

Sedam godina od kornatske tragedije

|| D. Knežević*

Hrvatska vatrogasna zajednica
Selska cesta 90a, 10 000 Zagreb

|| Sažetak

Ovim člankom opisuje se stradavanje vatrogasaca na Velikom Kornatu, u poznatoj nesreći iz 2007. godine. Opisuje se događaj kao i mogući scenariji razvoja događaja. Analiziraju se scenariji o kojima se govorilo, činjenice o tom događaju i literaturni izvori o sličnim događajima. Cilj je stručne analize bolje razumijevanje i izvlačenja poučaka iz događaja, kako bi se izbjegla slična događanja na požarima vegetacije tijekom požarne sezone u priobalju, s kojima se hrvatski vatrogasci susreću svake godine. Članak je dijelom ograničen u smislu prikaza termodinamičkih modela i modela brzine širenja požara na otvorenom prostoru zbog složenosti takvih modela u specifičnim uvjetima konfiguracije terena, stanja vegetacije i atmosferskih uvjeta tijekom tog događaja. Analiza se temelji na informacijama iz raznih dostupnih izvora i spoznaja prikupljenih u proteklih sedam godina.

|| Ključne riječi

Kornatska tragedija, eruptivni požar, eksplozija nehomogene plinske smjese

Uvod

I ove godine na dan sjećanja, 30. kolovoza, odana je počast stradalim vatrogascima iz kornatske tragedije koja je obilježila hrvatsko vatrogastvo toliko da se kod mnogih građana to prvo javlja kao asocijacija kada se spomenu vatrogasci, njihov posao ili općenito vatrogasna djelatnost.

Smrtno je stradalo 12 vatrogasaca. Jedini preživjeli vatrogasac *Frane Lučić* zadobio je teške opekline te je dugo vremena proveo na bolničkom liječenju.

Odgovornost za postupke upravljanja u tom događaju prebačena je na tadašnjeg županijskog vatrogasnog zapovjednika *Dražena Slavicu*. Nakon dugog suđenja, 9. rujna 2013., prvostupanjskom presudom suda u Zadru *Dražen Slavica* oslobođen je svih optužbi.

Od prvog dana pokušavalo se otkriti što je zapravo dovelo do stradavanja. Nije se mogao naći odgovor koji bi povezo veliku toplinsku energiju koja je izazvala teške opekline kod vatrogasaca i oskudno stanje vegetacije na Velikom Kornatu. Jačina požara i razvoj topline zbog gorenja trave na otoku ne mogu se usporediti s većinom ostalih požara na priobalju, koji su mnogo jači i gdje ne bilježimo niti jedan slučaj smrtnog stradavanja od opekline.

U traženju odgovora o uzrocima kornatske tragedije isticala su se četiri moguća scenarija:

- i. *eruptivni požar* – snažno ubrzanje izgaranja vegetacije (trave), koje je sustiglo vatrogasce i izazvalo smrtonosne opekline; ovo stajalište zauzela je interdisciplinarna radna skupina koju je ubrzo nakon nesreće osnovalo Ministarstvo unutarnjih poslova
- ii. *eksplozija nehomogene plinske smjese* (produkata isparavanja i nepotpunog izgaranja vegetacije) koja se uslijed atmosferskih uvjeta i konfiguracije terena nakupila u Klancu Šipnate na otoku i zapalila u nepovoljnom trenutku; ovo stajalište zauzela je skupina sudskih vještaka u procesu koji se vodio protiv *Dražena Slavice*

iii. *eksplozija ostataka NATO-bombe* odbačene tijekom zračnih napada u “Kosovskoj krizi” 1999. godine; ostataka koje je aktivirao prizemni požar trave; ovo stajalište zauzeo je umirovljeni časnik Hrvatske vojske *Nediljko Pušić*, proučavajući slučaj i analizirajući satelitske snimke oblaka s područja Kornata toga dana i obilježja ozljeda na vatrogascima



Slika 1 – Požar na Velikom Kornatu

* Damir Knežević, dipl. ing., Rukovoditelj poslova osposobljavanja, usavršavanja i normizacije, e-pošta: damir.knezevic@hvz.hr

iv. zapaljenje raspršenog goriva iz helikoptera koji je prevozio vatrogasce, koje je iscurilo u trenutku kada je helikopter nalazio neposredno iznad vatrogasaca; sumnju u ovakav scenarij iznosili su neki članovi rodbine poginulih.

