

SLOBODANKA JELENA CVJETKOVIĆ DOKTORIRALA JE NA TEMI O UDARIMA GROMA U PLOVILA

Munja može zaobići gromobran

I UDARITI U BROD

PIŠE MIOMIR ŠTRBAC
SNIMIO JOŠKO ŠUPIĆ/CROPIX

MUNJA MOŽE ZAobići GROMOBRAN I UDARITI U NEZAŠTIĆENO MJESTO UZROKUJUĆI ŠTETU, POSEBICE NA PLOVILU KOJE SE LJULJA I VALJA, ŠTO IZRAVNO UTJEČE I NA POLJE ZAŠTITE KOJE STVARA GROMOBRANSKA INSTALACIJA - TEORETSKI BI REDOSLIJED PO SIGURNOSTI ZA POSADU BIO METALNI BROD, DRVENI, PA PLASTIČNI, NO SAMO AKO SE KONSTRUKCIJSKI SASTOJI ISKLJUČIVO OD TIH MATERIJALA - SVAKE SEKUNDE U ZEMLJU UDARI 100 GROMOVA

Svjedoci smo klimatskih promjena koje diljem svijeta rezultiraju i sve učestalijim ekstremnim vremenskim prilikama, čemu u posljednje vrijeme svjedočimo i na Jadranu. Uz ostale nevolje što ih nevere donose pomorcima, ribarima i nautičarima, poput nasukavanja i oštećivanja brodova zbog udara goleme združene sile vjetra i valova, sve su češći i udari groma u plovila. To je i logično, budući da su udari groma stalni pratitelji oluja i dio njihova razornog arsenala, u ovom slučaju s golemim električnim nabojem.

Naravno da su udari groma nešto što u svakom čovjeku budi strah, jer je riječ o prirodnoj pojavi izvan svake kontrole, koja se svugdje može dogoditi i izazvati teške posljedice, uključujući stradavanje ljudi. Jer koliko god je statistička mogućnost da čovjeka ubije grom minimalna, u svijetu godišnje od udara groma pogine gotovo 25.000 ljudi, a deset puta više ih preživi, mahom s teškim posljedicama.

Na kopnu se, barem u većini situacija, čovjek može na vrijeme skloniti prije nego što grmljavinska oluja udari, dok je na moru to puno teže, a kada je brod u plovidbi često i nemoguće. Zbog toga smo za razgovor o toj temi zamolili **dr. sc. Slobodanku Jelenu Cvjetković**, profesoricu *Sveučilišnog odjela za stručne studije Sveučilišta u Splitu*, koja je 2012. godine doktorirala na temi *Model ranog otkrivanja opasnosti od udara groma na plovnim objektima*, te

Kvalitetan gromobran daje najveću sigurnost posadi



Dr. Slobodanka Jelena Cvjetković:
Temperatura zraka u okolini munje
dostiže 20.000 stupnjeva Celzija



Gromobran
ugrađen na
vrh jarbola

NEZAŠTIĆENA PENTA

Manje jedrilice najčešće kao dodatni pogon koriste izvanbrodski motor ugrađen na krmenom dijelu, što može povećati opasnost za posadu u slučaju grmljavine. Razlog je što simulacije pokazuju da takav motor nije unutar gromobranom zaštićene zone. Zbog te bi činjenice skiper u slučaju da ručno upravlja takvim motorom bio dodatno ugrožen od mogućeg udara groma. Također, članovi posade mogu zauzeti položaj uz bok jedrilice, čime im se gornji dio tijela izdiže i zna biti izvan zaštitnog konusa, a tada su izravno izloženi opasnosti od udara groma.

se nastavila znanstveno i stručno baviti tom problematikom.

Brojanje sekundi

- Što se događa na nebu u trenucima prije udara groma?

- Prvo bih željela razjasniti značenje nekih pojmova koji se često miješaju. Grmljavina je pojava električnog pražnjenja u oblacima ili između oblaka i zemlje, dok je munja električna iskra koja pritom nastaje i za sobom ostavlja izlomljenu i razgranatu vatrenu liniju, izrazito kratkog trajanja. Grom je zvučni val koji nastaje širenjem zraka i javlja se kao zvučni efekt prilikom udara munje. Izrazom udar groma naziva se električno pražnjenje koje odvija na Zemljinoj površini.

Električni naboj nastaje unutar oblaka, kumulonimbusa, u kojem se naboj raspodijeli na način da se na gornjem dijelu oblaka skuplja pozitivni naboj, a na donjem negativni. Kad trenutna vrijednost polja dosegne kritičnu razinu od 1 megavolt po metru, dolazi do izbijanja električne iskre, što izaziva i pojavu munje. Raspon električnog napona munje je od nekoliko tisuća do nekoliko milijuna volti, a proizvodi struju jakosti od 10 do 110 kilampere. Temperatura zraka u okolini munje dostiže vrijednost od 20.000 stupnjeva Celzija, dok jačina grmljavine iznosi oko 100 decibela. U svakom slučaju, riječ je o moćnoj prirodnoj sili velike snage.

