

IMPLEMENTÁCIA SYSTÉMOV PRE MODELOVANIE A SIMULÁCIU SPRÁVANIA SA LESNÝCH POŽIAROV DO PROCESU PRÍPRAVY A REALIZÁCIE TAKTICKÝCH CVIČENÍ HASIČSKÝCH JEDNOTIEK

Andrea MAJLINGOVÁ^{1,2}, Maroš SEDLIAK³

¹ Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovensko

majlingova@tuzvo.sk

² Fakulta špeciálneho inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovensko

³ Katedra hospodárskej úpravy lesa a geodézie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovensko

sedliak@tuzvo.sk

Abstrakt

V príspevku sú popísané možnosti nasadenia programu FARSITE, ako systému pre modelovanie a simuláciu správania sa lesného požiaru s podporou geografických informačných systémov, do operatívnej praxe Hasičského záchranného zboru SR a iných hasičských jednotiek na Slovensku. Možnosti jeho nasadenia sú popísané na príklade zrealizovaných taktických cvičení ako profesionálnych, tak aj dobrovoľných hasičských zborov. Opodstatnenosť jeho využitia sa preukázala práve pri príprave a realizácii taktických cvičení, menej zatiaľ v operatívnej praxi týchto jednotiek.

Abstract

In the paper, there are described the possibilities of application of the FARSITE programme, as a system for modelling and simulation of forest fire behaviour on the basis of the geographical information system, into the operative practice of the Fire and Rescue Corps of the Slovak Republic as well as the other fire brigades in Slovakia. The possibilities of its application are described using the examples of realized tactical trainings of professional and voluntary fire brigades. The importance of its application was proved mostly by planning and realisation of tactical trainings, less in operational work of those forces.

Kľúčové slová: FARSITE, GIS, lesný požiar, modelovanie, simulácia

Keywords: FARSITE, GIS, forest fire, modelling, simulation

1 ÚVOD

Rozsiahle lesné požiare, hoci sú typické v Európe najmä pre krajiny v okolí Stredozemného mora, sa začínajú čoraz častejšie vyskytovať aj v podmienkach Strednej Európy. Narastá nielen ich intenzita, ale aj rozsah. V mnohých prácach domácich i zahraničných autorov sa popisuje ako príčina klimatická zmena. Nemožno poprieť tento fakt, aj keď klimatické či meteorologické podmienky môžu len podnietiť jeho vznik (vlhkosť horľavého materiálu) či nasledovné rozšírenie do enormných rozmerov. Avšak skutočnou príčinou jeho vzniku (iniciácie) je aj vzhľadom na štatistické údaje o požiarovosti človek a jeho aktivity v krajine, lese.

Problematika výskumu lesných požiarov je veľmi široká. Rieši problémy týkajúce sa identifikácie hrozieb, posúdenia rizík, cez jeho jednotlivé komponenty, hľadá metodiky a postupy pre konkrétne podmienky, lokality. Oblasť výskumu lesných požiarov však postihuje problém a jeho riešenie najmä z hľadiska prevencie, teda predchádzania mimoriadnym udalostiam tohto typu

Druhou veľmi významnou oblasťou je oblasť represie, teda znižovania dopadov mimoriadnych udalostí. Táto sa vykonáva aj pred vznikom mimoriadnej udalosti, ale najmä počas jej zdolávania. Tu sa preukáže či vo fáze plánovania a vykonávania preventívnych opatrení boli navrhnuté opatrenia dostatočné. Táto fáza sa

týka viac operatívneho riadenia ako plánovania. Ide o operatívne riadenie krízových štábov, záchranných zložiek.

V tejto fáze sa vyžaduje aplikácia systémov, ktoré umožňujú vidieť problém priestorovo akými sú geografické informačné systémy a tiež systémov pre modelovanie a simuláciu dopadov udalosti, ktoré umožnia identifikovať ohrozený priestor, jeho rozsah, príp. i fyzikálne parametre daného javu v konkrétnom čase.

Z hľadiska modelovania a simulácie lesných, resp. prírodných požiarov existuje vo svete niekoľko riešení. Niektoré z nich sú veľmi jednoduché. Ide o aplikáciu zjednodušených metodík v prostredí geografických informačných systémov s využitím fokálnych funkcií. Iné metodiky sa snažia o implementovanie celulárnych automatov do tejto problematiky. Avšak existujú aj hotové, komplexné riešenia, kde sa za najviac doteraz prepracovaný systém používa programové prostredie FARSITE.

V tomto príspevku predstavujeme využitie programové prostriedku FARSITE pri príprave, realizácii i vyhodnotení dvoch taktických cvičení. Jedným z nich je taktické cvičenie na území Vojenského výcvikového priestoru Lešť. Druhým je taktické cvičenie v zásahovom obvode Okresného riaditeľstva Hasičského a záchranného zboru (OR HaZZ) vo Svidníku. Na príklade tohto taktického cvičenia je porovnaný prístup k výpočtu veľkosti požiariska a následne počtu potrebných síl a prostriedkov na zdoľanie požiaru prostredníctvom modelovania v prostredí FARSITE a v praxi HaZZ na tento účel používaného Pokynu prezidenta Hasičského a záchranného zboru č.39/2003 o obsahu a o postupe pri spracúvaní dokumentácie o zdoľávaní požiarov.

2 MODELOVANIE A SIMULÁCIA LESNÝCH POŽIAROV PRE POTREBY RIADENIA A KOORDINÁCIE HASIČSKÝCH JEDNOTIEK

2.1 Modelovanie a simulácia lesných požiarov

Modelovanie požiarov sa dostáva do popredia od konca 80. rokov. Hlavným dôvodom je čoraz väčší počet katastrofických udalostí, ktorých dôsledkom sú rozsiahle materiálne škody a často aj straty na ľudských životoch. Následky týchto udalostí sa dajú zmierniť, keď sú ľudia a spoločnosť na ne pripravení alebo ak vedú ako sa správať pri danej situácii.

Európska únia a jednotlivé štáty smerujú k vytváraniu špecializovaných záchranných modulov, ktoré budú technicky i takticky pripravené na vykonávanie záchranných prác ako aj ostatných činností súvisiacich s likvidáciou takýchto udalostí. Príkladom sú špecializované moduly v HaZZ SR (napr. modul pozemného hasenia požiarov).

Modelovanie požiarov umožňuje zobrazovať postup šírenia, určiť jeho základné parametre a v niektorých prípadoch aj testovať stratégiu a účinnosť potlačania požiaru. Výsledky z modelovania umožňujú riadiacemu štábu sa lepšie rozhodovať pri nasadzovaní síl a prostriedkov.

Medzi základné metódy modelovania požiarov patria:

- empirické (štatistické),
- semi-empirické (semi-fyzikálne alebo laboratórne modely),
- □ fyzické (teoretických alebo analytické).

2.1.1 Matematické modely používané na modelovanie a simuláciu lesných požiarov

V súčasnosti dominujú dva prístupy k modelovaniu požiarov v prírodnom prostredí. Modelovanie na veľkých plochách, kde sa využívajú semi-empirické modely a modelovanie na menších plochách s využitím takzvaných fyzikálnych modelov.

Používané matematické modely sa používajú okrem iného aj na vývoj predpisov v oblasti ochrany pred požiarimi, vykonávanie predpísaných protipožiarnych opatrení a predikciu správania sa požiaru.

Semi-empirické modely sú spravidla založené na známej Rothermelovej formulácii šírenia požiaru, v ktorej sú príslušné charakteristiky požiaru na jeho prednej línii závislé od aktuálnych podmienok v danej oblasti,

ako sú: typ vegetácie, sklon terénu, rýchlosť a smer vetra, vlhkosť a podobne. V programových systémoch, v ktorých sú takéto modely implementované, sa používa zvyčajné priestorové rozlíšenie 10 m a viac a neuvažuje sa nad heterogenitou podmienok na menších plochách. Takéto systémy pracujú s údajmi zodpovedajúcimi spriemerovaným hodnotám parametrov na danú priestorovú jednotku a nie sú výrazne limitované vzhľadom na veľkosť simulovaného priestoru (Hansen 2011).

