
Ventilacijske strategije: Svjetska iskustva i metode

Ed Hartin, MS, EFO, MIFireE, CFO (Nikola Tramontana, Trans.)

Uvod

Kemija i fizika iza požara su konstatni za cijeli svijet, no strategije i taktike vatrogasaca su pokazuju znatne varijacije

“From the remotest periods of antiquity to the present time, the business of extinguishing fires has attracted a certain amount of attention; but is a most curious fact that, even now, there is so little method in it in that it is a very rare circumstance to find any two countries, or even any to cities in one country, adopting the same means, or calling their appliances by the same name”

-Shaw, 1876

“Od najaranijeg doba do danas, posao gašenja vatre je privlačio pažnju, no čudna je činjenica da čak i sada postoji toliko malo metode u njemu, da je skoro nemoguće naći dvije države ili čak dva grada u istoj državi koji koriste ista rješenja ili čak zovu svoje alate istim imenima”

-Shaw, 1876

Od kada čovječanstvo poznaju vatru, kontrola vatre je područje izučavanja, no za sve što mi znamo o vatri, postoji još znatno više za naučiti. Ventilacija je ključan factor u razvoju i kontroli vatre, no još uvijek postoje nesporazumi i krive uporabe ventilacijskih strategija i taktika. Vertikalna ventilacija (vidi sliku 1.), ventilacija pozitivnim pritiskom i anti-ventilacijska taktika se često koriste bez znanstvene osnove ili operativnog iskustva



(Figure 1.) Slika 1. Vertikalna Ventilacija

Kontrola ventilacije se koristi kao vatrogasna strategija godinama, no evoluirala je u dva specifična smjera. Jedna metoda je da se zaustavi pristup zraka, tako ograničavajući količinu kisika potrebnu za izgaranje.

Ljudi iz vatrogasne jedinice su bili naučeni da koliko god mogu ograniče pristup zraka gorivim materijalima. Ono što su otvorena vrata prostora gdje se sakuplja pepeo veliki peći su isto i otvorena vrata zapaljene kuće. U oba slučaja vrata kontroliraju pristup zraka vatri

-Braidwood, 1830

Na prvo otkrivanje vatre najbitnije je zatvoriti i zadržati zatvorena sva vrata, prozore i druge otvore. Često se može zamjetiti kako je jedan kat skoro netaknut dok su katovi iznad i ispod njega sasvim spaljeni – ovo se događa zbog toga što su vrata na tom katu bila zatvorena.

-Braidwood, 1830

Drugi pristup je odstranivanje vrućeg i opasnog dima i plinova izgaranja iz zgrade

Jedan od glavnih razloga gubitka kontrole nad požarom je nedostatak adekvatne ventilacije. Ako se želite kretati kroz izrazito zadimljenu vatru morate ventilirati prostor ili ćete uskoro morati napustiti taj prostor. Da, trebate koristiti maske za držanje teških pozicija, no najveći broj požara se može kontrolirati dobrom, brzom ventilacijom i ekipom spremnom da krene u njega

-Fried, 1972

Dok dva gornja primjera ilustriraju dva osnovna pristupa ventilaciji, ove strategije su nastale kao produkti 19. i 20. stoljeća i kao takve pokazuju karakterističnosti tih vremena. Ipak, ovi koncepti ostaju istiniti i točni i danas.

Međunarodne razlike

Kako je Shaw (1876) zamjetio, rijetko je da se da se koriste identične metode. Nije teško za pretpostaviti da Sjedinjene Američke države imaju metode i strategije koje su evoluirale drugačije od Europe i Australije.

Pristup ventilaciji u Americi se može predstaviti čestom vatrogasnom izrekom “*Ventiliraj rano i često!*”. Ventilacija kojom će se odstraniti dim iz zgrade se često implementira unaprijed ili istovremeno sa naporima za kontrolu vatre. Ventilacijske taktike uključuju i horizontalnu ventilaciju kroz postojeće otvore i u zgradi, i vertikalnu ventilaciju, često služeći se odstranjivanjem krova ili radeći rupe u krovovima. Vatrogasni udžbenici i programi za obuku naglašavaju potrebu za koordinacijom, kontrolom i tempiranjem, ventilacija često uzrokuje pojačan intenzitet vatre, te ponekad može dovesti do ekstremnih ponašanja vatre. To ne znači da namjerne i planirane promjene u ventilaciji ne mogu imati pozitivan efekt na sigurnost života i kontrolu vatre. Dok se koristi ispravno, ova strategija je izazivo efektivna. Kontrola vatre i ventilacijske strategije su blisko povezane. Zbog tendencije vatrogasaca da agresivno primjenjuju taktike ventilacije vatrogasci u SAD najčešće koriste protoke zraka od 375 lpm 1100 lpm u ofenzivnim vatrogasnim operacijama, sa tendencijom prema sredini raspona.

