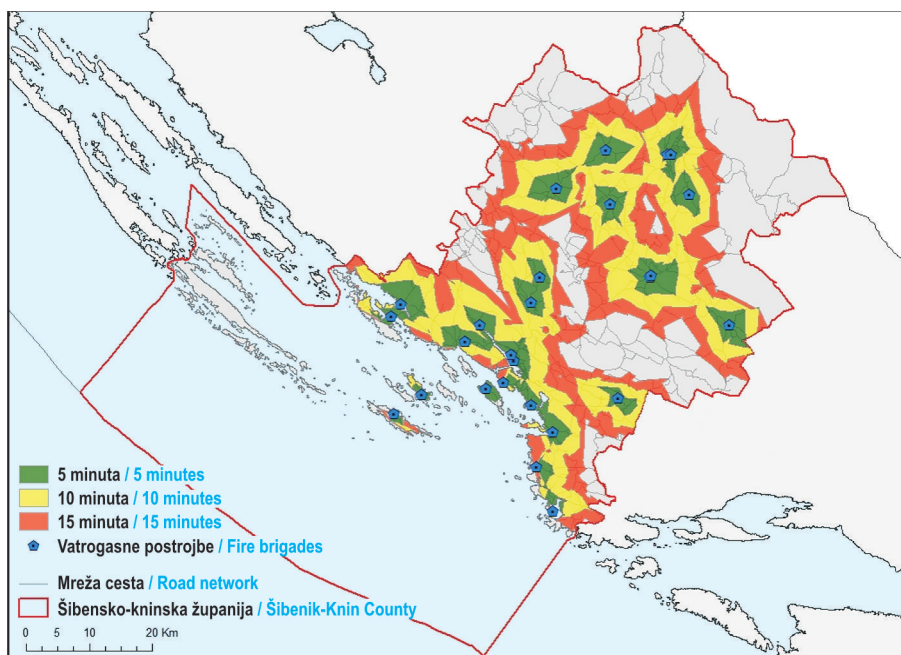


Fig. 3. Coverage within standard time for fire brigade intervention in the Šibenik-Knin County
Slika 3. Područje dohvata vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije

road network is of great importance for more efficient operation of fire brigades in the field. Therefore, special attention is paid to the role of the road network in the researched area.

4.1 Analysis of the Current Standard Time for Fire Brigade Intervention in the Researched Area

GIS tools enable visualization of spatial data resulting from spatial analyses, which includes preparation of cartographic representation of spatial and temporal coverage of standard time for fire brigade intervention. The New Service Area tool is used for cartographic visualization of coverage within standard time for fire brigade intervention. The output layer includes a polygon on the road network which can be reached in the given interval, i.e. in the interval of 5, 10 or 15 minutes (Fig. 3). This tool is useful because it enables one to see how

many residents, past fires and area were covered within a given interval from output polygons.

Twenty-seven fire brigades are currently operational in the researched area, including 23 Volunteer Fire Departments (DVD) and four Public Fire Departments (JVP). A total of 1779 km² or 59% of the land area of the county is covered according to the analysis of standard time for fire brigade intervention within 15 minutes (Fig. 4).

The following results were obtained according to the analysis of standard time for fire brigade intervention and the number of settlements and their population: fire brigades cover 147 of 196 settlements, i.e. 76% of the settlements in the county within the standard time of 15 minutes. According to the 2011 census, 27 fire departments covered a total of 102 582 inhabitants within 15 minutes (Table 1).