- Rekli ste da je zvuk groma zapravo zvučni val koji se javlja prilikom udara, on kasni za bljeskom munje?

- Da, to je logično. Munju vidimo prije nego što čujemo grom, jer je ona oko 800 tisuća puta brža od groma. Dakle, od trenutka kad sijevne do trenutka kad zagrmi, možemo procijeniti koliko je nevera daleko i kojom nam se brzinom približava. Na primjer, ako prođe desetak sekundi od sijevanja do grmljavine, nevjerojatno je udaljeno 1,62 nautičke milje. Ako se pritom vremenski razmaci između sijevanja i grmljavine smanjuju, to znači da nevera putuje prema nama. U tom je slučaju pametno pronaći sklonište, ako je to ikako moguće, i ostati u tom skloništu barem 30 minuta nakon posljednjeg udara groma.

- Koji brod pruža više sigurnosti posadi kod udara groma, metalni, plastični ili drveni?

- Ne bih tako definirala opasnost od udara groma, jer nijedan brod nije izgrađen od isključivo jedne vrste materijala. Teoretski bi pretpostavljeni redoslijed bio metalni brod, drveni, pa plastični, no sa-

Udari groma razorna su sila koja kod svih ljudi budi strah MATIJA DJANEŠIĆ/CROPIX



mo ako se konstrukcijski sastoji isključivo od tih materijala. U praksi se prilikom gradnje plovila koriste različiti materijali u različitim udjelima, od metalnih do inih, na pojedinim brodskim konstrukcijama i dijelovima plovila. Zbog toga dolazi i do drugačije vjerojatnosti kada je riječ o opasnosti od udara groma. No, u svakom slučaju više sigurnosti pruža plovilo koje je odgovarajuće zaštićeno s gromobranskom instalacijom.

Zaštitni stožac

- Donosi li ugradnja takve instalacije potpunu zaštitu plovila?

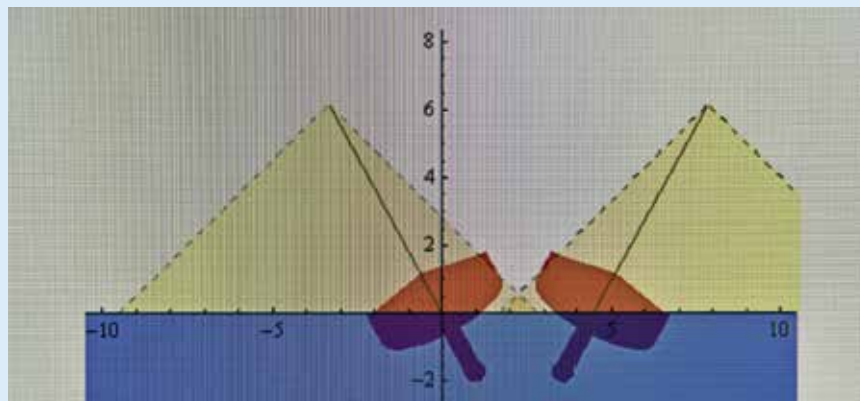
- To se ne može definitivno reći. Struktura, naime, polazi od pretpostavke da se udar munje u objekt ne može spriječiti, ali se može usmjeriti. No, i pored instalacija najkvalitetnijih gromobrana, munja može zaobići gromobran i udariti u nezaštićeno mjesto uzrokujući štetu, posebice na plovilu za vrijeme plovidbe. Ponajprije zbog činjenice što se plovila velikim dijelom za vrijeme svoje eksploatacije gibaju, odnosno nalaze u dinamičkim uvjetima, a to izravno utječe i na polje zaštite plovila koje stvara gromobranska instalacija.

- Na koji način?