Suprotno ovome, filozofski pristup u europskoj i Australijskoj je drugačiji. Povećavanju ventilacije se pristupa sa znatno više opreza i planiranja, ograničavajući pristup zraku vatri. Ventilacijske taktike većinom koriste pažljivo kontroliranu horizontalnu ventilaciju sa snažnim naglaskom na integraciju kontrole vatre i operacija ventilacije. Zbog ovakvog pristupa vatrogasci u europskoj i Australijskoj koriste protoke od 115 lpm do 750 lpm, sa tendencijom prema nižem djelu raspona.

Ključna pitanja

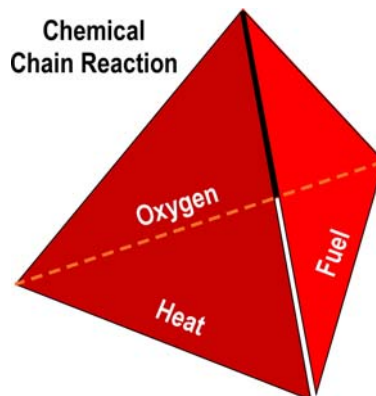
Za ovu analizu najboljih metoda u primjeni ventilacijskih strategija nužno je odgovoriti na nekoliko pitanja:

- Što je ventilacija?
- Kakav utjecaj ima na razvoj vatre i potencijal za ekstremna ponašanja vatre?
- Kako ventilacijske strategije podržavaju prioritete incidenta?

Ventilacija

Godinama se u SAD učilo kako je ventilacija “*sistematsko odstranjivanje vrućine, dima i plinova izgaranja, zamjenjujući ih hladnijim zrakom*” (IFSTA, 2007, p. 541) No je li to zapravo točno?

Ventilacija je zapravo izmjena atmosfere u zgradi sa onom izvan nje. Taj proces ne uključuje nužno vrućinu, dim i opasne plinove. Ipak, kada se vatra desi u zatvorenom prostoru, ventilacija regulira količinu zraka (kisika) i odvod opasnih plinova i dima. Efektivnost ovog procesa varira, no ako vatrogasci stignu i zamjete kako dim suklja iz zgrade, očito već postoji neka ventilacija. Priroda te ventilacije i njen intenzitet mogu se promijeniti zbog djelovanja vatre (npr. oštećenje prozorskih stakala) ili kao rezultat vatrogasnih operacija (npr. otvaranje vrata za ulazak ili stvaranje otvora za ventilaciju).



