

ГРМЉАВИНСКЕ НЕПОГОДЕ КАО ЕКСТРЕМНА КЛИМАТСКА ПОЈАВА У СРБИЈИ

Садржај: Људска врста је од почетка свог постојања била изложена климатским екстремима. Данас су за међународну заједницу и Светску метеоролошку организацију спречавање и ублажавање природних катастрофа постали приоритети. Атмосферска електрична пражњења и грмљавине представљају појаву карактеристичну за наше крајеве у топлој половини године. Ради се о климатској појави опасној за живот људи и за материјална добра, па су у овом раду разматрани просечни број дана са грмљавином и апсолутно највећи број дана са грмљавином у Србији у периоду 1991-2005. година.

Кључне речи: грмљавинске непогоде, екстремне климатске појаве, Србија.

Увод

Човечанство је од свог постојања изложено неповољним атмосферским догађајима. У праисторијском добу број становника планете је био мали и они су били распоређени само на једном или неколико континентата. Због ретке и растркане популације ти догађаји су утицали само на појединце или њихове скупине. Касније, у историјском периоду, скоро све групе људи су имале искуство са природним катастрофама. Свеукупна терминологија везана за појам неповољних атмосферских дешавања изразито је шаренолика, од жестоких олуја до елементарних непогода. Међу географима се најчешће помиње термин *непогода*. „Природне непогоде су моћне рушилашке силе које угрожавају људске животе и наносе велике материјалне штете, али истовремено и мењају изглед животне средине... Атмосферске непогоде су по узроцима, карактеру и последицама најразноврсније природне непогоде“ (Гавриловић, Љ., 2007). У новије време сва та дешавања која се пројектују на човеку почињу да се зову *хазарди* (Анђелковић, Г., Живковић, Н.; 2007), али због свог интензитета често и *катастрофе*. У суштини су све то *екстремне климатске појаве*.

Данас је за Светску метеоролошку организацију спречавање и ублажавање природних непогода постао приоритет и она активно подржава тзв. „културу спречавања“. Четрнаести Светски метеоролошки конгрес одржан у Женеви 2003. године покренуо је програме за спречавање и ублажавање природних катастрофа уз акције за подизање свести о користима од проактивних стратегија за спречавање катастрофа. Године 2005. у Кобеу (Хјого) у Јапану одржана је конференција о смањивању катастрофа која је усвојила Оквир за акцију 2005-2015: Изградња отпорности нација и заједница на катастрофе, познат као „Акциони оквир из Хјогоа“. Њиме је дат оквир за развој културе превенције, али и систематског приступа проучавању ризика и подложности катастрофама ([http://: www.hidmet.sr.gov.yu](http://www.hidmet.sr.gov.yu)).

¹ **Мр Горан Анђелковић**, асистент, Универзитет у Београду - Географски факултет, Београд, Студентски трг 3/III, e-mail: goran@gef.bg.ac.yu

Екстремни климатски догађај је феномен веома мале учесталости збивања, повећаног интензитета, а веома често и трајања, па му се може доделити епитет ретког или необичног. Екстреман у српском језику значи гранични, крајњи или претеран. Другим речима то је догађај који приметно одступа од просека или тренда и тако постаје изузетак. Данас најрелевантнија међународна научна „групација“ или научно тело за проучавање климатских промена, Међувладин панел за климатске промене (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), екстремне појаве дефинише као догађаје ретке по показатељима статистичке расподеле на одређеном месту. Даље се истиче да је појам „редак“ релативан и да се мења од места до места, али да треба сматрати да је ретко све чија је вероватноћа појављивања испод 10%, тј. што се појављује сваки десети пут или ређе (IPCC, 2001).

Проучавање климатских екстрема обухвата све догађаје неповољне по човека и његове активности, које спадају у категорију природних непогода. Већина климатолошких студија данашњице разматра климатске екстреме као индикаторе мењања климата и показатеље будућих климатских услова, а климатологија постаје „активна климатологија“. То значи да се из науке која прати, бележи и анализира промене трансформише у науку која упозорава, усмерава и кад год је то могуће, спречава (Kiprotić, T., i dr., 2005). Изузетно је важно „развијати технологију“ истраживања неповољних услова животне средине, а посебно појављивања екстремних климатских догађаја. Човечанство негује митове о стварању и великом потопу, док у савремено доба катастрофе назване широким називом олујни догађаји прете човечанству, чини нам се, више него раније. Атмосферска електрична пражњења и грмљавинске непогоде саставни су део олујних догађаја.

Истраживања показују да непосредне и посредне штете услед удара грома у САД износе 4 до 5 милијарди долара годишње. Укупан број страдалих од великих природних непогода у САД износи: од урагана 16, од торнада 68, од удара грома 73, а од поплава 127 људи. У свету погине око 1000 људи годишње, док удар муње преживи 80% људи (<http://www.noaa.gov>).

Атмосферска електрична пражњења

Атмосферска електрична пражњења представљају појаву карактеристичну за наше крајеве у топлој половини године. Од њих страдају људи и настаје велика материјална штета због паљења објеката, оштећења електричних водова и инсталација, страдања стоке итд. (слика 1). Значај познавања атмосферских електричних пражњења није само у сфери пројектовања и градње грађевинских објеката, конструкција, електричних постројења и водова, него и много шире. Све до пољопривредне производње и заштите газдинстава и појединаца од грома. На Пештерској висоравни, која је позната по атмосферским пражњењима, скоро сваке године гром пали куће и сена, убија стоку и људе, а само 1972. године страдало је 13 људи (Шабић, Д., Павловић, М.; 2004). Иако је ова појава доста проучавана, примена заштитних мера од атмосферских електричних пражњења код нас је изузетно слаба, а о негативним последицама електричних пражњења у нашој земљи није вођена посебна евиденција. Јасно је да се ради о климатској појави опасној за живот људи и за материјална добра па за њу нису потребни посебни прагови. Потребно је да се ова појава најави кад год је то могуће и да се води посебна статистика о честини, карактеру, размерама и последицама ове појаве.

Према Упутству за мерења и осматрања на главним метеоролошким станицама (СХМЗ, 1974) непогоде су дефинисане као ванредне временске појаве изузетне јачине или трајања или ретке и неочекиване појаве. Ово је прилично неодређено дефинисање али у сваком случају подразумева и атмосферска електрична пражњења која су

углавном праћена грмљавином. У нашим крајевима непогоде су најчешће везане за снажан развој кумулонимбуса и праћене орканским ветром, јаким пљусковима кише, електричним пражњењем и понекад градом. Синоптичне ситуације при којима се дешавају интензивна електрична пражњења одликују се интензивним продорима хладног ваздуха и (или) при нестабилности ваздушне масе, али и приликом јаке циклонске циркулације.