Opis događaja

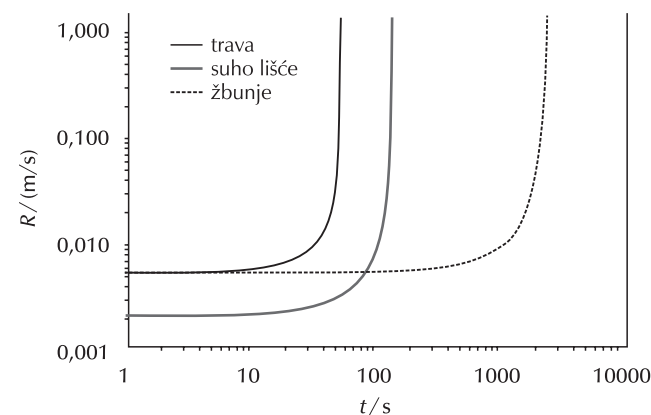
Toga dana u uvali Vrulje na Velikom Kornatu izazvan je požar, procjenjuje se između 11.00 i 11.30 sati. Vegetacija na otoku bila je oskudna, uglavnom suha trava na stjenovitom tlu, uz pojedino stablo ili gm. Sunčan dan s jakim jugom, brzine mjestimično veće od 10 m/s na visini od 10 m od tla sa smjerom puhanja od dna klanca prema vrhu.¹

Požar se od mjesta nastanka širio sjeverozapadno (uzduž otoka prema mjestu nesreće) i prešao oko 6,6 km, prosječnom brzinom od oko 2 km/h. Vatrogasce je dostigao u Klancu Šipnate, procjenjuje se između 15.15 – 15.20 sati. Skupina od 13 vatrogasaca kretala se klancom noseći vatrogasnu opremu kako bi došla do spremnika vode za gašenje koju je spustio helikopter.

Prema rekonstrukciji događaja, požar ih je sustigao šireći se naglo iz dna klanca. Vatrogasci su odbacili opremu i pokušali pobjeći. Nisu uspjeli. Požar je bio brži. Preživjeli vatrogasac bio je zadnji u toj skupini. Uspio je leći na pod i djelomično zaštititi tijelo od vatre. Ostali su pretrpjeli teške opekline kože i organa za disanje od kojih se nisu oporavili.

U ovom događaju ističu se sljedeći detalji:

- u skupini od 13 vatrogasaca preživio je samo zadnji vatrogasac koji je bio na najvišoj poziciji u klanca
- preživjeli vatrogasac izjavio je da je vatra došla iz podnožja klanca, praćena specifičnim zvukom ("kao da dolazi vlak")
- vatrogasci su primijetili vatru i dim u naglom širenju prema njima, od čega su pokušali pobjeći; ovakav razvoj požara je neočekivan za uvjete vegetacije koji su bili vidljivi na snimkama koje su stradali vatrogasci napravili toga dana (slika 1)
- stupanj i jačinu opekline te oštećenja na osobnoj zaštitnoj opremi i ostaloj vatrogasnoj opremi teško je povezati s očekivanim trajanjem požara trave ili zapaljenja smjese pirolitičkih plinova
- tri osamljena stabla u klanca na putu širenja požara nisu izgorjela, spaljeno je samo lišće u donjem dijelu; na vrhu stabala lišće nije spaljeno već samo osušeno; iz ovoga se zaključuje da plamen nije bio visoko od tla



Slika 2 – Promjena brzine širenja požara tijekom vremena za tri vrste vegetacije: HB – trava, LT – suho lišće i SR – žbunje²

- u klanca susrećemo dvije krajnosti; trava u jednom njegovu dijelu uopće nije izgorjela, a na mjestu stradavanja izazvala je smrtonosne opekline
- na stijeni udaljenoj 2 m od mjesta gdje je zaostao vatrogasac, pronađeni su tragovi poliestera, što se dovodi u vezu s visokom temperaturom i jakim vjetrom koji je otrgnuo dijelove rastaljene odjeće i zalijepio ih za stijene.