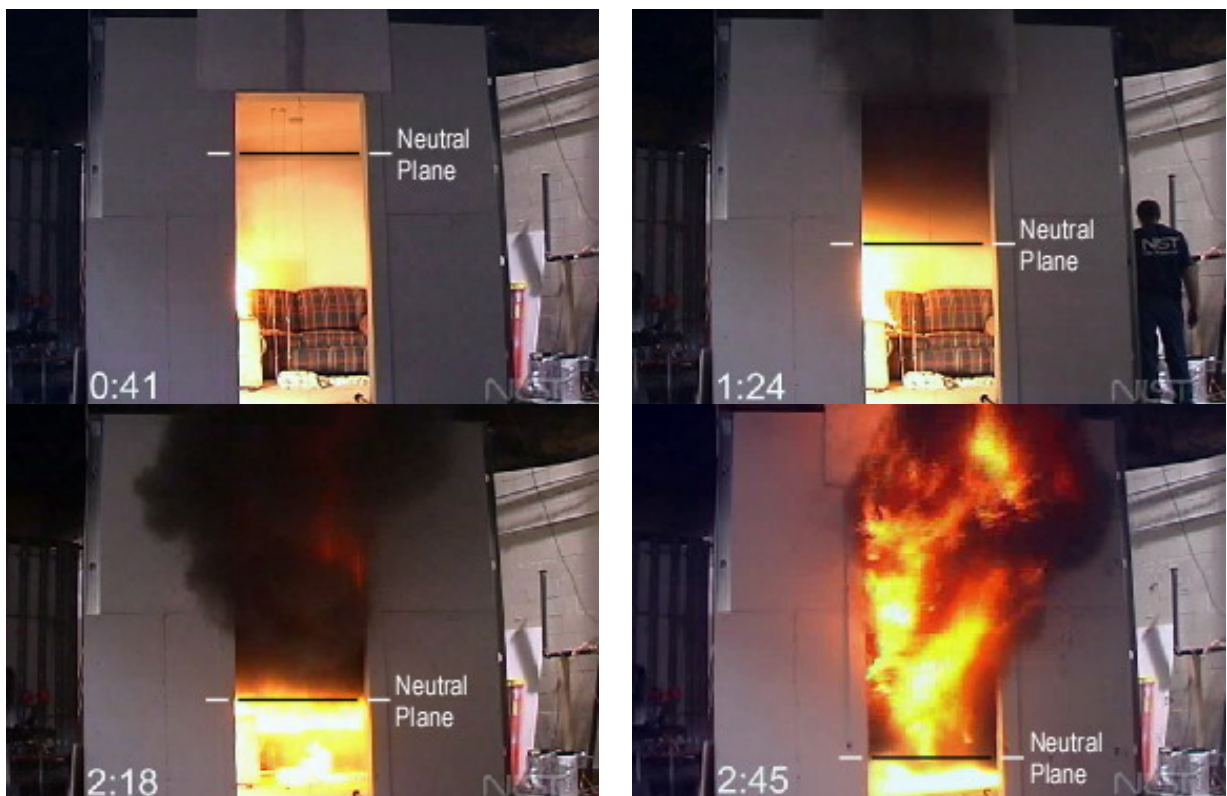
(Figure 2.) Slika 2. Tetrahedron vatre

Ventilacija i promjene u njoj imaju irazit učinak na požare u zatvorenom prostoru. Jednostavan model izgaranja poput tetrahedrona vatre nam može pomoći u šaćanju

važnosti ventilacije

Izgaranje, kao oksidacijska reakcija, zahtjeva dovoljne količine kisika kako bi reagiralo sa dostupnim gorivim tvarima. Sa dovoljno kisika razvoj vatre je primarno uvjetovan karakteristikama i količinom goriva. U požaru zatvorenog prostora kisik može biti ograničen konfiguracijom prostora i ventilacijskim profilom prostorije. Ako nije dostupno dovoljno kisika vatra postaje kontrolirana ventilacijom i razvoj vatre je uvjetovan koncentracijom kisika.

Kad početna faza ili faza rasta požara zavise od goriva, veća količina ventilacije će povećati brzinu oslobađanja topline za postizanje “Flashover” faze i usporiti vrijeme do “Flashovera”. Ovo se događa zbog gubitka topline koji nastaje izlaskom vrućeg dima i plinova iz prostora. Toplinska koja nije zadržana unutar prostora ne može povećati pirolizu i brzinu izgaranja. U ovoj situaciji postoji dovoljno atmosferskog kisika da održi gorenje, no gubitak toplinske energije ograničava razvoj vatre. Sa druge strane ove jednadžbe, manje ventilacije smanjuje vrijeme do “Flashover” faze, osim ako vatra na postane kontrolirana ventilacijom i uđe u stanje zamiranja prije nego uđe u flashover. Faktori koji utječu na nastanak ventilacijske kontrole u zatvorenom prostoru uključuju veličinu prostora, kompartimentalizaciju prostora u zgradi i profil ventilacije na lokaciji. Uz dovoljno ventilacije i goriva koji će proizvesti ispuštanje dovoljne količine topline u fazi razvoja požar će postići “Flashover”. To ne znači da vatra neće postati ventilacijski kontrolirana. Kao što ilustracija 2 pokazuje smanjivanje veličine otvora kroz koji ulazi zrak smanjuje količinu zraka dostupnu vatri. Smanjivanje ulaza zraka može dovesti do ventilacijske kontrole požara.



(Figure 3.) Slika 3. Neutralni nivo i režim gorenja

Napomena: Fotografije adaptirane od National Institute of Standards and Technology (NIST) *ISO-Room/Living Room Flashover*.