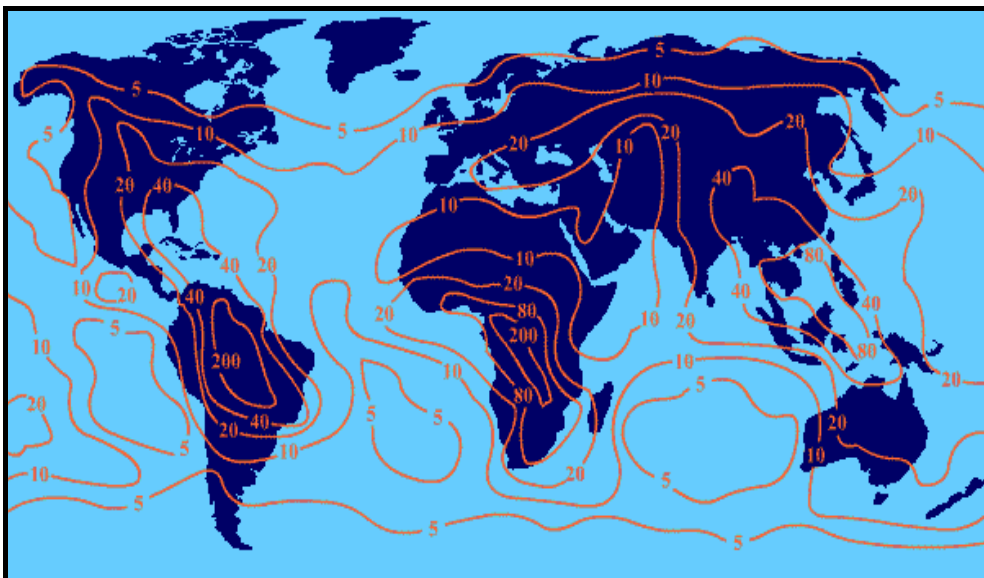
Слика 1. Оборено стабло као последица удара муње (грома)

Проблем грмљавинских непогода је сложене природе, како по постанку, тако и по облицима испољавања, затим пропратним појавама, ефекту који изазивају, термилошком одређењу, па и наукама које их истражују. Атмосферска електрична пражњења производе звучни ефекат који се зове грмљавина. Под грмљавинском непогодом у ширем смислу подразумева се комплекс појава које се уз електричне појаве јављају у грмљавинском или олујном облаку – кумулонимбусу, као што су пљускови кише, града и олујни ветар. Међутим, под грмљавинском непогодом у ужем смислу подразумевамо појаву електричног пражњења у кумулонимбусу или између њега и Земљине површине. Са друге стране грмљавина се јавља и када се не испољавају разорни ефекти непогоде на Земљиној површини. Поред тога појава грмљавине се бележи и када се дешава у близини станице, а не само изнад станице. Из тих разлога број дана са грмљавином је већи него број дана са непогодама и просторно је равномерније распоређен. Зато се добија утисак да је број дана са грмљавином континуирана функција простора па се представља изокерауничким линијама на карти (линијама које повезују исти број грмљавинских дана).

Атмосферско пражњење одвија се у одвојеним узастопним ударима. Ови удари грома долазе један за другим у временским размацима од неколико стотих делова секунде и сваки удар иде истим каналом, који је јонизован првим ударом. Број узастопних удара у једном грому може да изнесе и преко 20, а најчешћи је 3 до 5. Цео процес се одвија у времену од око 100ms, а понекад траје и читаву секунду. Сваки удар грома има своје предходно пражњење које се назива трасер (лидер). Тачка у коју ће гром да удари није ничим одрежена у почетку кретања трасера, већ на крају пута, када се трасер приближи земљи на око стотинак метара. Нека истраживања показују да влажно тло може бити привлачно за удар грома.

У поларним крајевима готово да нема удара муња, док су око екватора муње честе. Искуство показује да је број муња повезан са појавом грмљавине. Грмљавински

дан је дан у коме се бар једном чула грмљавина. Укупан број грмљавинских дана у години је око 200 на екватору, на северу Европе 5 до 10 (слика 2).



Слика 2. Изокерауничка карта света (www.library.thinkuest.org)

За техничку метеорологију важни су подаци о броју пражњења на јединицу површине, затим о њиховој просторној и временској расподели на локацији неког објекта или дуж неке трасе; такве податке јој пружа радиометеоролошка служба. Карте са расподелом броја дана са грмљавином предвиђене су и у националним атласима климе. Осматрање броја пражњења састоји се у читању бројила на радиоуређају који прима импулсе електростатичке компоненте електричног поља блиских грмљавинских непогода, али и осматрањем од ока и на слух. Односи између броја дана са грмљавином и броја пражњења различити су за свако физичкогеографско подручје (број пражњења је вишеструко већи). Тако се за оцену броја пражњења уопште и према земљи у односу на број дана са грмљавином добијају „различите формуле“ (Плазинић, С., 1985).

Грмљавинске непогоде у Србији

Премда је генеза грмљавинских непогода сложена, за ову прилику би се могло поједноставити да оне обично настају над загрејаном подлогом унутар маритимних ваздушних маса које током лета доспевају изнад континенталних области на средњим географским ширинама, где се називају локалним непогодама да би се разликовале од поремећаја синоптичких размера, а неопходна јој је и нестабилна атмосфера (Чадеж, М., 1973; Радиновић, Ђ., 1981, Максимовић, С., 1987; и др).

Мало је места на Земљи на којима нема грмљавинских непогода. Једина места на којима их нема су она где готово и нема падавина, као што су Сахара или најхладнији делови Арктика и Антарктика. Међутим, чак су и ту изненађења могућа. У области најсевернијег насеља на Аљасци, Бероуа, забележена је прва непогода у историји овог места 19. јуна 2000. године.

У нашој земљи годишњи број дана са непогодама углавном се смањује од севера ка југу и од запада ка истоку, што упућује да су оне у вези са проласком

циклона по путањама Vb и Vc (Дукић, Д., 1976). У овом раду су коришћени подаци о грмљавинским непогодама у периоду 1991-2005. година (без података за територију Косова и Метохије), који углавном потврђују изнету констатацију. Међутим, избор станица (рељеф), највероватније је утицао да се осети незнатан пораст грмљавина од севера ка југу (табела 1, слика 3). Висинске станице у просеку имају више грмљавине, али је индикативна и разлика између Сурчина и Београда (38,8 и 31,3 пута).