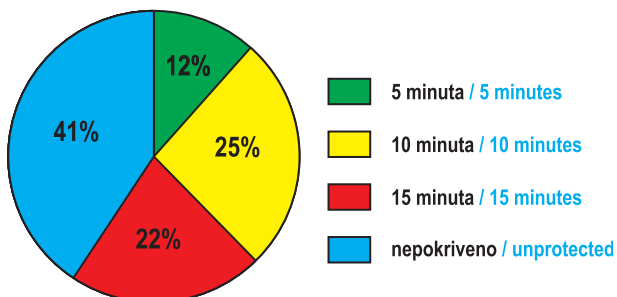


Fig. 4. Standard time for fire brigade intervention and proportion of covered area

Slika 4. Standardno vrijeme potrebno za intervenciju vatrogasnih postrojbi i udio površine koju obuhvaća

Table 1. Standard time for fire brigade intervention, number of settlements and population (2011)

Tablica 1. Standardno vrijeme za intervenciju vatrogasnih postrojbi, broj naselja i broj stanovnika (2011)

Minuta Minutes	Broj naselja Settlements	Broj stanovnika Population
5	41	74 493
5–10	52	17 232
10–15	56	10 857

Source: 2011 census, National Bureau of Statistics – DZS
 Izvor: Popis stanovništva 2011, DZS

standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi je *New Service Area*. Izlazni poligon obuhvaća područje na cestovnoj mreži, odnosno sve ulice i ceste do kojih je moguće doći u nekom zadanom vremenskom intervalu od 5, 10 i 15 minuta (sl. 3). Taj je alat koristan jer se iz izlaznih poligona može uvidjeti koliko je stanovnika i požara te kolika je površina obuhvaćena zadanim vremenskim parametrima.

Na području Šibensko-kninske županije trenutačno 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 1779 km² površine županije, odnosno 59% kopnene površine županije (sl. 4).

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 147, odnosno 76% naselja županije. Prema Popisu stanovništva iz 2011. godine, sa 27 vatrogasnih postrojbi unutar 15 minuta pokriveno je sveukupno 102 582 stanovnika (tab. 1).

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. 5). 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 izvan 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.

4.2. Analiza mjesta sezonskih premještaja 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 (Szašo 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 premještaj vatrogasnih postrojbi. Naime, tijekom požarne sezone u primorskim županijama je povećan broj izbijanja požara. Time dolazi do povećanja opterećenja postojećih vatrogasnih postrojbi i potrebe premještaja vatrogasnih postrojbi iz ostalih dijelova Hrvatske u krajeve gdje je to potrebno. Na području Šibensko-kninske županije do sada se prakticiralo premjestiti dvije vatrogasne postrojbe. Jedna je

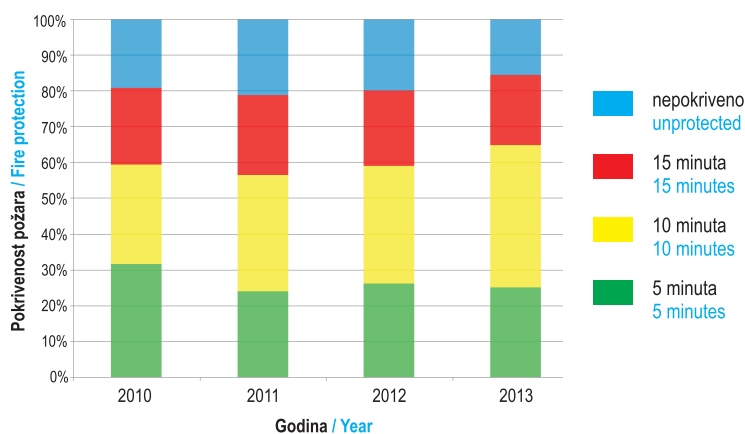


Fig. 5. Coverage of past fires (%) within the standard time for fire brigade intervention of 5, 10 and 15 minutes (2010–2013)

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

smještena na obali u Šibeniku, dok je druga smještena u unutrašnjosti u Oklaju (sl. 6).

Primarni cilj prostorne analize u GIS-u bio je odrediti potencijalna mjesta za sezonski premještaj vatrogasnih postrojbi i rezultate usporediti s dosadašnjim mjestima sezonskih premještaja. Za ostvarenje zadanog cilja upotrijebljen je alat *Location-allocation* iz dodatka *Network Analyst*. *Location-allocation* se koristi da bi se odredio optimalni položaj objekta iz skupa potencijalnih položaja.