Scenariji događaja

Eruptivni požar

U požaru vegetacije na otvorenom prostoru ponekad se javljaju ekstremne pojave. Eruptivni požar jedna je od takvih pojava. Posebno je opasan za vatrogasce jer se širi toliko brzo da je teško pobjeći. U uvjetima povoljne vegetacije, topografije i meteoroloških prilika, brzina širenja požara naglo se povećava i poprima obilježja erupcije.

Eruptivni požar je dokazana pojava. Pokazuju to primjeri požara kod Famalicãoa u Portugalu, 2006. i Artemide u Grčkoj, 2007.² U literaturi se upotrebljavaju razni termini za opis ove pojave: *blow-up*, *flare-up*, *fires flashover*, *accelerating forest fires*.³ Konvektivno strujanje toplih plinova i nagib terena omogućuju veću brzinu širenja požara. Plamen i topli požarni dim zbog uzgona kreću se u visinu. Na nagnutom terenu predgrijavaju vegetaciju znatno više nego na ravnom terenu. Predgrijana se vegetacija brže pali. Prema McArthur⁴ povećanje nagiba terena za 10° dovodi do udvostručenja brzine širenja požara:

$$R_s = R_0 \exp(0,0691 S / ^\circ),$$

gdje je R_s brzina širenja požara na nagnutom terenu, R_0 brzina širenja požara na ravnom terenu, a S nagib terena.

Usprkos ograničenjima kada su u pitanju nagibi veći od 20°, ovo se pravilo može prihvatiti u Klancu Šipnate, gdje je nagib uzduž klanca u rasponu 7° – 10°.

Eruptivni razvoj požara može se vidjeti u eksperimentalnim uvjetima. Na primjer, erupcija u požaru trave može nastupiti u roku od oko 60-ak sekundi (slike 2 i 3).

Za eruptivni požar posebno su važna dva faktora: konfiguracija (nagib) terena i vegetacijski pokrov. Mnogo su važniji u odnosu



Slika 3 – Eksperiment na eruptivni požar



Slika 4 – Požar kod Palasca

na uvjete atmosfere ili sadržaj vlage u gorivoj tvari. Eruptivno ubrzanje može se javiti i na ravnim terenima, pri blagom vjetru koji usmjeruje plamen, stvarajući uvjete slične onima na nagnutom terenu.

Eksplozija nehomogene plinske smjese

Eksplozija nehomogene plinske smjese zapravo predstavlja eksploziju dima koji se razvio u požaru, obogaćenog hlapivim produktima trave koji su se razvijali pod utjecajem topline. Pretpostavlja se da je izgaranje trave stvorilo pirolitičke plinove koji su se zbog atmosferskih utjecaja nakupljali u Klanacu Šipnate i u nepovoljnom trenutku zapalili. Strujanje zraka iznad klanca stvorilo je laminarno strujanje kao svojevrsnu prepreku koja je onemogućila raspršivanje smjese iz klanca. Tako se smjesa nakupljala u klanacu i dosegla zapaljivu koncentraciju. Pri zapaljenju je došlo do deflagracije koja je stvorila produkte zagrijane do 1800 °C, što je izazvalo opekline. Navodi se kako je ovakva eksplozija vrlo rijetka pojava, ali su slični slučajevi ipak zabilježeni u požarima u Australiji, 18. siječnja 2003. u blizini Canberre i 17. rujna 2000. pokraj Palasca na Korzici.

Požar vegetacije u Australiji, koji je 18. siječnja 2003. zahvatio australski glavni grad Canberru, bio je toliko velik da je uništio više od 500 kuća i usmrtio četiri osobe. Bio je to drugi požar po snazi razaranja u Australiji. Trajao više od mjesec dana i opožario više od desetine australskog kontinenta. Spomenutog dana požarna crta bila je duga 35 km. Dugotrajna suša, temperatura zraka iznad 37 °C i vjetar brzine od oko 80 km/h u kombinaciji sa suhom eukaliptusovom šumom i nasadima borova oko Canberre stvorili su ogromnu požarnu oluju. Zahvaljujući brzom evakuaciji građana iz predgrađa, zatečenih jačinom požarne oluje, nije došlo do većih ljudskih žrtava. Istraživanja toga požara pokazala su da kao posljedicu svoje jačine požarna oluja može stvoriti specifične atmosferske uvjete strujanja zraka. Navode se brzine strujanja zraka do ekstremnih 250 km/h. Takav vjetar raznosi zapaljive materijale i započinje nove točkaste požare. Imajući u vidu specifičnosti vegetacije u Australiji i ekstremne vremenske prilike, procjenjuje se da je požarna oluja događaj sa statističkom vjerojatnošću jednom u sto godina.¹⁰