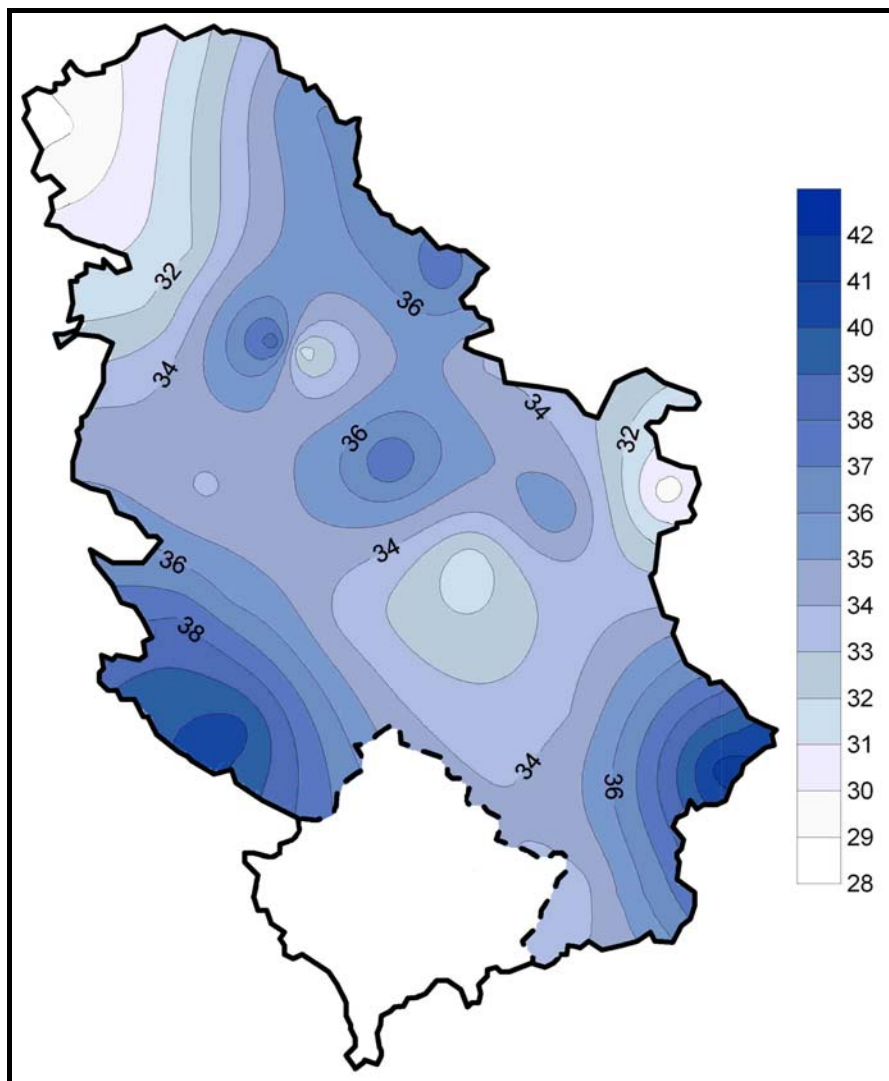
Према су грмљавинске непогоде условљене одређеним синоптичким ситуацијама на ширем простору тачан број дана са грмљавином на синоптичким станицама у Србији доста је модификован под утицајем локалних фактора. Услед тога њихов просторни распоред не показује јасно географске правилности мезо или макро нивоа (слика 3). Грмљавина се ретко бележи у зимском делу године, а ретка је и у прелазним годишњим добима. Због тога су летње а делимично пролећне грмљавине одлучујуће за податке у последњој колони табеле 1.

Табела 1. Просечни број дана са грмљавином у Србији (1991-2005. година)

Место	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	Год.
Палић	0.1	0.2	0.2	2.1	5.2	6.5	6.9	5.5	2.9	1.0	0.3	0.1	31.0
Сомбор	0.1	0.2	0.3	1.7	4.9	5.7	6.8	4.9	2.4	1.0	0.3	0.1	28.9
Кикинда	0.1	0.1	0.3	2.6	6.0	8.3	7.8	6.1	3.1	0.8	0.4	0.1	35.9
Нови Сад	0.1	0.3	0.0	2.4	5.7	7.1	6.3	5.6	2.4	1.4	0.3	0.1	31.8
Вршац	0.1	0.3	0.7	3.0	6.6	7.5	8.7	6.2	2.6	1.3	0.3	0.2	37.5
Сремска Митровица	0.3	0.1	0.1	2.9	6.1	7.0	6.3	5.7	2.5	1.3	0.3	0.1	32.3
Сурчин	0.3	0.1	0.4	3.3	5.9	8.9	7.9	7.0	2.8	1.5	0.5	0.2	38.8
Београд	0.2	0.1	0.2	2.7	4.9	6.9	6.8	5.8	2.5	0.9	0.3	0.1	31.3
Велико Градиште	0.3	0.2	0.4	2.3	5.2	7.5	6.7	6.3	2.7	1.3	0.5	0.2	33.8
Лозница	0.3	0.3	0.3	2.4	5.7	7.7	6.3	5.9	3.5	1.4	0.5	0.1	34.4
Ваљево	0.3	0.2	0.4	2.3	5.2	7.5	6.7	6.3	2.7	1.3	0.5	0.2	33.8
Смедеревска Паланка	0.2	0.3	0.3	2.9	6.3	8.1	7.9	7.5	2.7	1.5	0.3	0.1	38.1
Црни Врх	0.1	0.3	0.3	2.6	6.3	7.3	8.5	6.7	2.5	1.0	0.3	0.1	36.1
Неготин	0.1	0.1	0.1	2.3	5.1	6.4	7.1	5.3	2.0	0.8	0.2	0.0	29.5
Златибор	0.1	0.3	0.3	2.3	6.5	7.5	7.1	7.6	3.9	1.3	0.7	0.4	38.1
Пожега	0.1	0.3	0.4	2.3	6.4	7.3	7.5	7.0	2.8	1.1	0.3	0.2	35.6
Краљево	0.1	0.1	0.3	2.3	6.3	7.1	7.0	6.2	2.7	0.9	0.5	0.2	33.4
Ђуприја	0.3	0.1	0.4	2.3	5.4	5.7	6.8	5.6	2.8	1.2	0.3	0.1	31.1
Сјеница	0.1	0.4	0.3	2.0	6.3	7.9	7.4	8.7	4.5	1.3	1.3	0.5	40.5
Копанник	0.2	0.2	0.3	2.0	5.9	6.4	6.8	7.2	3.1	1.3	1.1	0.3	34.9
Ниш	0.0	0.2	0.3	2.3	6.1	7.0	6.7	6.8	2.4	1.1	0.6	0.4	33.9
Димитровград	0.2	0.1	0.1	2.9	7.7	9.2	8.7	8.1	2.9	1.1	0.3	0.2	41.5
Врање	0.2	0.2	0.3	2.7	6.2	6.5	6.3	5.7	3.1	1.1	0.7	0.3	33.4

Годишње се на испитиваним местима ова појава просечно бележи између 28,9 и 41,5 дана (колико их је у Сомбору и у Димитровграду). На 14 од 23 станице она се јавља мање од 35 пута или дана (што би се могло узети као просек за Србију), а само на две станице више од 40 пута. Наравно највише станица има грмљавину између 30 и 40 пута годишње: 20 станица или 83% од укупног броја. Највећи број дана са грмљавином је у месецу јулу или јуну, а ретко у августу (Златибор, Сјеница и

Копаоник), што је нормално с обзиром на синоптику процеса при којима она настаје. Из табеле 1 се види да се у децембру на скоро половини станица грмљавина јавља једном у десет година, слично је у јануару, а незнатно чешће у фебруару, у марту око три, у новембру око 2 пута годишње. У октобру се грмљавина просечно јавља једном годишње, а у априлу се јавља око два и по пута годишње.