Alat *Location-allocation* sadrži tri komponente: lokacije požara (*Demand points*), potencijalna mjesta za premještaj (*Facilities*) te matricu udaljenosti i vremena putovanja između potencijalnih mjesta i lokacija požara (*Lines*). Prema prostornoj raspodjeli požara određuje se razmještaj vatrogasnih postrojbi. Potencijalna mjesta su naselja koja se nalaze izvan prostornog i vremenskog dohvata standardnog vremena za intervenciju vatrogasnih postrojbi. Na temelju toga odabrano je 47 naselja, između kojih su izdvojena ona koja pokrivaju najveći broj požara u zadanom vremenskom intervalu.

Nakon određivanja potrebnih komponenti – *facilities* i *demand points*, u ArcGIS-u je na raspolaganju šest metoda za odabir potencijalnih mjesta za premještaj postrojbi. U radu je analiza utemeljena na metodi *Maximize Attendance* koja odabire mjesta iz skupa potencijalnih mjesta tako da se obuhvati maksimalan broj požara koje postrojba pokriva u zadanom razdoblju (URL 5). Pri upotrebi metode *Maximize Attendance* korisnik sam zadaje željeni vremenski interval i sam bira broj mjesta koje će softver odabrati iz skupa potencijalnih mjesta premještaja te se kao takva ta metoda pokazala najboljom za određivanje mjesta sezonskih premještaja vatrogasnih postrojbi na istraživanom području.

The analysis of fires and standard time for fire brigade intervention of 5, 10 and 15 minutes in the Šibenik-Knin County led to the following results (Fig. 5). Eighty-one percent of wildfires were covered within 15 minutes within the four-year period. Only 19% of fires were reached after the standard time for fire brigade intervention. Most of the fires were reached within 5-10 minutes, which is expected.

4.2 Analysis of Seasonal Dislocation of Fire Brigades in the Researched Area

The program of activities in the implementation of specific measures for fire protection is in interest of the Republic of Croatia and has a great importance for the overall system of firefighting (Szabo et al., 2012, 37). One of the prevention and operational measures of fire protection in the fire season (June 1 – October 1) is the dislocation of fire brigades. There are more fires in coastal counties during the fire season. This leads to an increase in workload of existing fire departments and a need for redeployment of fire brigades from Croatian regions to those where it is needed. Two fire brigades in the Šibenik-Knin County were usually dislocated. One of them is located in Šibenik (on the coast), while the other is located in Oklaj (inland) (Fig. 6).

The prime objective of the spatial analysis in GIS was to determine potential sites for seasonal dislocation of fire brigades and compare the results with previous seasonal dislocation sites. Location-allocation tool was used within the Network Analyst extension in order to achieve this objective. Location-allocation models were used to determine the optimal location of the object from a set of potential locations.

The Location-allocation tool includes three components: location of previous wildfires (Demand points), potential dislocation sites (Facilities) and a matrix of distances and travel times between potential sites and fire locations (Lines). Dislocation sites of fire brigades were determined according to the spatial distribution of fires. Settlements outside the spatial and temporal coverage of a standard time of fire brigade intervention were potential sites. Forty-seven settlements were selected based on those criteria and those covering a large number of fires within a given time intervals were singled out.

After determining the necessary components – facilities and demand points, ArcGIS offers six methods of selecting potential dislocation sites of fire brigades. This research is based on the Maximize Attendance method, which selects a dislocation site from a set of potential dislocation sites in a way that maximizes the number of

visitors, i.e. this method selects the dislocation site that covers the greatest number of fires within a given time period (URL 5). In addition, the method enables the user to select the desired time interval and number of dislocation sites the software will choose from. Therefore, this method was the best for determination of seasonal dislocation of fire brigades in the researched area.

5 Results

The number of dislocation sites for fire brigades in counties solely depends on financial resources intended for this type of fire protection measures. Given that the amount of funding for seasonal dislocation of fire brigades is changeable, the analysis was made on the principle of $n \pm 1$.

Žažvić was selected as the primary dislocation site of fire brigades using the Maximize Attendance method (Fig. 7). Based on the results (Table 2), it is apparent the dislocated fire brigade in Žažvić would have covered 89 previous fires, 24 settlements, 3 328 inhabitants and an area of 169.19 km² within the standard intervention time.