Požar vegetacije 17. rujna 2000. kod Palasca na sjeveru Korzike počeo je oko 7 sati ujutro i zahvatio klanac dug 700 m (slika 4). Nakon nešto više od jednog sata došlo je do naglog ubrzanja širenja požara na površini od oko 6 hektara. Preživjeli opisuju događaj kao "jezero vatre" koje se naglo razvilo te nakon jedne minute nestalo. Dva su vatrogasca poginula a šest drugih je pretrpjelo opekline, petero teške.⁵

Zapaljenje sadržaja bombe

Po ovom scenariju stradavanje je izazvano sadržajem jedne ili dviju NATO-ovih bombi, najvjerojatnije bombom CBU-87 s kumulativnim nabojem. Takve bombe, teške stotinu kilograma, odbacivane su iz zrakoplova tijekom "Kosovske krize" 1999. zbog potreba sigurnog slijetanja zrakoplova. Poslije, u operaciji njihova prikupljanja nisu sve pronađene.

Prizemni požar trave na Velikom Kornatu aktivirao je rasuti sadržaj bombe. Vatrogasci su se očito zatekli na području koje je bilo pokriveno takvim sadržajem. Satelitske snimke oblaka iz požara toga dana odgovarale su onome što se očekuje kod aktivacije sadržaja iz takvih bombi. Smatra se da su jačina i opis opekline na vatrogascima u skladu s očekivanjem.

Zapaljenje raspršenog goriva

Prema ovom scenariju iz helikoptera je curilo gorivo, raspršeno strujanjem zraka, u zoni vatrogasaca koji su se nalazili ispod helikoptera i na kraju zapaljeno. Međutim, prema izvještaju ekspertnog povjerenstva i izjavama odgovornih osoba, do oštećenja helikoptera i curenja goriva ili maziva nije došlo.

Rasprava

Klanac Šipnate nagibom pogoduje razvoju eruptivnog požara. Tome pridonose suha trava i vjetrovito vrijeme. Prema zaključcima skupine autora,¹ na temelju razvoja događaja, preliminarnih laboratorijskih simulacija i primijenjenog matematičkog modela, eruptivni požar čini se prihvatljivim scenarijem.

Je li se na Velikom Kornatu zaista dogodio eruptivni požar? To se još uvijek ne može sa sigurnošću tvrditi, najmanje iz sljedećih razloga:

- matematički model razvoja eruptivnog požara ima nedostatke⁴
- razlike između realnih uvjeta i uvjeta u laboratorijskom eksperimentu
- stanje vegetacije na Velikom Kornatu je bilo toliko oskudno da se ne može usporediti s vegetacijom koja se susretala u drugim požarima koji se navode kao primjeri eruptivnih požara
- toplinska energija koja se razvija gorenjem trave teško se može usporediti s toplinskom energijom propana koja se razvija na plinskim plamenicima kada se ispituje vatrogasna

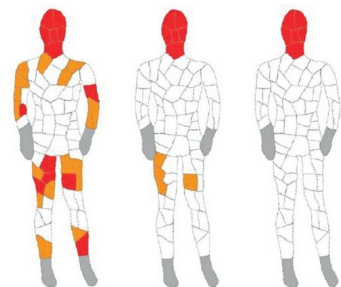


Uvjeti ispitivanja:

plamen: 6,0 s
toplinski tok: 84 kW/m²
donje rublje: pamuk

Procjena:

- bez opekline
- opekline 2. stupnja
- opekline 3. stupnja
- bez informacija



Jednoslojno odijelo

Dvoslojno odijelo

Troslojno odijelo

Ukupne opekline: 61 % 14 % 7 %

Slika 5 – Prikaz uvjeta i procjena opekline tijekom ispitivanja različitih odijela na lutki

odjeća; na jednoslojna vatrogasna odijela kakva su koristili stradali vatrogasci djeluje se plamenom u trajanju od 5 s (norma ISO 13506), a površina tijela pod opeklinama 3. stupnja zanemariva je u odnosu na opekline koje smo vidjeli na vatrogascima (slika 5).