Слика 3. Изокерауничка карта Србије

Апсолутно највећи број дана са грмљавином годишње и по месецима говори о томе колико се пута она може највише јавити као и којим се месецима може евентуално очекивати. То је приказано у табели 2, која у суштини представља стање са грмљавином као екстремном климатском појавом. И овде се ради о вредностима које су локално условљене, али се одмах уочава велика уједначеност овог параметра на годишњем нивоу.

У самом „врху табеле“ јесу Сјеница и Димитровград (57). Великим бројем дана са грмљавином се одликују и Златибор, Смедеревска Паланка, Сурчин и Врање,

висинске станице уопште. Најмањи број дана са грмљавином се „може јавити“ у Неготину (38), али и на Палићу, у Новом Саду, и Београду (по 40), што је врло занимљиво. Подаци за Београд су и у овом, као и у претходном случају, супротни очекивањима, јер би велики град требао да има знатно више грмљавинских случајева. То је проблем који захтева посебну анализу.

Табела 2. Апсолутно највећи број дана са грмљавином у Србији (1991-2005. година)

Место	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	Год.
Палић	1	1	1	4	9	15	11	11	6	3	2	1	40
Сомбор	1	2	2	6	8	11	11	9	5	3	2	2	42
Кикинда	1	1	2	5	10	14	14	12	8	4	2	1	42
Нови Сад	1	2	0	6	10	16	12	10	5	3	1	1	40
Вршац	1	2	2	6	12	16	16	12	7	4	2	1	45
Сремска Митровица	2	1	1	5	11	14	10	9	5	4	1	1	44
Сурчин	2	1	1	7	10	19	11	12	6	6	2	1	47
Београд	1	1	1	5	9	13	10	11	6	3	1	1	40
Велико Градиште	2	2	1	7	11	22	13	12	7	7	2	2	48
Лозница	2	2	3	6	10	15	11	9	7	5	2	1	42
Ваљево	2	2	4	5	9	14	11	12	5	6	3	2	42
Смедеревска Паланка	2	2	1	6	11	17	12	12	5	5	3	1	48
Црни Врх	1	2	1	8	14	15	15	11	6	3	1	1	42
Неготин	1	2	1	6	9	16	14	10	5	3	2	0	38
Златибор	1	1	1	7	11	15	11	13	9	5	2	2	51
Пожега	1	2	1	5	10	13	13	12	6	3	1	2	42
Краљево	1	1	1	5	10	18	11	12	6	3	2	1	46
Ђуприја	3	1	1	7	11	17	11	9	6	6	2	1	41
Сјеница	1	1	2	8	10	16	14	15	11	4	3	3	57
Копаноник	2	2	3	5	9	11	11	11	6	5	5	3	44
Ниш	0	2	1	6	11	13	13	14	5	2	3	2	44
Димитровград	2	1	1	9	12	17	14	14	5	5	3	2	57
Врање	2	1	1	6	12	13	10	13	10	2	3	3	47

Апсолутно највећи број грмљавинских дана има у јуну, јулу па у августу: углавном преко 10, често преко 15 дана (половина месеца), а у Великом Градишту у јуну чак 22. Као што се већ могло видети неки зимски месеци понегде могу бити без грмљавине. У априлу она се може јавити и током 8, до 9 дана, а у октобру 6, до 7 дана. Имајући у виду такав годишњи ток максималног појављивања грмљавине треба закључити да се са упозорењима на њено појављивање, тј. на појаву електричних пражњења треба ићи у сваком месецу у коме је она уопште могућа. Јасно је да од априла до октобра постоји „реална опасност“ појављивања грмљавине (грмљавинских непогода), за разлику од осталих месеци. Повећана опасност је од маја до августа (најчешће преко 10 дана месечно). С обзиром да се овде ради о петнаестогодишњем периоду осматрања сигурно је да ће се у дужем периоду добити другачија слика могућег појављивања грмљавина. Тако би и степен опасности изгледао другачије. Тек онда се може планирати адекватан систем за упозоравање, а у сарадњи са синоптичком службом и у складу са прогнозом времена.

У вези са питањем грмљавинских непогода важно је овом приликом размотрити још два проблема. Једно је тренд броја дана са овом појавом у проучаваном петнаестогодишњем периоду, а друго број пражњења према земљи. Од 23 анализираних синоптичке станице на 14 се запажа опадање изокерауничког нивоа, а на 9 станица он расте. У распореду станица се не може уочити било каква географска законитост јер су обе групе распоређене по целој територији и у различитим географским условима, што је највероватније последица дужине проучаваног периода. На пример пораст је уочен у Кикинди Сремској Митровици, Сурчину, Београду, Краљеву, Сјеници, Нишу, Врању и на Црном Врху. Занимљиво је да максималан годишњи број дана са грмљавинским непогодама опада на свим проучаваним станицама. Иако је незахвално „уједначавати“ екстремне истакнимо само линије регресије за Београд и за Ниш (у њима је N_d - број дана са грмљавином, а g - година). За Београд:

$$N_d = -0,1g + 10,$$

а за Ниш:

$$N_d = -0,04g + 10.$$

Према стандарду ЈУС Н.Б4. 803 (изокерауничка карта СР Југославије) одређује се годишњи број атмосферских електричних пражњења према земљи на 1 km^2 (N_{ep}) уз помоћ формуле:

$$N_{ep} = 0,04 \cdot N_d^{1,25}.$$

Тако се добија да је просечан број пражњења облак-земља у Србији између 2,7 у Сомбору и 4,2 у Димитровграду. Екстремне вредности су у интервалу између 3,8 и 6,3 удара по 1 km^2 . Међутим, треба имати у виду чињеницу да се константе у коришћеној формули разликују код појединих истраживача на основу резултата добијених за различите физичкогеографске услове.

Закључак

Процењује се да су на Земљи непрекидно активне око две хиљаде муња, које производе стотинак пражњења сваке секунде. Међу овим пражњењима, она која погађају земљу названа су удари грома, док такође постоје пражњења која се збивају унутар једног облака, или између више олујних облака, која називамо муњама.

Данас, након изведених бројних истраживања и испитивања најсавременијом опремом у природним условима – „in situ“ и у лабораторијама врло високих напона, атмосферска пражњења су прилично добро проучена у свом настајању, развоју и окончању, са свим појавама, феноменима и величинама које их прате. Лоптаста муња ће, сигурно, још задавати проблеме док све њене тајне не буду откривене ((<http://www.telfor.rs>). Међутим, треба имати у виду да велика занемаривања детаља „теореме електродинамичке сличности“ не могу бити потпуно меродавна и могу навести на погрешне резултате. Друга димензија су реални природни услови врло разноликог географског простора што условљава врло различите манифестиције појава које су у бити врло сличне.