Oton was selected as the secondary dislocation site (Fig. 7). The dislocated fire brigade in Oton would have covered 87 previous fires, 7 settlements, 1 674 inhabitants and an area of 134.0 km² within the standard intervention time (Table 2).

Radonić was selected as the third dislocation site (Fig. 7). The dislocated fire brigade in Radonić would have covered 55 previous fires, 16 settlements, 3168 inhabitants and an area of 163.4 km² (Tab. 2).

Overall, the proposed seasonal dislocation sites of fire brigades in Žažvić, Oton and Radonić (Fig. 8) would ensure an additional 467 km² of the county's area or 218

Table 2. Previous fires, settlements, inhabitants and area covered by proposed dislocation sites of fire brigades

Tablica 2. Pokrivenost broja požara, naselja, stanovnika i površine predloženim premještenim vatrogasnim postrojbama

Predložena mjesta za premještaj	Broj požara	Broj naselja	Broj stanovnika	Površina u km ²
Suggested dislocation sites	Number of fires	Number of settlements	Population	Surface in km ²
Žažvić	89	24	3328	169
Oton	87	7	1674	134
Radonić	55	16	3168	163

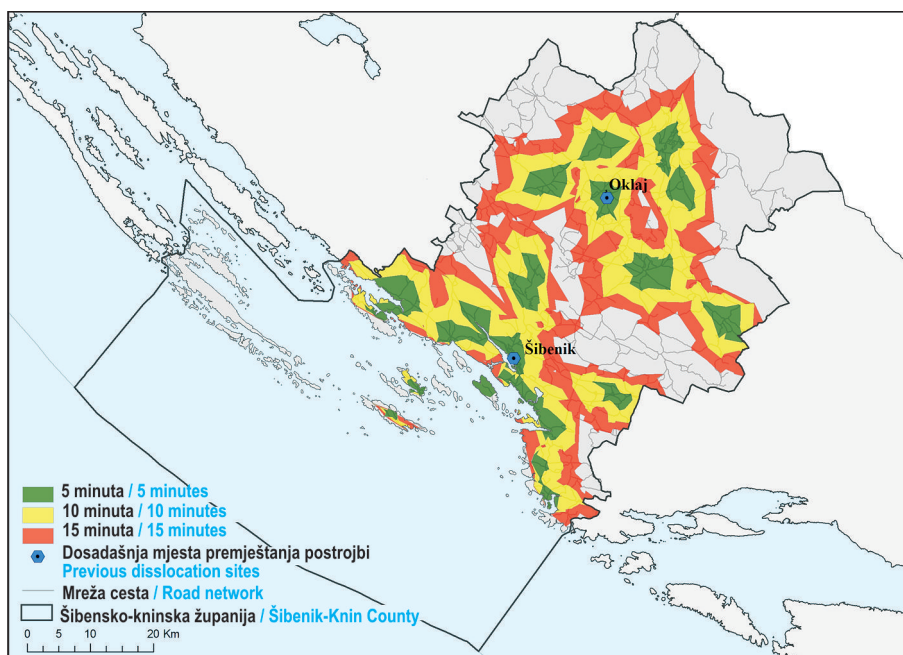


Fig. 6. Standard intervention time and previous dislocation sites of fire brigades in the Šibenik-Knin County
Slika 6. Standardno vrijeme za intervenciju i dosadašnja mjesta sezonskih premještaja u Šibensko-kninskoj županiji

5. Rezultati prostorne analize

Broj premještenih vatrogasnih postrojbi u nekoj županiji isključivo ovisi o financijskim sredstvima i mogućnostima koje su namijenjene za takvu vrstu protupožarne mjere. S obzirom na to da je količina financijskih sredstava namijenjenih za sezonski premještaj vatrogasnih postrojbi promjenjiva, analiza je izrađena po principu $n \pm 1$.