Tetrahedron vatre se može koristiti kao baza za analizu utjecaja povećane zalihe zraka u ventilacijskim kontroliranom požaru zatvorenog prostora, kao što je ilustrirano u tablici 1.

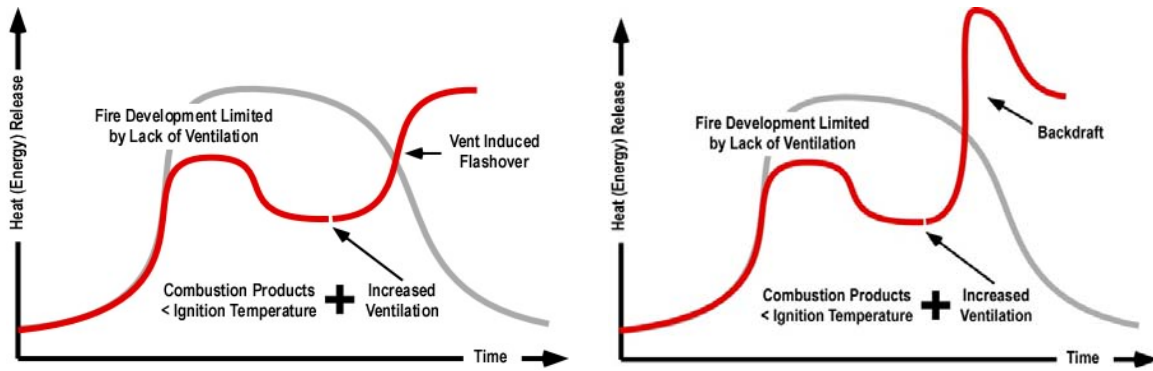
Tablica 1. Efekt dodatnog zraka na Ventilacijski kontroliranu vatru

Toplina		Gorivo		Kisik		Kemijska lančana reakcija
Povećanje brzine ispuštanja topline				Povećanje koncentracije kisika		Ubrzanje gorenja
Gubi se termalna energija		Faza Plina Koncentracija dima i goriva se smanjuje				
		Faza plina Mješanje plinova				

Većina požara koji dođu dalje od početne faze su ventilacijski kontrolirani u točki kad vatrogasci stignu. Ključno je da vatrogasci prepoznaju da promjene u ventilacijskom profile mogu imati ozbiljne posljedice na ponašanje vatre.

Ventilacijski uzrokovano ekstremno ponašanje vatre

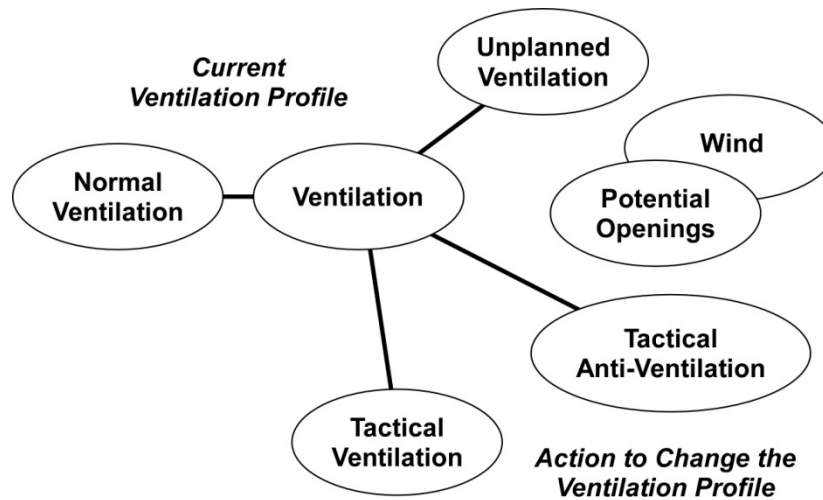
Potencijal za ekstremno ponašanje vatre pod ventilacijskom kontrolom je detaljno obrađeno u *Extreme Fire Behavior: Understanding the Hazards* (Hartin, 2008). Bitno je obratiti pažnju kako promjene u profile entilacije mjenajaju “Flashover” i “backdraft” Osnovna razlika između ventilacijski izazvanog “Flashover” efekta i “backdrafta” je brzina kojom se ispušta topline. “Backdraft” uključuje eksploziju zbog brzog i prolaznog ispuštanja energije. Do “Flashover” efekta dolazi zbog tranzicije vatre u sasvim razvijeni oblik uz konstantno ispuštanje topline. (vidi ilustraciju 3).