Грмљавинске непогоде су условљене одређеним синоптичким ситуацијама на ширем простору, али тачан број дана са грмљавином на синоптичким станицама у Србији доста је модификован под утицајем локалних фактора. Годишње се на

испитиваним местима ова појава просечно бележи између 28,9 и 41,5 дана. Највише станица има грмљавину између 30 и 40 пута годишње: 20 станица или 83% од укупног броја. Највећи број дана са грмљавином је у месецу јулу или јуну, а ретко у августу.

Апсолутно највећи број дана са грмљавином годишње и по месецима су локално условљене вредности. У самом „врху“ јесу Сјеница и Димитровград (57). Великим бројем дана са грмљавином се одликују и Златибор, Смедеревска Паланка, Сурчин и Врање, висинске станице уопште. Са упозорењима на појављивање грмљавине, тј. на појаву електричних пражњења, треба ићи у сваком месецу у коме је она уопште могућа. Јасно је да од априла до октобра постоји „реална опасност“ појављивања грмљавине (грмљавинских непогода), за разлику од осталих месеци. Повећана опасност је од маја до августа (најчешће преко 10 дана месечно). Наравно, требало би располагати са дућим периодом да би се добила „цела“ слика о овој екстремној климатској појави јер се тај недостатак посебно испољава на броју дана са одређеним појавама. Тек онда се може планирати адекватан систем за упозоравање.

Иако изгледа жестока, снага која се ослобађа из громава над територијом Србије релативно је скромна око 15 MW, неколико десетина пута је мања од искористиве снаге река Србије. Енергија електричних пражњења у простору високо изнад нас можеће у будућности заинтересовати праксу ради сакупљања и експлоатације, али вероватно не под оваквим условима. Мало је познато да у Србији од последица електричног пражњења атмосфере сваке године погине неколико десетина људи. Иако се житељи града највише плаше удара грома, смрт од удара грома најчешћа је у планинским и сеоским пределима. Општа оцена метеоролога и физичара је да је свака грмљавина опасна и не постоји никакво правило где гром може да удари. Електрични напон у облацима празни се ка земљи најмање отпорним каналима при чему му помажу одређени објекти на земљи. Уз гром и град као појава не може да се елиминише. Смисао дејства противградне заштите је да се умањи укупна количина града, да се убрза пражњење облака и да се смањи пречник зрна града. Велики је значај система упозоравања за заштиту људи и материјалних добара који би би „доступан“ свима као што је за Европу „МЕТЕОАЛАРМ“ на интернету (<http://www.meteoalarm.eu>). Међутим, у Србији још увек постоји само најелементарнија детекција атмосферских пражњења и евиденција у облику осматрања, послушкивања и бележења метеоролога и примена „крчомера“. Нигде не постоје савремени сензори, локатори или слично за детекцију (<http://www.telfor.rs>).

Литература

- Анђелковић, Г., Живковић, Н. (2007). Падавине као неповољна климатска појава у Неготину. *Гласник Српског географског друштва*, 87 (1), 51-62.
- Гавриловић, Љ. (2007). Природне непогоде као фактор угрожавања животне средине. У *Зборник радова „Први конгрес српских географа“*. Београд: Српско географско друштво, 69-76.
- Дукић, Д. (1998). *Климатологија*. Београд: Географски факултет.
- Плазанић, С. (1985). *Техничка метеорологија*. Београд: Научна књига.
- Шабих, Д., Павловић, М. (2004). Климатска обележја Сјеничког краја. *Гласник Српског географског друштва*, 84 (2), 37-44.
- Čadež, M. (1973). *Meteorologija*. Beograd: Beogradski izdavačko-grafički zavod.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, (2001). Third Assessment Report Glossary: *Working Group I, Synthesis Report*.
- Krmpotić, T., Ivančević S., Musanić G. i Stevanović, S. (2005). *Meteorologija sa klimatologijom*. Beograd: Megatrend univerzitet primenjenih nauka.
- Maksimović, S. (1987). Mesto i uloga meteorologije u zaštiti od lelementarnih nepogoda. У *Zbornik radova „Prvo jugoslovensko savetovanje o elementarnim nepogodamae i katastrofama“*. Beograd: Savezni hidrometeorološki zavod, 221-232.
- Radinović, Đ. (1981). *Vreme i klima Jugoslavije*. Beograd: IRO Građevinska knjiga.
- * * * (1974) *Uputstvo za merenja i osmatranja na glavnim meteorološkim stanicama*. Beograd: Savezni hidrometeorološki zavod.

* * * (1991-2005). *Meteorološki godišnjaci*. Beograd: Republički hidrometeorološki zavod Srbije.

* * * (1996). *JUS N.B4. 803: Gromobranske instalacije - određivanje nivoa zaštite - utvrđivanje prosečnog broja dana sa grmljavinom - Izokeraunička karta SR Jugoslavije*. Beograd: Savezni zavod za standardizaciju.

<http://www.noaa.gov>

<http://www.hidmet.sr.gov.yu>

<http://www.meteoalarm.eu>

<http://www.telfor.rs>

GORAN ANĐELKOVIĆ*

THUNDERSTORMS AS EXTREME CLIMATE EVENT IN SERBIA

Abstract: Humankind has been exposed to climate extremes from the very beginning of its existence. Today, prevention and mitigation of natural catastrophes have become a priority for International Union and World Meteorological Organization. Atmospheric electrical discharges and thunders represent an event characteristic of our part of the world in the warm half of a year. This climate event pose a danger to human life and material goods, so this work discusses approximate number of days with thunder and the absolutely highest number of days with thunder in Serbia in the period from 1995 to 2005.

Key words: thunderstorms, extreme climate events, Serbia.

Introduction

Humankind has been exposed to climate extremes from the very beginning of its existence. In prehistoric age the population of the planet was small and it was located only on one or several continents. Due to scarce and scattered population these events affected only single persons or groups of them. Later, in historic period, almost all groups of people had some experience with natural catastrophes. Overall terminology related to the idea of unfavourable atmospheric events is greatly diverse, from severe storms to natural disasters. Geographers mostly use term *disaster*. “Natural disasters are powerful destructive forces that endanger human lives and impose great material damage, but at the same time alter the appearance of the environment... Atmospheric disasters are the most diverse natural disasters concerning their causes, characters, and consequences.” (Gavrilović Lj, 2007). In recent times all those occurrences that threaten a man start to be referred to as *hazards* (Anđelković G., Živković N., 2007), but due to their intensity often also *catastrophes*. Basically, they are all extreme climate events.