Kao najpogodnije mjesto pogodno za premještaj vatrogasne postrojbe, dobiveno metodom Maximize Attendance, ističe se Žažvić (sl. 7). Na temelju dobivenih rezultata (tablica 2), vidljivo je da bi premještena vatrogasna postrojba u Žažviću unutar standardnog vremena za intervenciju pokrila 89 dosadašnjih požara, 24 naselja, 3328 stanovnika te površinu od 169 km².

Kao drugi rezultat uz premještenu vatrogasnu postrojbu u Žažviću dobiva se vatrogasna postrojba u Otonu (sl. 7). Ta vatrogasna postrojba ukupno bi pokrila 87 dosadašnjih požara, 7 naselja, 1674 stanovnika te površinu od 134 km² (tab. 2).

Pogodno mjesto za treću sezonsku premještenu vatrogasnu postrojbu, uz Žažvić i Oton, je Radonić (sl. 7). Ta vatrogasna postrojba pokrila bi 55 dosadašnjih požara, 16 naselja, 3168 stanovnika te površinu od 163 km² (tab. 2).

Sveukupno gledano, novim sezonskim premještenim postrojbama u Žažviću, Otonu i Radoniću (sl. 8) dodatno bi se osigurao prostor Šibensko-kninske županije za 467 km², odnosno kada se uzme u obzir međusobno preklapanje utjecaja vatrogasnih postrojbi, za 218 km².

Time bi se ukupna pokrivenost kopnenog dijela županije sa 59% povećala na 67% – točnije za 7,3% (tab. 3).

6. Zaključak

Istraživanjem i prostornom analizom u GIS-u ostvaren je glavni cilj rada. Opisano je postojeće stanje vremenskog dohvata vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije. Na temelju opisa i prostorne analize dan je prijedlog potencijalnih mjesta za nove sezonske premješteno vatrogasne postrojbe, koje će pridonijeti boljoj pokrivenosti većeg broja lokacija dosadašnjih požara, čime bi se zaštitio veći broj stanovnika i pokrila veća površina nezaštićenog dijela županije.

Prostorna analiza mreže cesta provedena je upotrebom alata Location-Allocation koji se temelji na metodi Maximize Attendance koja se pokazala kao najbolje rješenje za određivanje sezonski premještenih vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije zbog toga što omogućuje korisniku da sam zadaje željeni vremenski interval i odabere broj mjesta koje će softver izabrati iz skupa potencijalnih mjesta premještaja.

Na temelju provedene analize može se zaključiti da dosadašnja mjesta premještaja vatrogasnih postrojbi u Šibeniku i Oklaju nisu ostvarila željeni rezultat. Naime, u Šibeniku i Oklaju već djeluju postojeći JVP-ovi, odnosno DVD-ovi, stoga sezonsko premještanje vatrogasnih postrojbi u ta naselja ne povećava pokrivenost dosadašnjih požara, kao ni površinu pod standardnim vremenom za intervenciju vatrogasnih postrojbi, ali ni zaštićenog