Fyzikálne modely využívajú proces horenia opísaný pomocou fyzikálnych zákonov zachovania a využívajú poznatky z oblasti dynamiky tekutín a plynov. Takéto modely berú do úvahy procesy prenosu energie zo zóny horenia do zóny požiarom nezasiahnutého paliva a spravidla vedú k výpočtovo náročným systémom diferenciálnych rovníc, ktoré vyžadujú vysokovýkonné počítačové prostriedky (Glasa, Halada, Weisenpacher 2010).

2.1.2 Dostupné riešenia pre modelovanie a simuláciu lesných požiarov

Systémy pre modelovanie lesných požiarov, ale technológia informačných systémov vôbec hrajú významnú úlohu v manažmente požiarov a klasifikácii a kvantifikácii dostupného paliva (horľavého materiálu). Modelovanie sa používa na testovanie alternatívnych spôsobov narábania s palivom, plánovanie potenciálnych zmien v ekosystéme a posúdenie rizika vo vzťahu k ochrane obyvateľstva a majetku.

Vo svete existuje niekoľko systémov používaných na modelovanie a simuláciu lesných požiarov. Tieto sú v praxi využívané najčastejšie. Ide o bežne známe a voľne šíriteľné programy, medzi ktoré patria najmä BEHAVE plus a FARSITE. Oba modely sa používajú na popis správania sa požiaru, jeho účinkov a popis vlastností požiarneho prostredia. Ale nespornou výhodou programového prostredia FARSITE je fakt, že pracuje na báze geografických informačných systémov a pri modelovaní využíva priamo rastrové geografické údaje. Výstupy majú formu tabelárnu, i grafickú. Výsledné obvodové línie požiariska v zadaných časových krokoch je možné importovať do formátov kompatibilných s väčšinou GIS prostredí. Prostredie FARSITE bolo v domácich podmienkach testované už viackrát (Halada, Weisenpacher, Glasa 2006; Majlingová, Vida 2008; Morávek 2009, Libiček 2011, Glasa, Halada, Weisenpacher 2010).

2.2 Taktické cvičenie

Taktické cvičenie sa vykonáva s cieľom prehĺbiť schopnosti a zručnosti veliteľov družstiev, veliteľov čiat, veliteľov zmien, veliteľov hasičských staníc zboru a príslušníkov zboru oprávnených prevziať velenie pri zásahu alebo nimi poverených príslušníkov zboru pri riadení síl a nasadzovaní hasičskej techniky a vecných prostriedkov pri zásahu a precvičovať pripravenosť a akcienschopnosť zboru, ako aj súčinnosť s inými hasičskými jednotkami, záchrannými zložkami integrovaného záchranného systému a ostatnými špeciálnymi službami pri zásahu“ (Zbierka pokynov č.21/2008).

Taktické cvičenie sa organizuje v súlade s plánom zdokonaľovacej prípravy pripravovaným na každý rok. Jeho organizáciou sú na jednotlivých stupňoch riadenia poverení vedúci operatívno-technického riadenia na krajskom riaditeľstve HaZZ, vedúci prevádzkovotechnického oddelenia na okresnom riaditeľstve a taktiež príslušníci na riadiacich miestach v zmenovej službe (veliteľ zmeny, čaty a družstva).

Taktické cvičenie sa zameriava najmä na likvidáciu požiarov v priemyselných objektoch, kde sa zdržuje veľké množstvo obyvateľov ako sú veľké obchodné centrá, ktoré vykazujú vysokú mieru požiarneho rizika a rizika ohrozenia osôb ako aj veľkých lesných požiarov, ktoré si vyžadujú veľké množstvo nasadených síl a prostriedkov.

Ďalej sa zameriava na evakuáciu osôb z ubytovacích zariadení, nemocníc, domovov sociálnych služieb, kultúrnych zariadení, škôl a iných objektov, v ktorých sa zdržuje veľké množstvo ľudí. Vykonávané taktické cvičenia sú zamerané na zdolávanie mimoriadnych situácií pri úniku nebezpečných látok, výskyte ionizujúceho žiarenia, pri vážnych dopravných nehodách a mnohých iných situáciách, ktoré si vyžadujú zásah záchranných zložiek (Zbierka pokynov č.21/2008).

Hlavnými úlohami taktického cvičenia sú:

- prehĺbiť schopnosti a zručnosti veliteľov pri riadení síl a nasadzovaní hasičskej techniky a vecných prostriedkov,

- precvičiť nasadzovanie a riadenie síl a prostriedkov pri zdolávaní a likvidácii mimoriadnej udalosti (rozsiahly lesný požiar), precvičiť vzájomnú súčinnosť medzi hasičskými družstvami, inými hasičskými jednotkami, záchrannými zložkami integrovaného záchranného systému a ostatnými špeciálnymi službami pri zásahu,
- precvičiť systém spojenia za účelom vyzrozumenia jednotlivých zúčastnených záchranných zložiek pri cvičení, ako aj spôsoby spojenia a dorozumievania sa medzi jednotlivými stupňami riadenia počas zásahu,
- precvičiť procedúru vyzrozumenia o vzniknutej situácii a vyžiadanie ďalšej pomoci prostredníctvom operačných a koordinačných stredísk,
- preveriť zdroje, možnosti a spôsoby dopravy vody na miesto požiaru,
- zoznámiť sa s priestorom, objektmi v zásahovom obvode ako aj s ohrozením v danom priestore a postupom na jeho odvrátenie alebo zníženie rizika na prijateľnú mieru.

Každému taktickému cvičeniu predchádza prípravná fáza. Jej úlohou je určiť kde, kedy a ako bude cvičenie prebiehať. Dokumentácia k cvičeniu musí byť vypracovaná pred uskutočnením cvičenia a pozostáva z textovej a grafickej časti. Textová obsahuje údaje o tom, kto cvičenie nariadil, kto ho spracoval a údaje o preverovanom veliteľovi hasičskej jednotky a ostatné údaje o zúčastnených osobách. Miesto a čas cvičenia, cieľ cvičenia a popis prostredia, v ktorom cvičenie bude uskutočnené a jeho operatívno-taktickú charakteristiku. Výpočet rozvoja, plochy požiaru, ako aj potrebný počet síl a prostriedkov na jeho likvidáciu. Podrobný popis celkového postupu zúčastnených jednotiek a iných zložiek s časovým harmonogramom, spôsob organizácie spojenia a zdôvodnenie spôsobu postupu a odporúčania pre veliteľa zásahu. Na záver vyhodnotenie cvičenia.

Výpočet síl a prostriedkov sa spracúva pre najzložitejší variant požiaru. Výpočet síl a prostriedkov musí vychádzať zo zásad požiarnej taktiky a rešpektovať hlavnú úlohu hasičských jednotiek, t.j. záchranu osôb a majetku. Vypočítané množstvo síl a prostriedkov musí umožniť hasičským jednotkám organizované nasadenie potrebných síl a prostriedkov v určitom smere proti požiaru pri dodržiavaní zásad bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci“ (Pokyn prezidentač.39/ 2003).

Grafická časť pozostáva zo zobrazenia daného objektu a k nemu príľahlých objektov alebo priestoru v ktorom cvičenie bude prebiehať a rozmiestnenie všetkých inžinierskych sietí (vodné uzávery, hydranty, uzávery plynu a hlavné vypínače elektrickej energie). V grafickej časti musí byť zakreslené rozmiestnenie síl a prostriedkov (Zbierka pokynov č.21/2008).

3 MATERIÁL A METODIKA

3.1 Modelové územia

3.1.1 Zásahové územie OR HaZZ vo Svidníku

Priestor, v ktorom bolo vykonané taktické cvičenie sa nachádza pri obci Nižná Písaná v okrese Svidník (Obr. 1). Konkrétne sa jedná o kopec s názvom „Ščob“, ktorý sa nachádza hneď za obcou v smere k poľskej hranici (Pichanič 2012).