(Figure 4.) Slika 4. Ventilacijski uzorkovano ekstremno ponašanje vatre

Promjene u profile ventilacije

Kao što je već spomenuto, ventilacijski profil se može promjeniti iz mnogih razloga. Ilustracija 5 pokazuje načine kako se profil može promjeniti 1) zbog neplanirane ventilacija kao posljedice ljudskih djela, 2) taktičke ventilacije ili 3) taktičke anti-ventilacije



(Figure 5) Slika 5. Mapa ventilacijskih koncepata

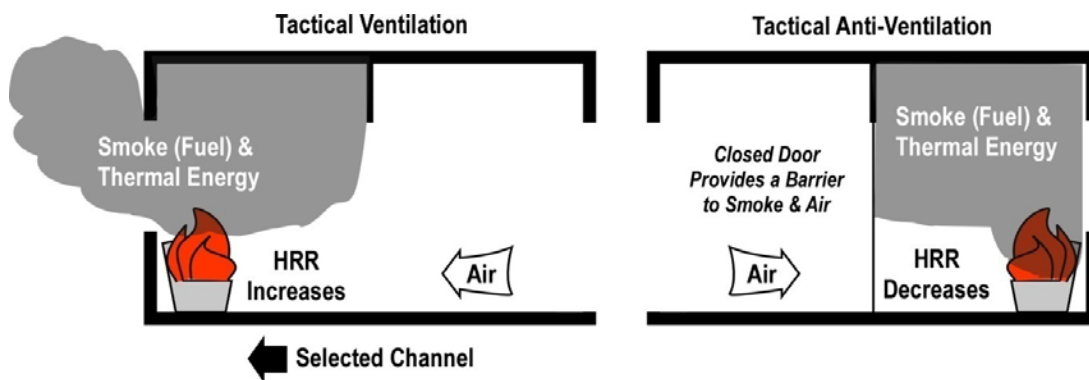
Normalna ventilacija uključuje izmjenu zraka unutar structure sa vanskim zrakom. Kako se vatra razvija ova izmjena osigurava gorenje i dozvoljava dimu da “pobjegne”. Kako je prije rečeno, zrak unutar structure i normalna ventilacija zgrade imaju bitan efekt na razvoj vatre. Ventilacijski profil se može promjeniti ljudskim djelovanjem (npr. stanari bježeći iz prostora ostavljaju otvorene prozore, vatrogasci otvaraju nove prolaze do vatre ili stvaraju nekoordiniranu ventilaciju). Uz neplanirane otvore, vjetar može biti znatan faktor pri promjeni ventilacijskog profila povećavajući volumen zraka ili stvarajući propuh.

Dok planske i odgovarajuće promjene u profile mogu poboljšati uvjete u zgradi,

neplanske i neodgovarajuće promjene mogu negativno utjecati na brzinu razvoja vatre. Bitno je da se potencionalne promjene i njihovi efekti predvide. Dok neplanirana ventilacija može imati negativne efekte, planirane promjene mogu povećati sigurnost, održivost i pomoću u efektivnosti vatrogasnih operacija. Kao što je već rečeno postoje dvije osnovne strategije za promjenu ventilacijskog profila:

Taktička Ventilacija: Planirano i sistemsko odstranjivanje topline, dima i plinova, te dovođenje svježeg zraka. Postiže se stvaranjem otvora koji će stvoriti odgovarajuću struju zraka za protok vrućeg dima, plina i zraka.

Taktička Anti-Ventilacija: Planirano i sistemsko zatvaranje topline, dima i plinova, te sprečavanje dovoda svježeg zraka. Taktička Anti-Ventilacija se postiže zatvaranjem otvora ili stavljanje spojenih prostora pod tlak kako bi spriječili širenje dima.



(Figure 6) Slika 6. Osnovne Strategije

Strateško i taktičko odlučivanje

Kada vatrogasci razmišljaju o promjeni ventilacije, korisno je sjetiti se stare japanske izreke “*Vizija bez djela je sanjarenje. Djelo bez vizije je noćna mora*” U vatrogasnim operacijama strategije su ono što će biti učinjeno, a taktike su kako će strategije biti implementirane. Oboje moraju biti bazirani na specifičnom problemu.