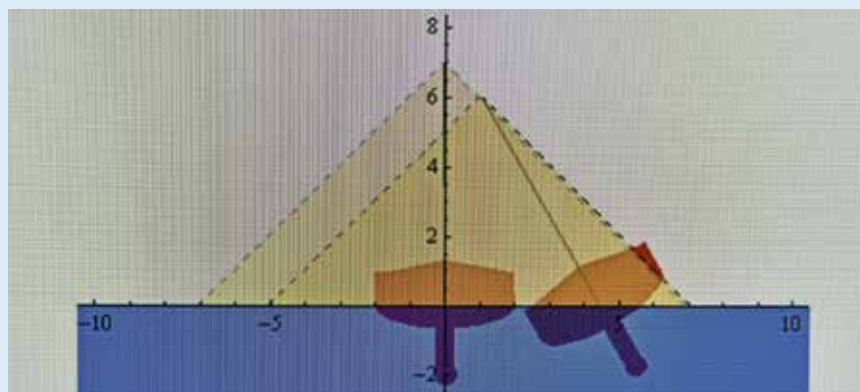
- To sam razmatrala u svojoj doktorskoj disertaciji, promatrajući plovilo u stanju ljuľanja ili valjanja. Pritom sam utvrdila da prilikom valjanja broda, osobito kada je u pitanju jedrilica, dolazi do promjene položaja i visine samog gromobrana na jarbolu u odnosu na površinu mora, čime se smanjuje konusna zaštitna zona plovila. Što je ljuľjanje plovila veće, veći su i kutovi nagiba jarbola, a time se smanjuje i zaštitna zona stošca. Zaštita tada više ne obuhvaća cijelo plovilo, kao u statičkim uvjetima kada je stožac okomit, a zona za-

GIBANJE JARBOLA

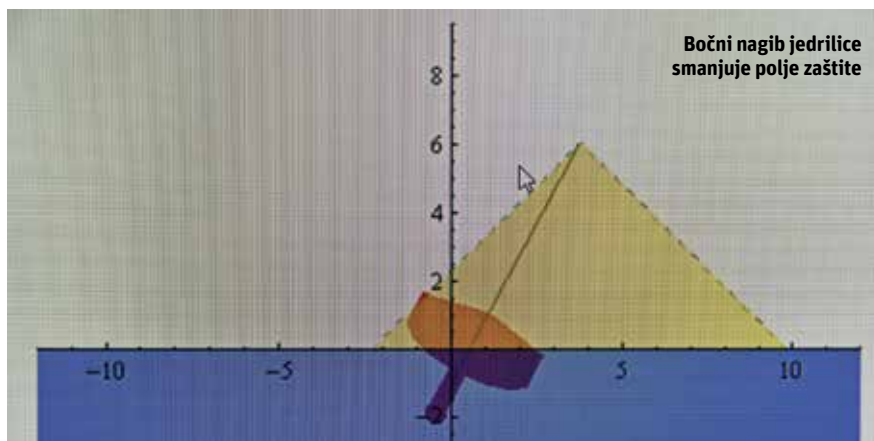
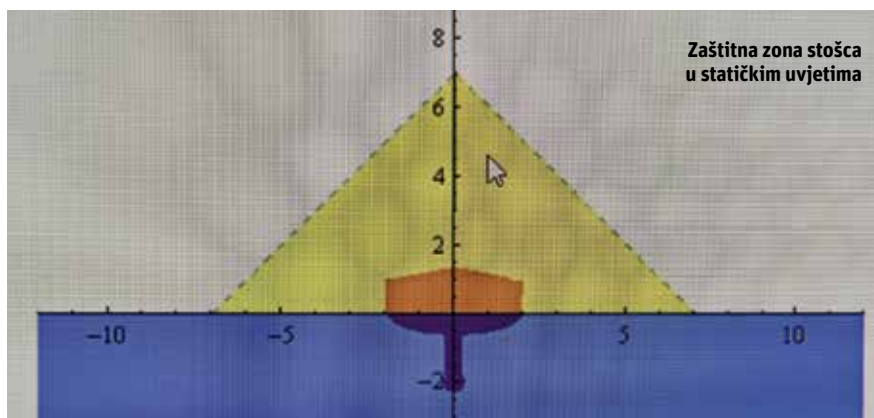
Ljeti se u našim marinama natisne velik broj nautičara u krstašima čiji se jarboli stalno gibaju. Ako se jedrilice gibaju jedna prema drugoj, zona zaštite od udara groma im se povećava, jer jedna jedrilica ulazi u područje druge i tako povećava zonu zaštite stošca. Ako se pak jedrilice gibaju jedna od druge, između jedrilica se smanjuje zona zaštite, pa su više ugrožene obje.



Kad se gibaju jedna od druge, objema jedrilicama slabi zaštita



Kad im se jarboli približe, zaštita za obje jedrilice se povećava



Ovo je situacija od koje
strahuje svaki ribar i nautičar
LUKA GERLAN/CROPIX

KUGLASTA MUNJA

Munja se može vidjeti i u kuglastoj formi. Često je opažana na vrhovima brodskih jarbola u vrijeme kad grmljavinsko nevrijeme na moru već pomalo jenjava. Uzroci njezina nastanka su nepoznati. Često je praćena pištećim zvukom i neobičnim mirisom. Traje nekoliko sekundi te iznenada nestaje, tiho ili uz eksploziju. Iako se radi o prirodnoj pojavi, loptaste munje su kroz povijest često zbunjivale znanstvenike, a najčešće se javljaju u obliku svjetleće kugle žuto-narančaste boje promjera 15 do 20 cm. Naglo se pojavi za vrijeme nevremena, nakon udara groma, pomičući se polagano, paralelno s tlom ili slobodno kroz zrak. Ponaša se nepredvidljivo i nestane za nekoliko sekundi. Na pitanje što je grom u obliku lopte, fizičari odgovaraju: ne zna se.