Orograficky toto územie patrí do oblasti Nízkych Beskýd, celkovo Oravská vrchovina a Laborecká vrchovina. Najväčšie výšky dosahuje v pohraničnom rozvodnom chrbte. Ten je pomerne úzky a prestúpený sedlami. Reliéf územia je typický flyšový, má mierne, hladko modelované tvary. Ondavská vrchovina pomerne rýchlo klesá zo severu na juh. Územie je budované vonkajším flyšom.

Lesy vytvárajú súvislé porasty v III. lesnom vegetačnom stupni dubovo–bukovom, s prevažným zastúpením skupín lesných typov – holé bučiny (Fagetum pauper) a typické bučiny (Fagetum typicum), s bohatým zastúpením buka, značným primiešaním borovice a ojedinelým zastúpením čerešne vtáče, javora mliečneho, hraba obyčajného a lipy malolistej. Porasty sú iba z časti pôvodného rázu.



Obr. 1. Modelové územia v zásahovom obvode OR HaZZ vo Svidníku, v ktorom bolo vykonané taktické cvičenie

3.1.2 Vybraná lokalita na území VVP Lešť

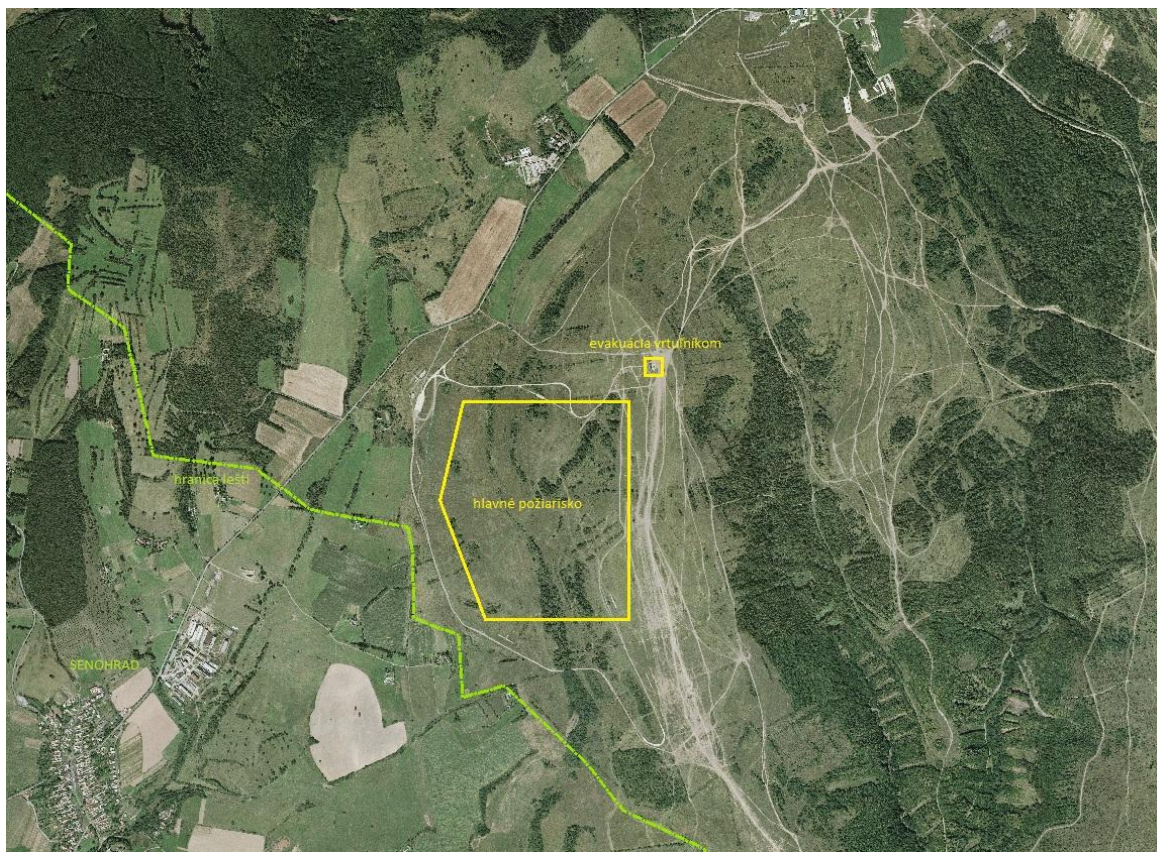
Za modelové územie bolo vybrané územie Vojenského výcvikového priestoru Lešť spadajúceho do správy Vojenských lesov a majetkov SR, štátny podnik, správa lesov Pliešovce (Antalová 2011). Vybrané územie spadá svojou severnou a severozápadnou časťou do oblasti lesa 27 Javorie (podoblasť 27 A Javorie) a zvyšok leží v oblasti lesa 09 – Krupinská planina.

Na severe územia je najvyššie položené miesto na vrchole Javoria 1044 m.n.m. a postupne klesá k juhu cez Krupinskú vrchovinu k najnižšiemu miestu oblasti v Strhárskej doline, severne od Horných Strhár, s výškou 262 m.n.m.

Andezity, andezitové tufy a tufity zvetrávajú prevažne na hlinité menej piesčito-hlinité pôdy s kolísavým obsahom jemného a hrubšieho skeletu. Prevažujú mezotrofné hnedé lesné pôdy s prechodmi k pôdam rankerového typu, skeletnaté s priaznivou humifikáciou, minerálne stredne zásobené živinami a vlhkosťou. V najvyšších polohách v oblasti Priečno, Javorie sa fragmentárne vyskytujú pôdy typologicky nevyvinuté.

V drevinovom zložení prevládajú listnaté dreviny s 66% zastúpením, ihličnaté dreviny s 34% zastúpením. Z ihličnatých drevín je prevažne zastúpený smrek (27%), z listnatých drevín buk (32%) a hrab (15%) z celkového zastúpenia drevín.

Požiar bol modelovaný pre územie znázornené na Obr. 2.



Obr. 2. Modelové územie VVP Lešť, pre ktoré bola vykonaná simulácia rozvoja požiaru