Razmislite kako će planska promjena ventilacije utjecati na ponašanje vatre, potencijal ekstremnog ponašanja vatre i održivost. Kompleksnost odluke ventilacije je vezana uz povezane i ponekad međusobno suprotne ishode. Primjerice, horizontalna ventilacija može podići nivo sloja vrućeg plina, privremeno povećavajući održivost, no bez brze kontrole vatre će dovesti do “Flashovera”. U drugim slučajevima željena taktika može trebati više vremena nego što si možemo priuštiti. Vertikalna ventilacija često ima pozitivne efekte, no pitanje je postoji li dovoljno vremena za pristup krovu i otvaranje nužnih otvora. Ako je nužno rezati krov, dužina toga se mora uračunati kao faktor

Svrha

Prva odluka pri razvoju plana ventilacije je strateška – *Što je svrha ventilacijske strategije?* Ventilacijske strategije mogu podržavati sigurnost života i taktičke prioritete kontrole vatre. U mnogo slučajeva, taktička kontrola ventilacije pomaže u kontroli vatre i

smanjivanju rizika za stanare i vatrogasce.

Sigurnost Života: Akcije ventilacije se poduzimaju da osiguraju ili zadrže održiv okoliš. Ovo uključuje taktičku ventilaciju za podizanje sloja vrućih plinova i pomicanje vatre od vatrogasaca i stanara ili taktičku anti-ventilaciju koja će ograničiti vatru, dim i rast vatre

Kontrola vatre: Ventilacijske aktivnosti koje podržavaju kontrolu vatre šire toplinu u specifičnom smjeru, čim dalje od nezapaljenog goriva ili taktičku anti-ventilaciju koja će ograničiti protok zraka do vatre ili koja će smanjiti širenje dima i vatre

Razmislite hoće li uvođenje svježeg zraka (taktička ventilacija) biti efektivna strategija ili bi zatvaranje dima i o ograničavanje zraka (taktička anti-ventilacija) bila odgovarajuća. Često oboa su odgovora točna – ili jedno za drugim ili u različitim djelovima zgrade. Kada smo to odlučili vrijeme je za odluku o taktici. Tablica 2 pokazuje kritična pitanja u taktičkoj odluci o ventilaciji i anti-ventilaciji

Tablica 2. Odlučivanje o ventilaciji

Taktička ventilacija		Taktička anti-ventilacija
Smjer i Lokacija?		Lokacija?
Metoda?		Metoda?
Redoslijed?		Redoslijed?

Odluke o Taktičkoj ventilaciji

Smjer i lokacija: U kojem smjeru bi se trebali pomicati dim i toplina? Prvi dio odgovora je odluka o izboru između horizontalne i vertikalne ventilacije. Drugi dio dolazi i pozicioniranja ispušnog otvora i upušnog otvora

Metoda: U mnogo slučajeva taktička ventilacija se može provesti kroz korištenje tlaka i uzgona vrućeg dima i plinova unutar strukture uz vanske uvjete vjetra. Ovo se zove prirodna ventilacija. Ona nije uvijek dovoljna za izvršavanje naših zadataka.

Potpomognuta ventilacija se izvršava kroz dodavanje energije kroz mehaničke ili hidrauličke metode kako bi utjecali na okoliš. Pod to obično smatramo korištenje ventilatora pozitivnog tlaka (puhač) da stvorimo pozitivni tlak na ulazu zraka, ili puštanje mlaza magle na izlazu zraka, stvarajući negativni tlak.

Redoslijed: Ventilacijske taktike moraju ići pravilnim redoslijedom u odnosu na aktivnosti kontrole vatre. Taktička ventilacija nesmije biti napravljena prije postavljanja šmrkova koji će riješiti povećano oslobađanje topline koje će proizaći iz dolaska zraka u vatru. Ventilacija pozitivnog tlaka u sprezi sa napadom vatre zahtjeva da se ventilacija obavi prije ulaska u zgradu. Ventilacija negativnim tlakom se mora provesti nakon kontrole vatre, budućći da radite sa ispusnim otvorom

Često se taktička anti-ventilacija i taktička ventilacija koriste jedna za drugom. Kontrola vrata se može provoditi prije i poslije ulaska i taktička ventilacija može bit implementirana nakon što je obavljena kontrola vatre. U drugim slučajevima, povećana

ventilacija može uzrokovati ulazak kroz prozore za pretragu i anti-ventilacija se može upotrijebiti za ograničavanje efekta na zatvoren proctor, iako će i dalje biti velika količina dima.