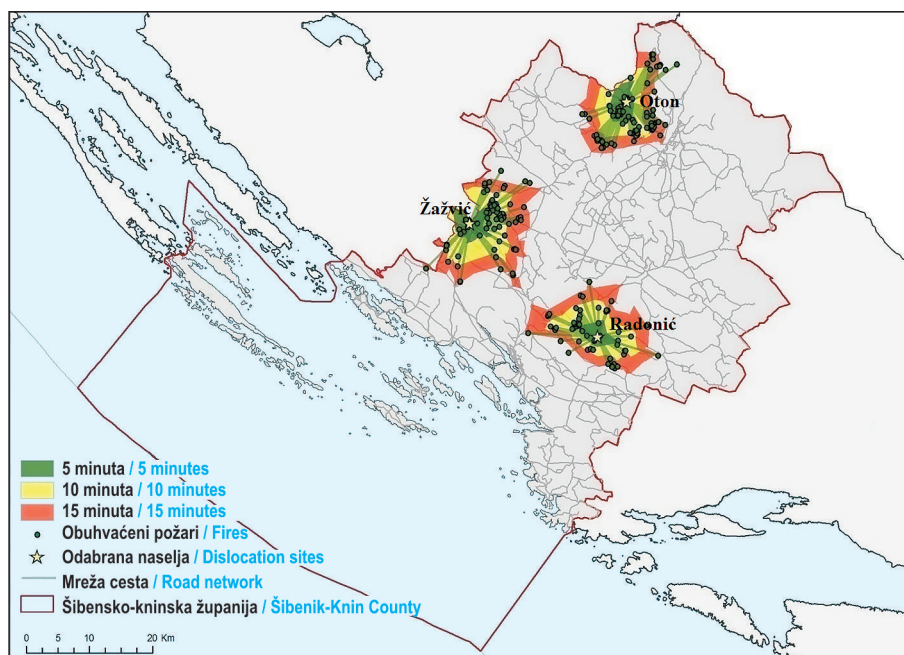


Fig. 7. Area covered by proposed dislocation sites Žažvić, Oton and Radonić in standard intervention time

Slika 7. Područje dohвата premještenih vatrogasnih postrojbi Žažvić, Oton i Radonić

km², if overlapping area is taken into account. This would increase the total coverage of the county's area from 59% to 67%, which is a change of 8% (Table 3).

Table 3. Coverage within standard intervention time without and with proposed dislocation sites

Tablica 3. Usporedba površina dohвата bez sezonskih premještenih vatrogasnih postrojbi i sa sezonskim premještenim vatrogasnim postrojbama

Minuta	Bez sezonskih premještenih vatr. postrojbi (u km ²)	Sa sezonskim premještenim vatr. postrojbama (u km ²)
Minutes	Without seasonal dislocation of fire brigades (km ²)	With seasonal dislocation of fire brigades (km ²)
5	353	407
5-10	755	904
10-15	670	685
Ukupno Total	1779	1997

6 Conclusion

The main objectives of the research and spatial analysis were achieved. The current state of spatial and temporal coverage of fire brigades in the Šibenik-Knin county was described. Based on a spatial analysis, we suggest potential dislocation sites for the new fire sea-

son which will contribute to a better coverage of as many locations of previous fires as possible and protect a greater number of residents and cover as much unprotected area of the county.

The spatial analysis of road network was carried out using the Location-Allocation tool based on the Maximize Attendance method. This method provided the best solution for determining seasonal dislocation sites for fire brigades in the county because it enables the user to choose the desired time interval and the number of sites which the software is to select from a set of potential dislocation sites.

Based on the results of spatial analysis, it can be concluded that current dislocation sites of fire brigades in Šibenik and Oklaj did not achieve the desired result. Specifically, existing Volunteer Fire Departments (DVD) and Public Fire Departments (JVP) are already operating in Šibenik and Oklaj. Dislocating fire brigades to these settlements did not increase the coverage of previous fires nor the number of inhabitants, nor the area within the standard intervention time. Therefore, seasonal dislocation sites of fire brigades in Žažvić, Oklaj and Radonić are considered to be better alternatives.

A comprehensive scientific spatial analysis of determining dislocation sites of fire brigades in Croatia has not been conducted yet. Therefore, this research is of great value because it proposes a model for determination of seasonal dislocation sites of fire brigades which can be the basis for future spatial analysis at the state level. This research also contributes to better spatial planning and operation in the field.