3.2 Zdroje údajov

3.2.1 Zdroje údajov pre modelovanie požiaru na vybranom území zásahového obvodu OR HaZZ vo Svidníku

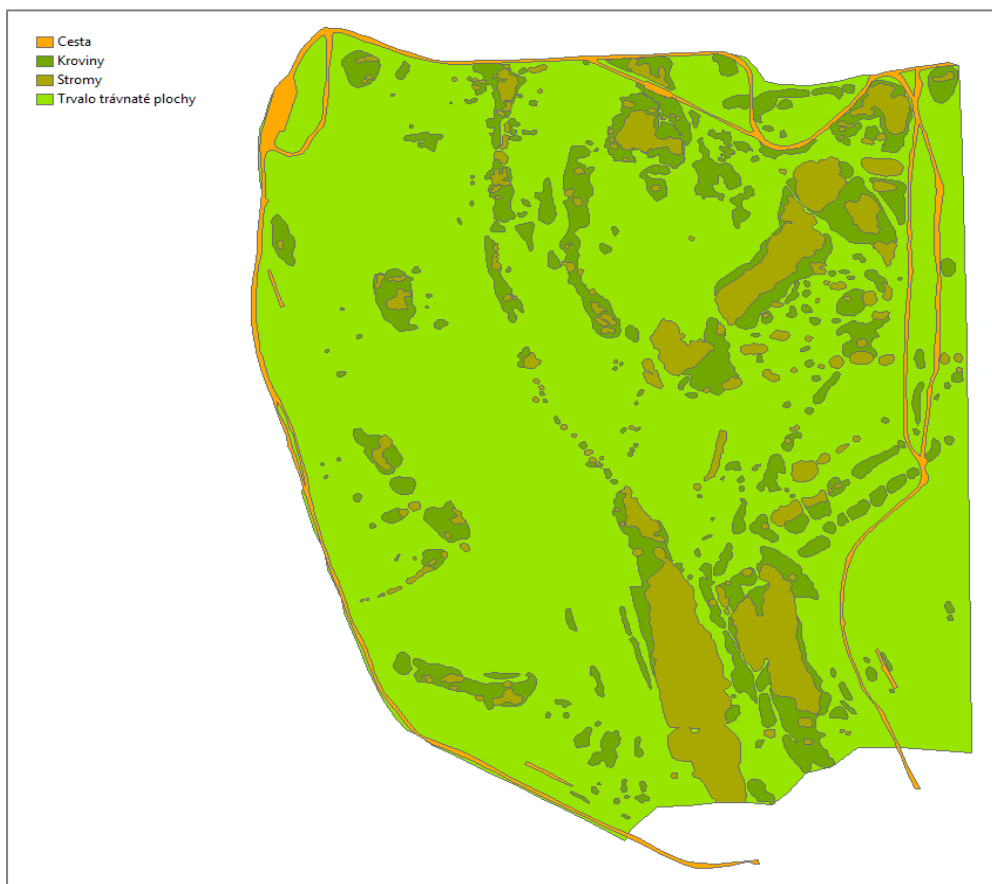
Pre modelovanie na vybranom území bol použitý digitálny model reliéfu s priestorovým rozlíšením 10 m z produkcie vojenského Topografického ústavu plk. Jána lipského v Banskej Bystrici. Ten bol použitý aj na odvodenie rastra sklonu terénu a orientácie terénu voči svetovým stranám. Okrem toho bola použitá aj rastrová vrstva vytvorená z vektorovej vrstvy skupín lesných typov v mierke 1:10 000, ktorej tvorcom a poskytovateľom je Národné lesnícke centrum vo Zvolene. Na podklade tejto vrstvy boli v zmysle metodiky publikovanej v práci Majlingová, Vida (2008) identifikované a jednotlivým skupinám lesných typov priradené čísla palivových modelov, ktoré sú charakteristické podobným bylinným a trávovým krytom, jeho pokryvnosťou, terénnymi a mikroklimatickými parametrami. V tomto prípade nedošlo k zisťovaniu a mapovaniu paliva v lese, ale bol použitý jeden z vopred definovaných palivových modelov v prostredí programu FARSITE – PM 28. Tento model reprezentuje porasty listnatých drevín (bukové lesy) po jesennom opade lístia. Palivo predstavuje predovšetkým táto listnatý opad (Tuček, Majlingová 2007).

Palivovému modelu 28 boli pridané preddefinované hodnoty typické pre palivový model „R“ (Hlobohm et al. 2002 in Tuček, Majlingová 2007), ktorý najviac zodpovedal danej lokalite.

3.2.2 Zdroje údajov pre modelovanie požiaru na vybranom území VVP Lešť

Ako vstupné vrstvy do modelovania boli použité: digitálny model reliéfu s priestorovým rozlíšením 10m; odvodené boli rastre sklon terénu; orientácie terénu voči svetovým stranám. Tieto údaje sú k dispozícii pre celé územie SR a poskytuje ich vojenský Topografický ústav plk. Jána Lipského v Banskej Bystrici. Okrem toho jeden z najvýznamnejších vstupov do modelovania predstavuje vrstva paliva nachádzajúca sa na modelovom území, tzv. palivové modely. Táto vrstva bola vytvorená na základe terénneho zisťovania, mapovania prostredníctvom GNSS zariadenia. Prostredníctvom odberu paliva v teréne a jeho následného

testovania v laboratórnych podmienkach boli stanovené aj jeho ďalšie parametre vstupujúce do procesu modelovania: množstvo, vlhkosť, výhrevnosť a pod. V prípade tohto modelového územia boli identifikované 3 palivové modely: PM 211 (tráva a byliny), PM 212 (kry) a PM 213 (stromy), Obr.3.



Obr. 3. Priestorová distribúcia palivových modelov v modelovom území VVP Lešť

3.3 Použitý softvér

Na modelovanie správania sa (vývoja) požiaru bol použitý programový prostriedok FARSITE.

Tento softvér v sebe zahŕňa najnovšie semi-empirické modely správania sa požiarov a je jedným z najrozšírenejších počítačových simulátorov šírenia lesných požiarov. Programové zariadenie vyvinuli odborníci z U.S. Forest Service v USA, kde sa aj najviac využíva (Tuček, Majlingová 2007).

Pri práci z programom FARSITE sa vyžadujú nasledovné vstupné údaje:

- Údaje vo formáte GIS: nadmorská výška, sklon a orientácia svahu, typ paliva, výška koruny, výška základne a hustota koruny, pokrytie koruny.
- Meteorologické údaje; teplota a relatívna vlhkosť ovzdušia, rýchlosť a smer vetra prepočítaná na priestor lesa, množstvo vodných zrážok,
- Charakteristika paliva, ktorá zahŕňa nasledovné údaje: množstvo (1, 10, 100-hodínového) odumretého paliva [kg/ha] priemeru 0,0 - 0,635 cm, 0,635 - 234 cm, 2,54 - 7,62 cm; množstvo živého bylinného a drevného paliva [kg/ha] bez ohľadu na priemer; pomer povrchu k objemu odumretého, živého bylinného a živého drevného paliva, hrúbka palivovej vrstvy, medzná vlhkosť vznietenia, výhrevnosť odumretého a živého paliva.

FARSITE zahŕňa existujúce modely pre povrchový požiar, korunový požiar, 2-dimenzionálny model rastu požiaru a ďalšie. FARSITE využíva Rothermelové rovnice pre výpočet lokálnych rýchlostí šírenia požiaru a Huygensové zásady pre modelovanie.

Taktiež dokáže simulovať i hasičský útok, či už pozemný alebo letecký. Jeho testovanie v slovenských pomeroch, v oblasti NP Slovenský Raj, preukázalo až 90%-nú správnosť výsledkov simulácie.

Výstupom programu FARSITE sú rôzne vektorové a rastrové vrstvy ako napríklad:

- plocha požiariska,
- intenzita požiaru,
- smer šírenia požiaru,
- dĺžka plameňov,
- rýchlosť šírenia požiaru (Šimkovič et al. 2008).

3.4 Scenáre realizácie taktických cvičení

Taktické cvičenia boli pripravené a zrealizované v súlade s Pokynom prezidenta Hasičského a záchranného zboru č. 39/2003 a Zbierky pokynov prezidenta Hasičského a záchranného zboru č.21/2008.

3.4.1 Taktické cvičenie v zásahovom obvode OR HaZZ vo Svidníku

Taktické cvičenie bolo vykonané dňa 11.11.2011 o 9.00 h. v lokalite, pre ktorú boli urobené teoretické výpočty veľkosti požiariska, potrebného počtu síl a prostriedkov na zdoľanie ohláseného lesného požiaru ako aj potrebného množstva vody, ktorá bude dopravovaná prostredníctvom diaľkovej a kyvadlovej dopravy vody.

Požiar sa vyskytol v priestore tvorenom rúbaňou a lesným porastom s prevažným zastúpením skupín lesných typov – holé bučiny (*Fagetum pauper*) a typické bučiny (*Fagetum typicum*), s bohatým zastúpením buka, značným primiešaním borovice a ojedinelým zastúpením čerešne vtáče, javora mliečného, hraba obyčajného a lipy malolistej.

Scenár udalosti: Cykloturista počas jazdy na bicykli za obcou Nižná Písaná dňa 25.10.2011. Zbadal, že na rúbanisku uprostred lesného porastu vznikol požiar. Vzhľadom na dvojmesačné silné sucho aj napriek slabému vetru sa požiar po vyschnutej tráve a ponechaných kopách raždia po bývalej ťažbe rýchlo šíril na rúbanisku k jeho okraju až na lesný porast. Cykloturista zistenú udalosť okamžite ohlásil pomocou mobilného telefónu na linku tiesňového volania „150“. Operačné stredisko OR HaZZ Svidník na základe prijatej informácie o lesnom požiari vyslalo na miesto udalosti jednotku z HS Svidník.