Dr. Cvjetković u laboratoriju Odjela za stručne studije

štite okružuje cijelo plovilo. Naime, smatra se da je zona zaštite jedrilice od udara groma u području tlocrtno površine baze stošca, kojem je polumjer baze jednak visini jarbola.

- Kolika je učestalost udara groma na Jadranu?

- Nisam naišla na takav specifičan podatak za Jadran, no postoji analiza rezultata izvornih podataka *Hidrometeorološkog zavoda RH* u razdoblju od 2000. do 2011. po danima za gradove Rijeku, Pulu, Zadar, Split i Šibenik, te otoke Vis i Lastovo. Ti podaci obuhvaćaju temperaturu i vlažnost zraka, broj dana s pojavom grmljavine i/ili sijevanja, temperaturu mora, te ukazuju na njihovu povezivost s opasnošću od udara groma. Usporede li se rezultati, uočava se da je postotak pojave grmljavine u ljetnim mjesecima, dakle lipnju, srpnju i kolovozu, u prosjeku 36 posto u odnosu na promatrano razdoblje. Kod grmljenja taj postotak raste na 53 posto, a sijevanje se u ljetnim mjesecima pojavljuje s 40 posto. Prosječan broj dana s pojavom grmljavine ili grmljenja u ljetnom razdoblju obuhvaća 41 posto ukupnih dana tijekom deset promatranih godina.

Inače, tijekom izrade svoga doktorata

našla sam podatak zagrebačkog FER-a, s njihova LINET sustava, po kojem je u razdoblju od 1. veljače 2009. do 1. studenog 2010. na području Hrvatske zabilježeno 1.539.130 munja oblak - zemlja. Iako je to dosta star podatak, može poslužiti kao dobar orijentir.

Brojne štete

- To je doista velik broj udara?

- Jest, ali nije neuobičajen. Po višegodišnjim podacima na Zemlji se u svakom trenutku odvija između 2000 i 5000 grmljavinskih oluja, a u prosjeku svake sekunde u Zemlju udari 100 gromova. Pritom se puno više atmosferskih pražnjenja događa između oblaka, čak 80 posto, a samo 20 posto između oblaka i zemlje.

- Kakve posljedice na plovilu najčešće nastanu nakon udara groma?

- Ovisno o mjestu udara i jačini munje, nastaju različite štete. Najčešće strada elektronika ako je ugrađena na plovilo, a ponekad čak može doći do eksplozije i požara. Gromovi koji pogode u jarbole stvaraju na njima visoke napone, te može doći do preskoka i kratkog spoja. Također, pri udaru groma nastaju i takozvani putni valovi koji se metalnim sajlama prenose dalje do trupa broda ili do elektroničkih

uređaja, te mogu prouzročiti štete.

- Na koji se način elektricitet isprazni prilikom udara groma u brod?

- Ako na plovilu postoji gromobranska instalacija i ako je munja udarila u nju, doći će do izravnog pražnjenja električnog naboja u more. U tu se svrhu prilikom ugradnje takve instalacije provode mjere izjednačavanja potencijala, na način da se električki povežu metalni dijelovi broda. Učinkovitost gromobranske instalacije ovisi o dobrom pozicioniranju i dimenzioniranju, što znači da pruža najmanji mogući otpor i najkraći put odvođenja energije u more oko plovila.

Važnija je prevencija

- Dakle, za sigurnost posade najvažnije je na plovilu imati gromobransku zaštitu?

- Da, brodove je važno zaštititi od udara groma, a odgovarajuću gromobransku zaštitu izabrali sukladno važećim normama i standardima. Od gromobranskih instalacija za plovila mogu se, na primjer, preporučiti gromobrani s ranim startanjem koji su zamijenili rasprskavajuće radioaktivne gromobrane nakon zabrane njihova korištenja. Gromobrani s ranim startanjem postavljaju se na najvišu točku plovila, te se uz pomoć dva odvodna voda spajaju direktno na uzemljenje, odnosno na metalnu oplatu broda, metalnu koblicu ili posebnu metalnu ploču ugrađenu na podvodni dio trupa. Visina jarbola od razine mora predstavlja radijus sigurne zone stošca ispod, odnosno oko jarbola, takozvani Faradejev kavez. Osobe unutar ove zone zaštićene su od udara groma.