Today, prevention and mitigation of natural disasters have become a top priority for The World Meteorological Organization and it actively supports, the so called, “culture of prevention”. The 14th World Meteorological Congress which took place in Geneva in 2003, initiated programmes for prevention and mitigation of natural catastrophes, along with actions to raise awareness of the benefits of proactive strategies for catastrophe prevention. In 2005 a conference was held in Kobe (Hyogo), Japan on the reduction of catastrophes at which Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters, known as “Hyogo framework for Action”, was ratified. It has given the frame for the development of the culture of prevention, but also, the systematic approach to examination of risks and proneness to catastrophes (<http://www.hidmet.sr.gov.yu>).

An extreme climate event is a phenomenon characterized by low occurrence frequency, increased intensity, and often duration, so it can be described as rare or unusual. Extreme in Serbian means bordering, utter, or excessive. In other words, it is an event that notably deviates from the average or trend and thus becomes an exception. The most relevant international scientific “group” or scientific body for climate change examination

* **M.Sc. Goran Anđelković**, assistant, University of Belgrade - Faculty of Geography, Belgrade, Studentski trg 3/III, e-mail: goran@gef.bg.ac.yu

today, Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, defines extreme events as rare events according to indices of statistical distribution at the specific place. It is further emphasized that the term “rare” is relative and that it varies from place to place, but that everything with the possibility of appearance under 10%, namely everything that appears every tenth time or even less, should be regarded as rare (IPCC, 2001).

The examination of climate extremes includes all events unfavourable for a man and his activities that fall into the category of natural disasters. Most of climatology studies today consider climate extremes as the indicators of climate change and the signs of future climate conditions, so climatology is becoming “active climatology”. It means that climatology is transforming from the science which monitors, records and analyses changes into the science which warns, directs, and, whenever it is possible, prevents (Krmptić T, and others, 2005). It is extremely important to “develop technology” of examination of unfavourable environmental conditions, and particularly the occurrence of extreme climate events. Humankind cherishes the myths about The Creation and The Great Flood, while at modern times catastrophes, broadly called storm events, threaten humankind, it seems, more than ever. Atmospheric electrical discharges and thunderstorms are the component parts of storm events.

Researches show that direct and indirect damage caused by a lightning strike in the USA are 4 to 5 billion dollars a year. Total number of casualties of great natural disasters in the USA is: 16 from hurricane, 68 from tornado, 73 from a lightning strike, and 127 people from floods. About 1000 people die every year in the world, while 80% of people survive a lightning strike (<http://www.noaa.gov>).

Atmospheric electrical discharges

Atmospheric electrical discharges represent an occurrence characteristic of our regions during the warm half of a year. People suffer from them and they impose great material damage, such as putting objects on fire, electric connections and installations damage, cattle killing, etc. (Fig.1). The understanding of atmospheric electrical discharges is not significant only in the field of design and construction of buildings, constructions, electrical facilities and connections. Its significance spreads much further, to the field of agricultural production and protection of households and single persons from a lightning strike. On the Peštar plateau, known for atmospheric discharges, almost every year a lightning strike burns houses and hay, kills people and cattle, and only in 1972 13 people were killed (Šabić, D, Pavlović, M, 2004). Although this event has been deeply studied, the appliance of protective measures is extremely low in our country, and the records on the negative consequences of electrical discharges in our country have not been kept. It is clear that climate event dangerous for lives of people and material goods is in question, so special thresholds are not necessary for it. This event has to be announced whenever it is possible and special statistics should be kept about the frequency, character, size and consequences of this event.

According to The Instruction for measurement and observation at main meteorological stations (SHMZ, 1974) disasters have been defined as extraordinary weather occurrences of extreme power or duration, or rare and unexpected occurrences. This is a quite loose definition, but in any case, it includes atmospheric electrical discharges that are mainly followed by thunder. In our regions disasters are mainly connected to intense development of cumulonimbus and followed by tempestuous wind, heavy rain downpours, electrical discharge and sometimes hail. Synoptic situations of intense electrical discharges are characterized by intense breakthrough of cold air during the instability of air mass, as well as during strong cyclone circulation.

Figure 1. A fallen tree as a consequence of a lightning strike

The problem of thunderstorms is complex, concerning not only their genesis, but the forms of their manifestation, accompanying occurrences, the effect they cause, terminological definition, and also concerning sciences which study them. Atmospheric electrical discharges produce an acoustic effect called thunder. A thunderstorm in broader sense can be defined as a complex of events that occur along with electrical events in a thunder- or a storm- cloud - cumulonimbus, such as rain downpours, hail and tempestuous wind. However, thunder storm in narrower sense is an event of electrical discharge in a cumulonimbus or between it and the Earth's surface. On the other hand, thunder also appears when destructive effects of a storm are not manifested on the Earth's surface. Also, thunder is recorded not only when it occurs above a station, but also when it occurs near a station. Due to these reasons number of days with thunder is higher than number of days with a storm and it is spatially more evenly distributed. Thus, the impression is created that number of days with thunder is continuous function of space and is represented by isokeraunic lines on a map (lines that connect the same number of thunder days).

An atmospheric discharge occurs in separate successive strokes. These strokes of lightning come one after the other in intervals of several hundredth parts of a second and each stroke goes through the same channel which was ionized by the first stroke. The number of successive strokes in one lightning strike can be even over 20, but most often 3 to 5. The whole process happens in an interval of around 100ms, but sometimes even the whole second. Each lightning stroke has its previous discharge which is called router (leader). The spot which a lightening will strike is not determined at the beginning of a leader's movement, but at the end of its way, when a leader is about a hundred meters close to the ground. Some researches show that wet ground can attract a lightning strike.

In the polar parts of the world lightning strikes almost never occur, but around the Equator lightning strikes are frequent. Experience shows that the number of lightning strikes is related to the occurrence of thunder. A thunder day is a day when thunder is heard at least once. The overall number of thunder days in a year around the Equator is 200, in the northern parts of Europe 5 to 10 (Fig. 2).

Figure 2. Isokeraunic map of the world (www.library.thinkuest.org)

The data about the number of discharges per unit of surface, their spatial and time distribution on the location of an object or along some path, are the data important for technological meteorology; these data are provided by radiometeorological service. Maps with the distribution of the number of days with thunder are provided in national climate atlases. Monitoring of the number of discharges includes the reading of a meter on a radio device which receives electrostatic components of an electric field close to thunderstorms, but also visual and acoustic observation. Relations between the number of thunder days and the number of discharges are different for each physical-geographical region (the number of discharges is several times higher). So, for the estimation of the overall number of discharges, and discharges towards the ground, in relation with the number of days with thunder, "different formulae" are derived (Plazinić S., 1985).

Thunderstorms in Serbia

Although the genesis of thunderstorms is a complex matter, its explanation can be simplified for this purpose. They usually occur above a heated base inside marine air masses that reach continental areas during summer in middle latitudes. There they are usually called local disasters to make difference from disorders of synoptic proportions, and unstable

atmosphere is also necessary (Čadež M., 1973, Radinović Đ., 1981, Maksimović S., 1987, and others).