Hlavným cieľom cvičenia bolo zabezpečiť dostatok vody na hasenie lesných požiarov s využitím prostriedkov, ktorými disponuje OR HaZZ Svidník. Cvičenie bolo situované v blízkosti vodného zdroja vo vzdialenosti 400 m od simulovaného ohniska. Vzhľadom na sily a prostriedky, ktorými disponovala cvičiaca jednotka, bolo upustené od vytvorenia kyvadlovej dopravy vody a cvičenie sa zameralo na diaľkovú dopravu vody od stroja po stroj. Počas cvičenia bolo využité GPS zariadenie za účelom presnejšieho určenia prevýšenia medzi jednotlivými čerpadlami. Využitie prostriedkov GPS poslúžilo na bližšie určenie možností jednotlivých čerpadiel. Najmä čo sa týka prekonania prevýšenia (výkon čerpadla) priamo v teréne. Celé miesto cvičenia bolo následne zmapované pomocou GPS zariadenia.

V rámci cvičenia bolo testované aj nasadenie programového prostredia FARSITE pre účely zistenia veľkosti požiariska a jeho obvodu v konkrétnych časových úsekoch.

Pre účely porovnania a najmä potvrdenia vhodnosti nasadenia programového prostredia FARSITE do operatívnej praxe HaZZ bola plocha požiariska vypočítaná dvomi spôsobmi. V prvom kroku bola vypočítaná, podľa Pokynu prezidenta HaZZ č. 39/2003, celková plocha požiariska. Je to vlastne plocha, ktorú požiar zachvátil až do lokalizácie požiaru poslednými nasadenými hasičskými jednotkami.

Výpočet plochy požiaru podľa Pokynu:

$$t_2 = t_{vr} - t_1 \text{ [min]} \quad [1]$$

t_1 – čas rozhorievania $0 \div 10$ [min]

t_2 – čas voľného šírenia požiaru (do nasadenia prvých prúdov) [min]

$$t_3 = t_r + t_{br}^{po} - t_{br}^{pr} + (5 \div 15) \text{ [min]} \quad [2]$$

t_3 – čas šírenia požiaru od nasadených prvých prúdov do lokalizácie požiaru [min]

t_r – rozdiel časov medzi dojazdom prvej a poslednej hasičskej jednotky [min]

t_{br}^{po} – čas bojového rozvinutia poslednej hasičskej jednotky [min]

t_{br}^{pr} – čas bojového rozvinutia prvej hasičskej jednotky [min]

$$t_r = t_{do}^{po} - t_{do}^{pr} \text{ [min]} \quad [3]$$

t_{do}^{po} - čas dojazdu poslednej hasičskej jednotky [min]

t_{do}^{pr} - čas dojazdu prvej hasičskej jednotky [min]

Polomer šírenia požiaru pri čase horenia viac ako desať minút až do nasadenia prvých prúdov „ r_1 “:

$$r_1 = 5 \cdot v_1 + v_1 \cdot t_2 \text{ [m]} \quad [4]$$

v_1 – lineárna rýchlosť šírenia požiaru $1,3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ bola zadaná podľa prílohy č.2 pokynu č.39/2003 (pre voľné prírodné priestory – lesy ihličnaté – letiaci požiar)

Plocha požiaru pri čase horenia viac ako desať minút až do nasadenia prvých prúdov:

$$S_{p1} = \pi \cdot r^2 \text{ [m}^2\text{]} \quad [5]$$

S_{p1} – plocha požiaru [m²]

Polomer „ r_2 “ šírenia požiaru t.j. vtedy, keď nasadením prvých prúdov sa nezabezpečila lokalizácia požiaru:

$$r_2 = 5 \cdot v_1 + v_1 \cdot t_2 + 0,5 \cdot v_1 \cdot t_3 \text{ [m]} \quad [6]$$

Plocha požiaru, pri jeho šírení:

$$S_{p2} = \pi \cdot r^2 \text{ [m}^2\text{]} \quad [7]$$

S_{p2} – plocha požiaru [m²]

Výpočet plochy hasenia požiaru (S_h):

$$S_h = O_h \cdot h \text{ [m}^2\text{]} \quad [8]$$

O_h – obvod hasenia požiaru [m]

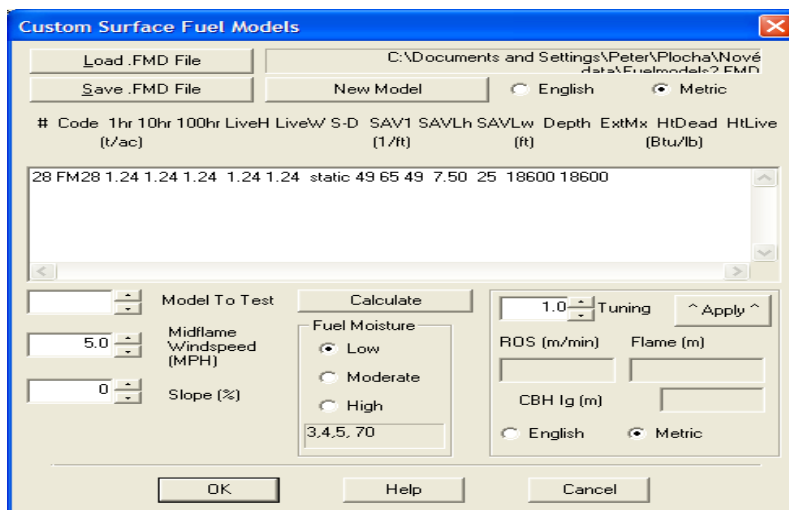
h – hĺbka hasenia [m] - 5 m (pre „C“)

Obvod hasenia požiaru:

$$O_h = 2 \pi \cdot r \quad [9]$$

V druhom kroku bola plocha a obvod požiariska určená na základe modelovania správania sa požiaru v prostredí FARSITE.

Na Obr. 4 sú uvedené základné údaje vstupujúce do modelovania a týkajúce sa množstva a fyzikálnych parametrov paliva (množstvo v $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), úbytok na hmotnosti v čase trvania požiaru, výhrevnosť a pod.).



Obr. 4. Parametre paliva vstupujúce do modelovania

3.4.2 Taktické cvičenie na území VVP Lešt'

Taktické a ukázkové cvičenie sa konalo dňa 23. 08. 2012 o 09:00 hodine v priestore Cvičiska vedenia bojových vozidiel vo VVP Lešt'.

Cieľom cvičenia bolo prezentovať schopnosti operačných stredísk Hasičského a záchranného zboru a radiacích štábov Okresného riaditeľstva Hasičského a záchranného zboru vo Veľkom Krtíši a Krajského riaditeľstva HaZZ v Banskej Bystrici pri riadení zúčastnených zložiek a pripravenosť jednotlivých zložiek pri:

- likvidácii rozsiahleho požiaru lesného a krovitého porastu súčasným hasením:
 - leteckými silami s využitím vakov na vodu (VSU 5, Bamby Bucket) v podvese vrtuľníkov MI 17 a MI 171, v súčinnosti s Leteckým útvarom MV SR a Veliteľstva vzdušných síl Ozbroyených síl SR,
 - pozemnými silami s využitím cisternových automobilových striekačiek (ďalej len CAS) HaZZ a tzv. jazierkovým systémom (systémom na dopravu vody do veľkých výšok v nedostupnom teréne) ,
 - postupne redukovaným prúdom B75-C52-D25,
 - výsadbom skupiny stred modulu leteckého hasenia s transportnými vakmi na vodu,
- monitorovaní rozvoja a šírenia požiaru prírodného prostredia a lesných porastov pomocou termovízie a následným prenosom informácií do geografického informačného systému podpory riadenia na stanovisko radiaceho štábu,
- dodávke hasiacej látky a to kyvadlovou dopravou s využitím veľkokapacitných čerpadiel povodňového modulu MV SR na vybudovanie čerpaceho stanoviška,
- vybudovaní ochranného pásma preventívnym vypálením porastu hraničiacim s lesným porastom, na ktorý sa požiar nerozšíril s ohľadom na súvisiace okolnosti rozvoja požiaru, charakter terénu a smer šírenia požiaru,
- monitorovaní meteorologickej situácie v mieste konania cvičenia meteorologickou stanicou modulu leteckého hasenia MV SR za účelom informačnej podpory riadenia a rozhodovania radiaceho štábu a veliteľa zásahu pri nasadzovaní prostriedkov leteckého hasenia a pri predpokladaní smeru a rýchlosti šírenia požiaru,
- vytváraní topografickej podpory riadenia a rozhodovania radiaceho štábu a veliteľa zásahu prostredníctvom geografického informačného systému a topografických podkladov v súčinnosti so špecialistami pre geografickú informačnú podporu modulu leteckého hasenia a SITB MV SR,
- vyhľadávaní osôb nachádzajúcich sa v prostredí lesa ohrozenom vysokou rýchlosťou šírenia požiaru a ich postupnou evakuáciou z ohrozeného priestoru.