Odluke za za taktičku anti-ventilaciju

Lokacija: Efektivna upotreba taktičke anti-ventilacije zahtijeva identifikaciju lokacija ulaznih otvora i mogućih zapreka kretanju zraka i dima. Jedna od kritičnih točaka je točka ulaska vatrogasa i drugih spasioca. Također je bitno računati na raspored vrata i prozora unutar zgrade kako bi izbjegli neplaniranu ventilaciju.

Metoda: U mnogo slučajeva anti-ventilacija će biti toliko jednostavna da će bit idovoljno držati kontrolu vrata na točki ulaza, zatvarajući ulaze nakon što su vatrogasci sa opremom ušli, u drugim slučajevima može biti potrebno zatvarati pojedinačna vrata unutar zgrade ne bi li ograničili kretanje zraka i dima. Prozori koji su uništeni su najveći problem u ovakvom pristupu, no trenutačno se istražuju nove metode za takve tipove otvoa, pogotvo na viskim zgradama. U ožujku 2008. *National Institute of Standards and Technology and the Fire Department of the City of New York (FDNY)* je proveo testove nove naprave koja bi omogućila kontrolu ulaza zraka na požarima viskoih zgrada.



(Figure 7) Slika 7. Prototip naprave za kontrolu vjetra

Redoslijed: Kao i sa taktičkom ventilacijom, redoslijed mora biti uspostavljen sa aktivnostima kontrole vatre (prije, za vrijeme ili nakon)

Zaključak

Pravilna ventilacija može smanjiti mogućnost ekstremnog ponašanja vatre i ograničiti ili usmjeriti širenje vatre. No, ako se ventilacija koristi nepravilno i neplanski dovesti će do ekstremnog ponašanja vatre i širenja vatre u neželjenim smjerovima.

Aktivnosti poduzete za utjecanje (održavanje ili promjenu) ventilacijskog profila moraju

biti bazirane na jasnoj procjeni posljedica na ponašanje vatre i na okoliš unutar zgrade, te koordinirane sa svim ostalim taktičkim operacijama.

Efektivna upotreba pravih ventilacijskih taktika rezultira:

- Okolišem pogodnijim preživljavanju
- Bržim vatrogasnim operacijama
- Ograničavanjem širenja vatre
- Smanjivanjem ekstremnog ponašanja vatre
- Manje štete na tuđem vlasništvu

Oprimalna međunarodna rješenja mogu se sintetizirati is filozofskih razlika između vatrogasnih službi SAD-a, Europe i Australije. Sigurnost i efektivnost operacija se mogu poboljšati ako sljedeće problem sagledamo pri izboru ventilacijskih strategija i taktika:

- odluke o ventilaciji se rade sa razumjevanjem dinamike vatre
- Prepoznati i riješiti obje strane ventilacijske jednadžbe: Dim i Vatra
- Predvidjeti efekte neplanirane ventilacije zbog efekata vatre
- Integrirati kontrolu vatre sa strategijama ventilacije

Literatura:

Shaw, E. (1876). *Fire protection*. London: Charles and Edwin Layton.

Braidwood, J. (1830). *On the construction of fire-engines and apparatus, the training of firemen and the methods of proceeding in cases of fire*. Edinburg: Royal Society of Edinburg

Braidwood, J. (1866). *Fire prevention and extinction*. London: Bell and Daldy

Fried, E. (1972). *Fireground tactics* (1972). Chicago: H. Marvin Ginn

National Institute of Standards and Technology (NIST). (n.d.) *ISO-Room/Living Room Flashover*. (Available from National Institute of Standards and Technology, Building Fire Research Laboratory, 100 Bureau Drive, Stop 8600, Gaithersburg, MD 20899-8600)

Hartin, E. (2008, April). *Extreme fire behavior: Understanding the hazards*. Paper presented at IV Stručni Skup Vatrogasaca, Opatija, Croatia.

International Fire Service Training Association (IFSTA). (2007) *Essentials of firefighting*, (5th ed.). Stillwater, OK: Fire Protection Publications.

National Institute of Standards and Technology(NIST) (2008, March 22). NIST Evaluates Firefighting Tactics In NYC High-rise Test. ScienceDaily. Retrieved March 27, 2008, from <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/03/080318182728.htm>