There are a few places on the Earth where thunderstorms do not occur. The only places where they do not occur are those with almost no precipitation at all, such as the Sahara or the coldest parts of the Arctic or the Antarctic. However, even there surprises are possible. In the area of the northern most settlement in Alaska, Barrow, the first storm in the history of this place was recorded on 19th, June, 2000.

In our country the number of stormy days generally declines from the north towards the south, and from the west towards the east, which implies that they are connected with cyclone passing along the paths Vb and Vc (Dukić, D., 1976). The data on thunderstorms in the period 1991-2005 have been used in this work (without data for Kosovo and Metohija), and they mostly confirm the stated observation. However, the choice of stations (relief), most probably, influenced the impression of a minor increase of thunder from the north towards the south (Tab. 1, Fig. 3). Stations in higher areas have more thunder on average, but the difference between Surčin and Belgrade is indicative as well (38.8 and 31.3 times).

Although thunderstorms are conditioned by synoptic situations of a wider area, the exact number of thunder days at synoptic stations in Serbia is highly modified under the influence of local factors. Due to that fact, their spatial distribution does not show clear geographical regularities of meso or macro level (Fig. 3). Thunder is rarely recorded in the winter part of a year, and it is also rare during the transitional seasons. Thus, summer and partly spring thunders are decisive for the data in the last column of Table 1.

Table 1. The average number of days with thunder in Serbia (1991-2005)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Yr.
Palić	0.1	0.2	0.2	2.1	5.2	6.5	6.9	5.5	2.9	1.0	0.3	0.1	31.0
Sombor	0.1	0.2	0.3	1.7	4.9	5.7	6.8	4.9	2.4	1.0	0.3	0.1	28.9
Kikinda	0.1	0.1	0.3	2.6	6.0	8.3	7.8	6.1	3.1	0.8	0.4	0.1	35.9
Novi Sad	0.1	0.3	0.0	2.4	5.7	7.1	6.3	5.6	2.4	1.4	0.3	0.1	31.8
Vršac	0.1	0.3	0.7	3.0	6.6	7.5	8.7	6.2	2.6	1.3	0.3	0.2	37.5
Sremska Mitrovica	0.3	0.1	0.1	2.9	6.1	7.0	6.3	5.7	2.5	1.3	0.3	0.1	32.3
Surčin	0.3	0.1	0.4	3.3	5.9	8.9	7.9	7.0	2.8	1.5	0.5	0.2	38.8
Belgrade	0.2	0.1	0.2	2.7	4.9	6.9	6.8	5.8	2.5	0.9	0.3	0.1	31.3
Veliko Gradište	0.3	0.2	0.4	2.3	5.2	7.5	6.7	6.3	2.7	1.3	0.5	0.2	33.8
Loznica	0.3	0.3	0.3	2.4	5.7	7.7	6.3	5.9	3.5	1.4	0.5	0.1	34.4
Valjevo	0.3	0.2	0.4	2.3	5.2	7.5	6.7	6.3	2.7	1.3	0.5	0.2	33.8
Smederevska Palanka	0.2	0.3	0.3	2.9	6.3	8.1	7.9	7.5	2.7	1.5	0.3	0.1	38.1
Crni Vrh	0.1	0.3	0.3	2.6	6.3	7.3	8.5	6.7	2.5	1.0	0.3	0.1	36.1
Negotin	0.1	0.1	0.1	2.3	5.1	6.4	7.1	5.3	2.0	0.8	0.2	0.0	29.5
Zlatibor	0.1	0.3	0.3	2.3	6.5	7.5	7.1	7.6	3.9	1.3	0.7	0.4	38.1
Požega	0.1	0.3	0.4	2.3	6.4	7.3	7.5	7.0	2.8	1.1	0.3	0.2	35.6
Kraljevo	0.1	0.1	0.3	2.3	6.3	7.1	7.0	6.2	2.7	0.9	0.5	0.2	33.4
Čuprija	0.3	0.1	0.4	2.3	5.4	5.7	6.8	5.6	2.8	1.2	0.3	0.1	31.1
Sjenica	0.1	0.4	0.3	2.0	6.3	7.9	7.4	8.7	4.5	1.3	1.3	0.5	40.5
Kopaonik	0.2	0.2	0.3	2.0	5.9	6.4	6.8	7.2	3.1	1.3	1.1	0.3	34.9
Niš	0.0	0.2	0.3	2.3	6.1	7.0	6.7	6.8	2.4	1.1	0.6	0.4	33.9
Dimitrovgrad	0.2	0.1	0.1	2.9	7.7	9.2	8.7	8.1	2.9	1.1	0.3	0.2	41.5

Vranje	0.2	0.2	0.3	2.7	6.2	6.5	6.3	5.7	3.1	1.1	0.7	0.3	33.4
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

This event is recorded on average between 28.9 and 41.5 days a year at observed places (Sombor and Dimitrovgrad). At 14 from 23 stations this event occurs less than 35 times or days (what can be taken as the average in Serbia), and only at two stations more than 40 times. Most stations record thunder between 30 and 40 times a year, naturally: 20 stations or 85% of total number. The highest number of days with thunder is in July or June, rarely in August (Zlatibor, Sjenica and Kopaonik), what is natural concerning the synoptic background of the processes under which it occurs. In December at almost half of the stations thunder occurs once in ten years, similar situation is in January, slightly more in February, around three times in March, and around two times in November a year. In October thunder occurs once a year on average, and in April around two and a half times a year.

Figure 3. Isokeraunic map of Serbia

The absolutely highest number of days with thunder per year and per month shows how many times it can occur at most, as well as during which months it can be potentially expected. That is displayed in Table 2, which basically represents the state with thunder as an extreme climate event. These values are also locally conditioned, but great evenness of this parameter in a year-long period can be noticed at once.

At “the very top of the chart” are Sjenica and Dimitrovgrad (57). The high number of days with thunder characterizes also Zlatibor, Smederevska Palanka, Surčin, and Vranje, and stations in higher areas generally. The lowest number of days with thunder “can occur” in Negotin (38), but also at Palić, in Novi Sad, and Belgrade (40), what is very interesting. The data for Belgrade are in this case, as well as in previous one, contrary to expectations, since a big city should have significantly more thunder cases. That is the problem which deserves specific analysis.