Jedným z cieľov bolo aj *testovanie možnosti nasadenia programového produktu FARSITE na modelovanie a simuláciu šírenia sa požiaru v reálnom čase.*

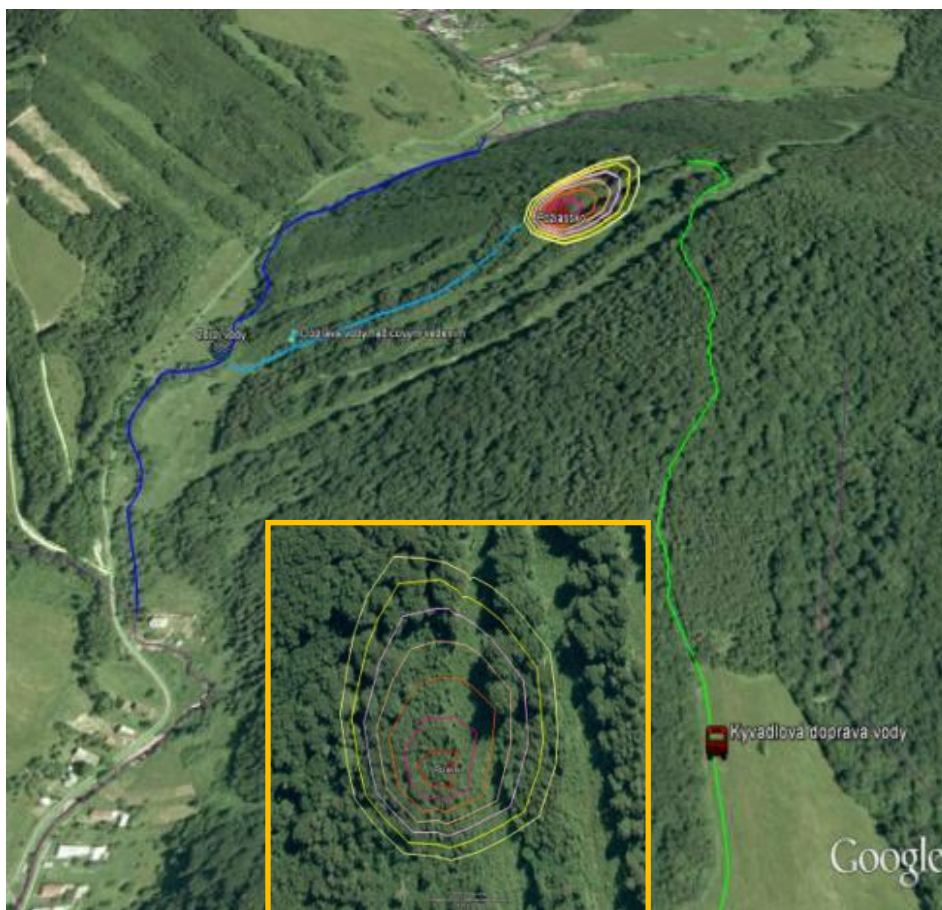
4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výstupmi z modelovania v prostredí FARSITE sú okrem údajov o rozsahu a obvede požiariska i ďalšie fyzikálne parametre ako smer šírenia požiaru, rýchlosť šírenia požiaru, intenzita požiaru, dĺžka plameňov. Výstupy je možné získať v tabelárnej podobe i v podobe grafu. Pre operatívne riadenia hasičských jednotiek je však dôležitá geografická reprezentácia výsledkov modelovania

4.1 Výsledky použitia programového prostriedku FARSITE v rámci taktického cvičenia v zásahovom obvode OR HaZZ vo Svidníku

V príspevku uvádzame výsledky v grafickej i tabelárnej podobe.

Na Obr. 5 je znázornený rozsah požiariska v jednotlivých časových krokoch, ako aj jeho celkový rozsah. Ako podklad bolo použité prostredie Google Earth.



Obr. 5. Modelovaná plocha požiariska so zobrazenými pásmami šírenia požiaru v 30 min. intervaloch so súčasným zobrazením trasy kyvadlovej a diaľkovej dopravy vody

Z modelovania bola zistená celková plocha požiariska 0,4 ha, ktorá zhorela v časovom rozmedzí 90 min, pričom obvod požiariska bol cca 200 m. Tieto údaje o ploche požiariska boli použité vo výpočte síl a prostriedkov potrebných na zásah. Výsledky výpočtu uvádzame v Tab. 1.

Tab. 1. Vypočítaný počet síl a prostriedkov pomocou metodického pokynu pri ploche požiariska zistenej v programe FARSITE

<i>Parameter</i>	<i>Vypočítaná hodnota</i>
Q_p^h	2274 l.min ⁻¹
N_{pr}^h	12 prúdov
N_p	26 príslušníkov

Ďalej sú uvedené výsledky výpočtu plochy o a obvodu požiariska v zmysle Pokynu prezidenta, ako aj výsledky počtu síl a prostriedkov potrebných na zásah (Tab. 2).

V prvom kroku bola podľa Pokynu prezidenta HaZZ vypočítaná celková plocha požiaru. Je to vlastne plocha, ktorú požiar zachvátil až do lokalizácie požiaru poslednými nasadenými hasičskými jednotkami. Celková vypočítaná plocha činila 1,14 ha (11400 m²). Ako už bolo spomenuté, tento údaj bol použitý do výpočtu plochy hasenia, ktorá predstavovala 1898 m² vzhľadom na obvod hasenia, ktorý bol 379,6m. Výsledné údaje sme použili na vypočítanie potrebného počtu síl a prostriedkov na likvidáciu požiaru (Tab. 2).

Tab. 2. Vypočítaný počet síl a prostriedkov pomocou plochy požiariska určenej pomocou metodického pokynu

<i>Parameter</i>	<i>Vypočítaná hodnota</i>
Q_p^h	3416 l.min ⁻¹
N_{pr}^h	18 prúdov
N_p	38 príslušníkov

Základné údaje z Tab. 2 boli použité ako východiskové pri ďalších výpočtoch síl a prostriedkov pre jednotlivé v rámci taktického cvičenia skúmané systémy dopravy vody na požiarisko.

Následne bolo vykonané porovnanie zistených parametrov.

Pri určovaní plochy požiaru bolo zistené, že pri výpočte plochy požiariska podľa Pokynu bola zistená výmera požiariska 1,14 ha, zatiaľ čo pri použití programu FARSITE len 0,4 ha. To predstavuje dostatočne veľký rozdiel na zamyslenie sa nad správnosťou obidvoch prístupov a príčinami, ktoré viedli k tak markantným rozdielom vo vypočítaných plochách výsledného požiariska. Dôvodom týchto rozdielnych hodnôt je to, že pri matematických výpočtoch sa požiar šíril po celú dobu rovnakou rýchlosťou. Pri modelovaní v prostredí FARSITE bola jeho rýchlosť ovplyvňovaná sklonom terénu, kedy pri veľkom sklone dochádza k takzvanému komínovému efektu a veľký vplyv na jeho rýchlosť šírenia má aj sila a smer vetra. Najmä, keď fúka v smere do kopca, rýchlosť nekontrolovateľne narastá. To sú hlavné dôvody vrátane parametrov paliva, ktoré sa na danom území nachádza. Nakoľko, keď zoberieme veľkosť povrchu paliva k jeho objemu, pri menších objemoch s veľkým povrchom dochádza k rýchlejšiemu prehrievaniu materiálu a rýchlemu uvoľňovaniu horľavých plynov (termo-oxidačný proces). Všetky tieto podmienky, ktoré program FARSITE pri výpočtoch berie do úvahy (relief terénu, vlhkosť paliva, vietor atď.), ho predurčujú na presnejšie stanovenie plochy požiariska.