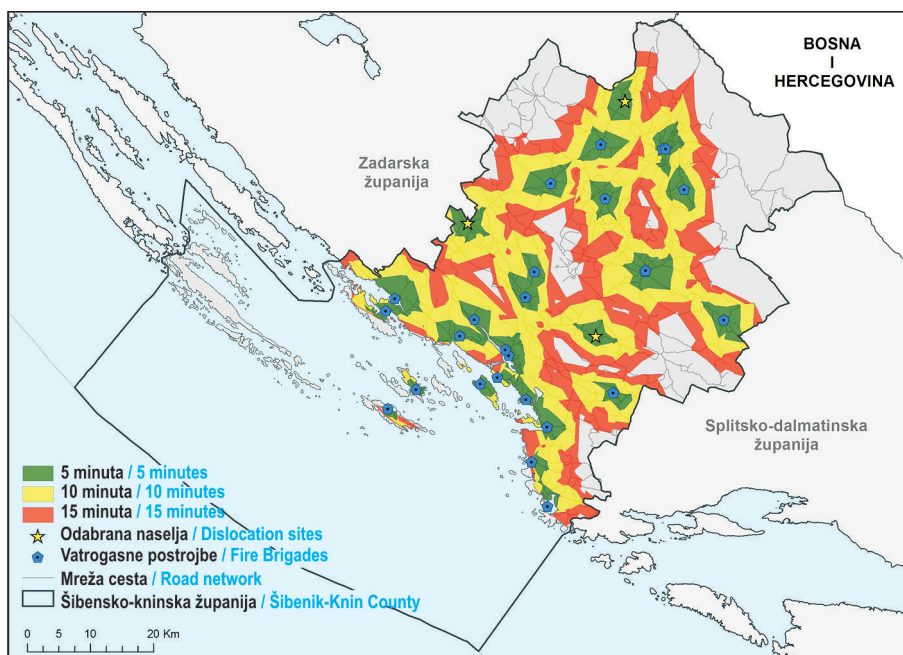


Fig. 8. Coverage with proposed dislocation sites for fire brigades within standard intervention time in Šibenik-Knin County
Slika 8. Područje dohвата postojećih vatrogasnih postrojbi i sezonskih premještenih vatrogasnih postrojbi na području Šibensko-kninske županije

broja stanovnika. Zbog toga se sezonski premještene vatrogasne postrojbe u Žažvić, Oton i Radonić smatraju kvalitetnijim prijedlozima.

Na znanstvenoj razini do sada nije provedena cjelovita prostorna analiza određivanja mjesta za sezonski premještaj vatrogasnih postrojbi na području Hrvatske, ali ni na području Šibensko-kninske županije. Stoga, rad

ima značajnu aplikativnu vrijednost jer je njime dan prijedlog modela za određivanje mjesta sezonskih premještaja vatrogasnih postrojbi koji, osim na lokalnoj razini, može biti osnova za buduće prostorne analize i na državnoj razini. Rad ujedno pridonosi kvalitetnijem planiranju i djelovanju u prostoru.

References / Literatura

- Algharib, S. M. (2011): Distance and Coverage: An assessment of Location-allocation models for fire stations in Kuwait city, Dissertation, Kent State University.
- ESRI (2007) : GIS for Fire Station Locations and Response Protocol, <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gis-for-fire.pdf>, 3. 4. 2014.
- Netolicki, A., Blažević, T., Antolović, A. (2012): Višekriterijska analiza rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji, Kartografija i Geoinformacije, 11/17, 4–24.
- Nodilo, J. (2003): Požari otvorenog prostora otoka i priobalja – slučajnost ili logičan slijed događanja?, Šumarski list, 3–4, 171–176.
- Szabo, N., Rožić, R., (2012): Osvrt na požarnu sezonu i ostvarene zadaće u 2012. godini, Vatrogastvo i upravljanje požarima, 2/2, 36–52.
- Šiljković, Ž., (1997): Požari kao oblik destrukcije geografske sredine, Geoadria, 2, 77–96.

Sources / Mrežni izvori

- URL 1: Šibensko-kninska županija, <http://www.sibensko-kninska-zupanija.hr/>, 24. 2. 2014.
- URL 2: Državna uprava za zaštitu i spašavanje, <http://www.duzs.hr/>, 28. 2. 2014.
- URL 3: GDİ GISDATA, <http://croatia.gdi.net/>, 8. 4. 2014.
- URL 4: Narodne novine, http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1994_08_61_1101.html, 11. 4. 2014.
- URL 5: ArcGIS Resources, <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//00qn0000001p000000>, 11. 4. 2014.

Data / Podaci

Data on previous wildfire and fire brigades locations are of National Rescue and Protection Directorate, Republic of Croatia
 Podaci o dosadašnjim mjestima požara i lokacija vatrogasnih postrojbi su podaci Državne uprave za zaštitu i spašavanje (DUZS)