Je li eksplodirala nehomogena plinska smjesa? Ako nema strujanja zraka ili vjetra koji raspršuje plinove, teorijski je u klancu do takvog scenarija moglo doći,³ ali ga je vrlo teško prihvatiti u realnim uvjetima u slučaju Kornata iz sljedećih razloga:

- gorenjem suhe trave na otvorenom prostoru u uvjetima izvrsne cirkulacije zraka nastaje najmanje pirolitičkih plinova koji su podložni daljnjem gorenju
- teško je zamisliti da je došlo do nakupljanja zapaljive smjese pirolitičkih plinova u uvjetima otvorenog prostora, zbog strujanja zraka izazvanog jakim jugom i vertikalnog strujanja zraka koje nastaje kao posljedica sunčevog zagrijavanja tla
- ako je i došlo do zapaljenja, ono je bilo kratkotrajno i teško ga je povezati s opeklinama dišnih putova i kože kakve su pretrpjeli vatrogasci
- eksplozija pirolitičkih plinova na otvorenom prostoru u literaturi je samo teza, nikada dokazana pojava; požari kod Canberre i Palasca ne mogu se usporediti s požarom na Kornatu. Dovoljno je vidjeti slike vegetacije na požaru s Palasca, a posebno požara kod Canberre kada su gorjele površine pod eukaliptusom.

Zapaljenje sadržaja bombe na prvi pogled izgleda prihvatljiviji scenarij od prethodna dva. Pirotehnički materijal dulje gori i razvija veću snagu od trave. Teške opekline, taljenje vatrogasne opreme, toplinsku degradaciju osobne zaštitne opreme, kakvu smo vidjeli, mnogo je lakše pripisati pirotehničkom materijalu nego travi.

Međutim za ovaj scenarij nema materijalnih dokaza. S obzirom na vremenski razmak između aktivnosti NATO-a i stradavanja vatrogasaca, postavlja se i pitanje koliko je moguće da pirotehnički materijal zadrži svojstva zbog utjecaja kiše, sunca i vjetra. Je li moguće da se nije otopio, raspršio ili na bilo koji drugi način degradirao, već je zadržao zapaljivost i postojanost nakon toliko vremena?

Zapaljenje raspršenog pogonskog goriva iz helikoptera je scenarij s najmanjom vjerojatnošću. Nezamislivo je na otvorenom prostoru stvoriti takvu zapaljivu smjesu u kojoj bi svi vatrogasci stradali, a da istodobno letjelica ne padne ili ne ostavi tragove i dokaze. Ovakav scenarij teško je zamisliti i kod prevrtanja autocisterni koje prevoze više od 20 m³ takvog goriva.

Zaključak

Činjenica je da su vatrogasci na Velikom Kornatu bili pod duljim utjecajem plamena i visoke temperature, od čega su i stradali. Nije im pomogla osobna zaštitna oprema, iako namijenjena za aktivnosti gašenja požara na otvorenom prostoru.

Mnogi vatrogasci s dugogodišnjim iskustvom u gašenju požara na otvorenom prostoru u priobalju ne mogu povezati stanje vegetacije i posljedice stradavanja.

Modeli širenja požara na otvorenom prostoru još uvijek nisu razvijeni u dovoljnoj mjeri da bi bili opće prihvatljivi u smislu procjene vjerojatnosti nastanka eruptivnog požara na nekom požarištu, a posebno procjene posljedica požara. Modeliranje ovih procesa je krajnje složeno zbog niza čimbenika koji utječu na razvoj požara na otvorenom prostoru.

Kada je u pitanju zapaljenje plinske smjese tijekom požara na otvorenom prostoru, potrebna su daljnja istraživanja u realnim uvjetima tijekom požarne sezone, sakupljajući uzorke dima i plinova u blizini požara i analizirajući njihovu koncentraciju i zapaljivost. Eksperimentalni podaci iz laboratorija u uvjetima bez požara i na stabljikama ružmarina, mogu samo dijelom poslužiti za simulaciju uvjeta požara trave na Kornatu.^{3,6}

Stradavanje vatrogasaca u tragediji na Kornatu sa stručne strane još uvijek ostaje nerazvijetljeno, a vatrogasna struka treba uložiti više napora kako bi iz ovog događaja izvukla zaključke na temelju kojih će se donositi bolje sigurnosne procjene na sličnim požarima.