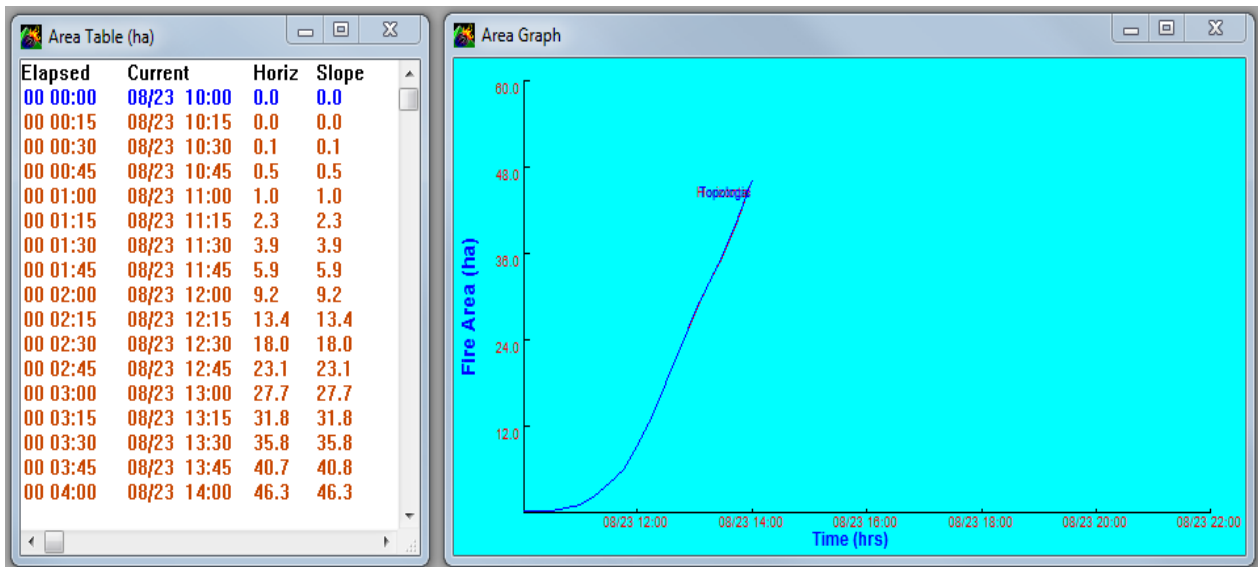
Po porovnaní plochy požiaru boli vypočítané sily na obhospodarovanie „C“ prúdov a intenzita dodávky vody na plochu určenú matematickým spôsobom (viď. Tab. 2) a na plochu požiariska, zistenú prostredníctvom programu FARSITE. Pri použití plochy vypočítanej prostredníctvom Pokynu bola intenzita dodávky vody 3416 l.min⁻¹. Takúto intenzitu jedno stacionárne čerpadlo nedokázalo zabezpečiť, preto bol vytvorený aj druhý zásahový úsek s ďalším stacionárnym čerpadlom. Pri ploche určenej prostredníctvom programu FARSITE vyšla intenzita 2274 l.min⁻¹. Tento výsledok udáva, že v tomto prípade by napr. CAS32 T148 s menovitým výkonom čerpadla 3200 l.min⁻¹ úplne postačovala a nebolo by potrebné vytvárať ďalší zásahový úsek. Z dôvodu nevytvorenia druhého zásahového úseku by sa ušetrili sily a prostriedky, ktoré by bolo potrebné sťahovať z iných hasičských staníc.

4.2 Výsledky použitia programového prostriedku FARSITE v rámci taktického cvičenia na území VVP Lešť

V tomto prípade išlo o taktické cvičenie, kde sa uskutočňovalo modelovanie správania sa požiaru nielen v prípravnej fáze taktického cvičenia, ale aj v reálnom čase v jeho priebehu. Tieto výsledky sa využívali ako na vedenie pozemného ale leteckého útoku.

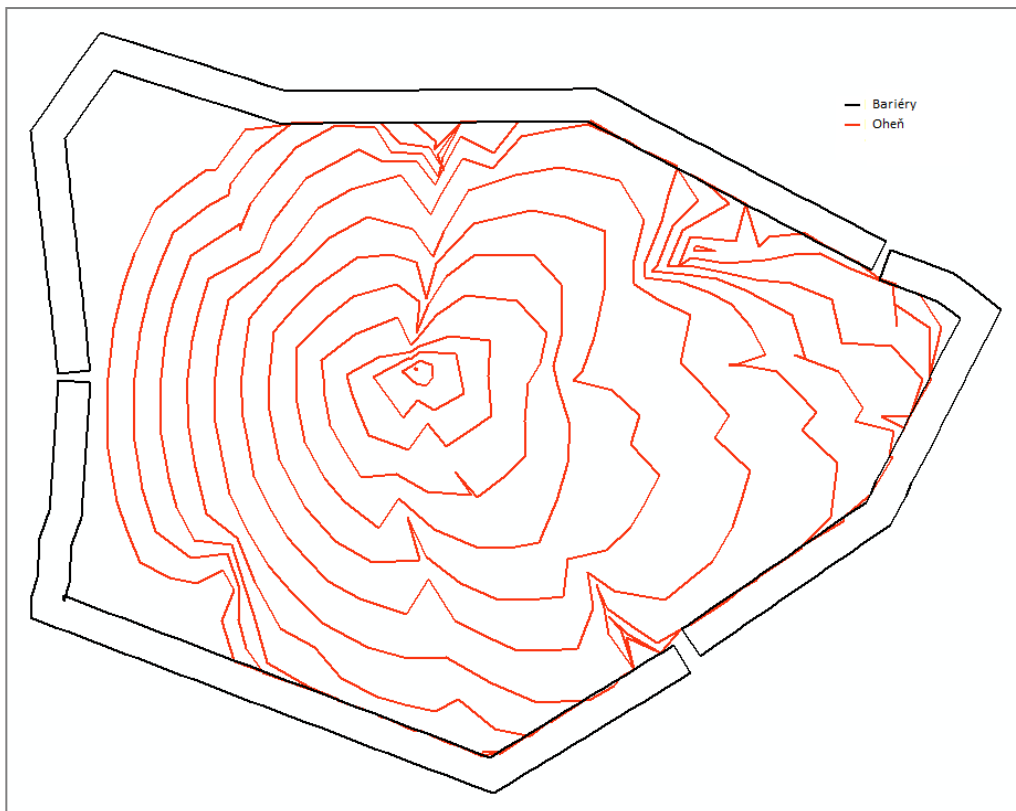
Tu uvádzame len niektoré z výsledkov, ktoré boli získané v priebehu taktického cvičenia.

Plocha požiariska v forme tabuľky a grafu v definovaných 15 min. intervaloch je uvedená na Obr. 6 (výstup z prostredia FARSITE).