Table 2. The absolutely highest number of days with thunder in Serbia (1991-2005)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Yr.
Palić	1	1	1	4	9	15	11	11	6	3	2	1	40
Sombor	1	2	2	6	8	11	11	9	5	3	2	2	42
Kikinda	1	1	2	5	10	14	14	12	8	4	2	1	42
Novi Sad	1	2	0	6	10	16	12	10	5	3	1	1	40
Vršac	1	2	2	6	12	16	16	12	7	4	2	1	45
Sremska Mitrovica	2	1	1	5	11	14	10	9	5	4	1	1	44
Surčin	2	1	1	7	10	19	11	12	6	6	2	1	47
Belgrade	1	1	1	5	9	13	10	11	6	3	1	1	40
Veliko Gradište	2	2	1	7	11	22	13	12	7	7	2	2	48
Loznica	2	2	3	6	10	15	11	9	7	5	2	1	42
Valjevo	2	2	4	5	9	14	11	12	5	6	3	2	42
Smederevska Palanka	2	2	1	6	11	17	12	12	5	5	3	1	48
Crni Vrh	1	2	1	8	14	15	15	11	6	3	1	1	42
Negotin	1	2	1	6	9	16	14	10	5	3	2	0	38
Zlatibor	1	1	1	7	11	15	11	13	9	5	2	2	51
Požega	1	2	1	5	10	13	13	12	6	3	1	2	42

Kraljevo	1	1	1	5	10	18	11	12	6	3	2	1	46
Ćuprija	3	1	1	7	11	17	11	9	6	6	2	1	41
Sjenica	1	1	2	8	10	16	14	15	11	4	3	3	57
Kopaonik	2	2	3	5	9	11	11	11	6	5	5	3	44
Niš	0	2	1	6	11	13	13	14	5	2	3	2	44
Dimitrovgrad	2	1	1	9	12	17	14	14	5	5	3	2	57
Vranje	2	1	1	6	12	13	10	13	10	2	3	3	47

The absolutely highest number of days with thunder is in June, July, then August: usually over 10, often over 15 days (half a month), and In Veliko Gradište in June even 22. As it could already been seen, some winter months in some areas can be with no thunder. In April it can occur on 8 or 9 days, and in October 6 or 7 days. Taking into consideration such flow of maximum occurrence of thunder in a year it should be concluded that *warnings about thunder occurrence, namely about the occurrence of electrical discharges should be made in every month in which occurrence of thunder is possible*. It is clear that in a period from April to October there is an “objective danger” of thunder occurrence (thunderstorms), but that is not the case during the other months. There is an increased danger from May to August (usually over 10 days a month). Concerning the fact that here a 15-year period of observation was taken into consideration, it is certain that in a longer period a different picture of possible thunder occurrence will be created. Thus, the level of danger would be different, too. Only then an adequate warning system can be planned, in collaboration with synoptic service and in accordance with weather forecast.

It is important to consider two more problems related to the question of thunderstorms. The first one is the trend of the number of days with this event during the observed period of 15 years, and the second one is the number of discharges towards the ground. From 23 analyzed synoptic stations at 14 a decline of isokeraunic level is noticed, and at 9 it increases. No geographical regularities can be noticed in the location of stations since both groups are located on the whole territory and in various geographical conditions, what is, most probably, the consequence of the length of the observed period. For example, an increase has been noticed in Kikinda, Sremska Mitrovica, Surčin, Belgrade, Kraljevo, Sjenica, Niš, Vranje and on Crni Vrh. It is interesting that the maximum number of days with thunderstorms declines on all observed stations. Although it is inappropriate to “equalize” extremes, only lines of regression for Belgrade and Niš will be highlighted. The first is (N_d – number of days with thunder, and g – a year):

$$N_d = -0.1g + 10,$$

and the second:

$$N_d = -0.04g + 10.$$

According to the JUS standard N.B4. 803 (isokeraunic map of SR Yugoslavia) the number of atmospheric electrical discharges in a year towards the ground per 1km^2 (N_d) is determined according to the formula:

$$N_v = 0.04 \cdot N_d^{1.25}.$$

This is the way how the average number of cloud-to-ground discharges in Serbia is measured, and it is between 2.7 in Sombor and 4.2 in Dimitrovgrad. The extreme values are in the interval between 3.8 and 6.3 strikes per 1km^2 . However, it should be considered that

constants in the used formula vary among some researchers on the basis of results gathered for different physical-geographical conditions.

Conclusion

It is estimated that around two thousand bolts of lightning are ceaselessly active on Earth, that produce around a hundred discharges every second. Among these discharges, those that hit the ground are called lightning strikes, while there are also discharges that occur inside a cloud, or among several stormy clouds, which are called flashes of lightning.

Today, after numerous researches and analyses with the latest technology in natural conditions – “in situ” and in laboratories of extremely high voltages, atmospheric discharges are studied quite well in their genesis, development and termination, with all accompanying occurrences, phenomena, and values. Ball lightning will, for certain, still impose problems while all its secrets are not revealed ([http://: www.telfor.rs](http://www.telfor.rs)). However, it should be considered that significant disregard of details of the “theorem of electrodynamic similarity” cannot be completely relevant and can lead to wrong results. Real natural conditions of a very diverse geographical region are the other dimension which dictates quite different manifestations of basically quite similar events.

Thunderstorms are conditioned by certain synoptic situations of a wider area, but the exact number of thunder days at synoptic stations in Serbia is highly modified under the influence of local factors. This event is recorded on average between 28.9 and 41.5 days a year. Most stations record thunder between 30 and 40 times a year, naturally: 20 stations or 85% of total number. The highest number of days with thunder is in July or June, and rarely in August.

The absolutely highest number of days with thunder per year and per month are locally conditioned values. At “the very top” are Sjenica and Dimitrovgrad (57). The high number of days with thunder also characterizes Zlatibor, Smederevska Palanka, Surčin, and Vranje, and stations in higher areas generally. *Warnings about thunder occurrence, namely about the occurrence of electrical discharges should be made in every month in which occurrence of thunder is possible.* It is clear that in a period from April to October there is an “objective danger” of thunder occurrence (thunderstorms), and that is not the case during the other months. There is an increased danger from May to August (usually over 10 days a month). Surely, much longer period should be at our disposal in order to gain “the whole” picture of this extreme climate event, since that deficiency particularly influences the number of days with certain events. Only then an adequate warning system can be planned.

Although it seems fierce, the power released from lightning above the territory of Serbia is quite modest, around 15MW, several times lower than the usable river power in Serbia. The energy of electrical discharges in space high above us may become interesting in future for practical usage, since it can maybe be gathered and exploited, but, probably not under these conditions. It is not widely known that several dozens of people die in Serbia every year from the consequences of an electrical discharge of atmosphere. Although people who live in cities are afraid of a lightning strike the most, death from a lightning strike is the most frequent in mountains and in the country. The general estimate of meteorologists and physicists is that every thunder is dangerous and there is no rule where a bolt of lightning can strike. The electrical voltage in clouds is discharged towards the ground through the most resistless channels and certain objects on the ground also help in this process. Besides lightning strikes, hail is another event that cannot be eliminated. The purpose of the action of anti-hail protection is to diminish the total quantity of hail, to accelerate the discharge of a cloud and to diminish the diameter of a grain of hail. A warning system for protection of people and material goods “available” for everyone would be of great significance, such as METEOALARM on the Internet for Europe (<http://: www.meteoalarm.eu>). However, Serbia

still has only the most elementary detection and recording of atmospheric discharges, such as observation, listening and meteorologists' recordings and application of "krčomer". Modern sensors, locators or similar equipment for detection do not exist (<http://www.telfor.rs>).

References

See References on page 285