Literatura

References

1. D. X. Viegas, D. Stipanicev, L. Ribeiro, L. P. Pita, C. Rossa, The Kornati fire accident – eruptive fire in relatively low fuel load herbaceous fuel conditions, Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires 1 (2008) 365–375, www.witpress.com.
2. E. Chuvieco, (Ed.), Earth Observation of Wildland Fire in Mediterranean Ecosystems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-01754-4>.
3. L. Courty, K. Chetehouna, J. P. Garo, D. V. Viegas, A volatile organic compounds flammability approach for accelerating fires, WIT Transactions on Ecology and the Environment 137 (2010) WIT Press.

4. J. J. Sharples, A. M. Gill, J. W. Dold, The trench effect and eruptive wildfires: lessons from the King's Cross Underground disaster, www.publish.csiro.au/?paper=WF10055.
5. J. Dold, A. Simeoni, A. Zinoviev, R. Weber, The Palasca Fire, September 2000: Eruption or Flashover, www.maths.manchester.ac.uk/~jwd/articles/09-tPF-EoF.pdf.
6. J. Dold, A. Zinoviev, E. Leslie, Intensity accumulation in unsteady firelines: a simple model for vegetation engagement, www.maths.manchester.ac.uk/~jwd/articles/11-IAiUFaSM-fVE.pdf.
7. K. Chetehouna, T. Barboni, I. Zarguili, E. Leoni, A. Simeoni, A. C. Fernandez-Pello, Investigation on the Emission of Volatile Organic Compounds from Heated Vegetation and Their Potential to Cause an Accelerating Forest Fire, *Combust. Sci. Techn.* **181** (10) (2009) 1273–1288, doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00102200903181827>.
8. G. A. Mills, Lower atmospheric drying, stability, and increased wildfire activity, https://ams.confex.com/ams/6Fire-Joint/techprogram/paper_97603.htm.
9. D. X. Viegas, A mathematical model for forest fires blowup, *Combust. Sci. Techn.* **177** (2005) 27–51, doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00102200590883624>.
10. P. A. Werth, B. E. Potter, C. B. Clements, M. A. Finney, S. L. Goodrick, M. E. Alexander, M. G. Cruz, J. A. Forthofer, S. S. McAllister, *Synthesis of Knowledge of Extreme Fire Behavior: Volume I for Fire Managers*, 2011.
11. J. Murray, The Recovery Process for Canberra's Bushfire Emergency 18–28 January 2013, www.cmd.act.gov.au/_data/assets/pdf_file/0012/120252/report_bushfiredoc_v2_25march2003.pdf.
12. J. J. Sharples, R. H. D. McRae, S. R. Wilkes, Wind-terrain effects on the propagation of wildfires in rugged terrain: fire channelling, *Int. J. Wildland Fire* **21** (2012) 282–296, doi: <http://dx.doi.org/10.1071/WF10055>.
13. ISO 13506, Protective clothing against heat and flame – Test method for complete garments – Prediction of burn injury using an instrumented manikin.

SUMMARY

Seven Years since the Kornat Tragedy

Damir Knežević

This article describes the casualty of firefighters on the island of Veliki Kornat, in the famous accident of 2007. It gives a description of the events and possible scenarios of events. It analyses the scenarios that were discussed, facts about the incident and bibliographic sources of similar events. The goal is a better understanding of technical analysis and to learn lessons from these events, in order to avoid similar accidents in wildfires during the fire season in the coastal region, with which the Croatian firefighters face every year. The article is somewhat limited in terms of thermodynamic models and the models of fire propagation in wildfires because of the complexity of such models in the specific conditions of terrain, the state of vegetation and atmospheric conditions. The event is trying to expertly analyse on the basis of information from various available sources and knowledge gained in the past seven years.

Keywords

Tragedy on Kornati, eruptive fire, explosion of inhomogeneous gas mixture

*Croatian firefighting association
Selska cesta 90a
10 000 Zagreb
Croatia*