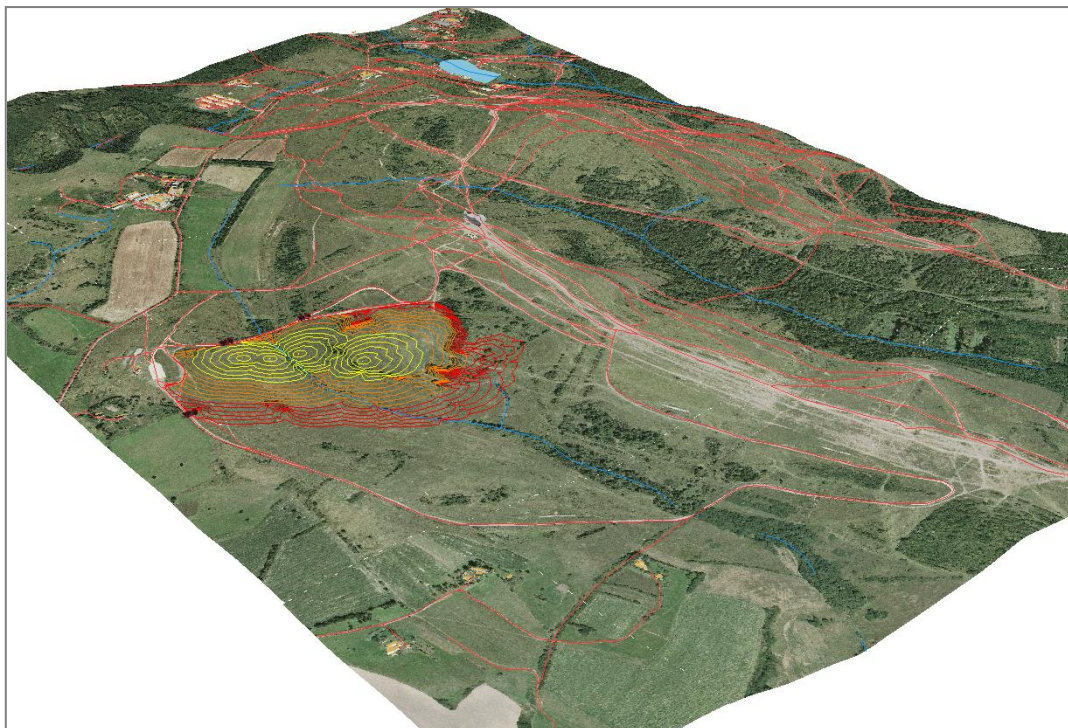
Obr. 6. Výsledné parametre týkajúce sa plochy požiariska získané v prostredí FARSITE

V procese modelovania požiaru je možné v simulácii uvažovať aj s vedením útokov (pozemný, vzdušný). Tieto je možné do simulácie vkladať prostredníctvom tvorby tzv. bariér (angl. Barriers). Tieto je možné, podobne ako miesto vzniku požiaru vkladať manuálne alebo ich načítať ako vektorovú vrstvu, tak ako tomu bolo aj v tomto prípade (Obr. 7). Toto umožňuje modelovanie požiaru a postupov jeho likvidácie v reálnom čase za relatívne krátky čas, čo je nespornou výhodou tohto systému, ktorá predurčuje tento prostriedok, aj vzhľadom na fakt, že ide o voľne šíriteľný program na jeho priame využitie v operatívnej praxi riadenia a koordinácie hasičských jednotiek pri zdoľávaní a likvidácii mimoriadnych udalostí spojených s výskytom požiaru v prírodnom prostredí.



Obr. 7. Plocha modelového požiariska v prostredí FARSITE spolu s definovaním bariér

V prostredí FARSITE získanú výslednú plochu požiariska je možné ďalej v prostredí GIS, alebo aj po doplnení modulu na konverzie „SHP to KML/KMZ“ v CoordCOM GIS (systém používaný na koordinačných strediskách Integrovaného záchranného systému) konvertovať do formátu vhodného pre jej načítanie do prostredia samotného CoordCOM GIS alebo Google Earth, a vizualizovať ju na podklade ortofotosnímky či vo forme 3D vizualizácie napr. v prostredí ArcScene (Obr. 8).



Obr. 8. Vizualizácia výsledkov modelovania rozsahu požiariska v prostredí ArcScene.

V tomto prípade sa údaje o požiarisku nepoužívali do ďalších výpočtov, nakoľko cieľom cvičenia bola prezentácia súčasných technológií a informačných systémov pre optimalizáciu riadenia a koordinácie záchranných zložiek na koordinačných strediskách Integrovaného záchranného systému, či ich operačných strediskách.

5 ZÁVER

Programový prostriedok FARSITE je vhodným nástrojom pre tréning členov riadiacich štábov, testovanie vhodnosti nasadenia rôznych taktických postupov likvidácie prírodných požiarov. Rovnako je vhodným nástrojom pre tvorbu taktických cvičení hasičských jednotiek, ako už bolo preukázané v tomto príspevku.

Za predpokladu že by mal operátor či vyškolený pracovník riadiaceho štábu dopredu pripravené geografické dáta záujmového územia, tak by dokázal spustiť simuláciu v priebehu 30 minút od nahlásenia požiaru. Týmto spôsobom, ešte pred dojazdom jednotky na miesto zásahu, by mal riadiaci štáb k dispozícii veľmi užitočné informácie o správaní daného požiaru, smere jeho šírenia a rozsahu požiariska. Riadiaci pracovníci by tak mohli mať uľahčenú situáciu pri ďalšom rozhodovaní, napr. o nasadení ďalších síl a prostriedkov.

Do budúcnosti sa uvažuje s modelovým projektom na jednom z koordinačných stredísk Integrovaného záchranného systému (IZS) SR, kde by mal byť program FARSITE naplno využitý v praxi spolu s dostupnou sadou údajov o množstve, distribúcii a fyzikálnych parametroch paliva v zásahovom území daného strediska IZS, ktorým je samosprávny kraj, nakoľko koordinačné strediská IZS sa zriaďujú na úrovni Obvodných úradov v sídle kraja.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore projektu TÁMPO-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 a projektu „Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine“, ITMS: 26220120069, Operačný program Výskum a vývoj, financovaný z prostriedkov ERDF.

LITERATÚRA

1. Zbierka pokynov Prezídia Hasičského a záchranného zboru č. 39/2003 z 23. mája 2003, pokyn prezidenta Hasičského a záchranného zboru o obsahu a o postupe pri spracúvaní dokumentácie o zdolávaní požiarov.
2. Hansen, R. (2011) Modeling of Wildfires. [Online] [Dátum: 15. február 2011]: <<http://www.bth.se/fou/cuppsats.nsf/8a05fd15257c7e58c1256608004f0536/e6fdff8c248fd452c1257509003dc3d2!OpenDocument>>
3. Glasa, J., Weisenpacher, P. a Halada, L. (2010) Tragic forest fire in Slovak Paradise: ten years after. In: Proc. of the Int. Conf. on Forest Fire Research (D. X. Viegas, ed.), Coimbra, University of Coimbra, Portugal, 15 p. ISBN 978-989-20-2157-7.
4. Halada, L., Weisenpacher, P. a Glasa, J. (2006) Reconstruction of forest fire propagation case when people were entrapped by fire. In Proceedings of the International Conference on Forest Fire Research, Figueira da Foz.
5. Majlingová, A., a Vida, T. (2008) Possibilities of forest fire modeling in Slovak conditions. Proceedings from the International Symposium GIS Ostrava 2008, Ostrava, Česká republika.
6. Morávek, P. (2009) Návrh a realizácia taktického cvičenia jednotiek DHZ s podporou GIS. Diplomová práca, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 104 s.
7. Libiček, M. (2011) Modelovanie a simulácia šírenia lesného požiaru na vybranom území a návrh operačných postupov na jeho likvidáciu. Diplomová práca. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 77 s.
8. Zbierka pokynov Prezídia Hasičského a záchranného zboru č. 21/2008 z 21.apríla 2008, Pokyn prezidenta Hasičského a záchranného zboru o postupe pri vykonávaní taktických cvičení a previerkových cvičení v Hasičskom a záchrannom zbere.
9. Pichanič, P. (2012) Hasenie lesných požiarov - návrh optimalizačných postupov s využitím GIS. Diplomová práca, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 90 s.
10. Antalová, M. (2011) Návrh implementácie informačného systému pre sledovanie využitia a zaťaženia lesnej dopravnej siete. Doktorandská dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 178 s.
11. Tuček, J. a Majlingová, A. (2007) Lesné požiare v Národnom parku Slovenský Raj : aplikácie geoinformatiky. Vedecké štúdie, 3/2007/B. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 172 s. ISBN 978-80-228-1802-5.