

ტმდ, პროფესორი ომარ ლანჩავა

ვენტილაციისა და ხანძრების ანალიზი საავტომობილო გვირაბებში

ნაშრომი შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის
ფინანსური მხარდაჭერით. საგრანტო პროექტი AR – 19 -1936 „ტრანსფორმირებადი
სისტემების დამუშავება და გამოცდა საავტომობილო გვირაბში სიცოცხლის
გადასარჩენად ხანძრის პირობებში“

თბილისი

2020

შინაარსი:

ანოტაცია	3
1. შესავალი	5
2. ხანძრის შემთხვევები გვირაბებში	9
2.1. წინასწარი შენიშვნები	9
2.2. ხანძრები საავტომობილო გვირაბებში	13
2.3. ხანძრები სარკინიგზო გვირაბებში	17
2.4. შემაჯამებელი კომენტარები	19
2.5. მომხდარი ხანძრების მოკლე აღწერა	20
2.6. ფატალური ხანძრების ანალიზი მოკლე საავტომობილო გვირაბებში	31
3. გვირაბების ვენტილაცია	36
3.1. შესავალი შენიშვნები	36
3.2. ვენტილაციის ძველი კონცეფციები	37
3.3. სავენტილაციო სისტემების ტიპები	38
3.4. მექანიკური ვენტილაცია	41
3.5. სავენტილაციო სისტემის კომპონენტები	47
3.6. ანალიზი	51
3.7. ცნობარები, წესები, სტანდარტები და სახელმძღვანელოები	51
4. რიკოტის გვირაბის ვენტილაცია	55
4.1. ვენტილაციის სქემა მოდერნიზაციის შემდეგ	55
4.2. ჰაერის ხარჯი	57
4.3. ავტომობილების მოძრაობის ინტენსიურობა	58
4.4. სავენტილაციო სისტემის კრიტიკული ანალიზი	60
4.5. საავტომობილო გვირაბებში საგანგებო სიტუაციის მართვა	63
ლიტერატურა	72

ანოტაცია

წინამდებარე ნაშრომში მოცემულია საგრანტო პროექტის „ტრანსფორმირებადი სისტემების დამუშავება და გამოცდა საავტომობილო გვირაბში სიცოცხლის გადასარჩენად ხანძრის პირობებში“ პირველი წლის შედეგები. საგრანტო პროექტი სრულდება შემდეგი ორგანიზაციების მონაწილეობით: გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, შპს „ლოჭინი“. ეს უკანასკნელი არის ტენდერში გამარჯვებული კომპანია, რომელიც ახორციელებს საქართველოს ავტობანისა და საავტომობილო გვირაბების უსაფრთხო ექსპლუატაციას.

საავტომობილო გვირაბებში ხანძარი უფრო ხშირია სარკინიგზო გვირაბებთან შედარებით, ხოლო ბაქოს მეტროსა (აზერბაიჯანი) და დაეგუს მეტროში (სამხრეთ კორეა) მომხდარი ხანძრების ჯამური მსხვერპლი რიცხოვნობად აღემატება ერთად აღებულ საავტომობილო გვირაბების აქამდე მომხდარი ყველა ხანძრის ყველა მსხვერპლს. ბაქოს მეტროს ინციდენტში დაიღუპა 289 ადამიანი, ხოლო დასახიჩრდა 270. დაეგუს - 192 დაიღუპა, ხოლო 151 სხვადასხვა სიმძიმით დასახიჩრდა. დაეგუს ხანძარი ბოროტი განზრახვით გააჩინეს ტერორისტებმა.

გვირაბების ხანძრები საერთაშორისო პრობლემათა რიგს მიეკუთვნებიან. ყველაზე დიდი 75 ხანძარი, მოხდა ევროპის, აზიის, აფრიკის, ამერიკისა და ოკეანეთის გვირაბებში. ხანძრები მოხდა გვირაბების არა მარტო ექსპლუატაციის პერიოდში, არამედ მათი მშენებლობის, მიწის სამუშაოების შესრულებისა და გაშვება-გამართვის სამუშაოების დროს. ხანძარი მოხდა ნორვეგიის ლაერდალის გვირაბში ავტობუსზე, რომელსაც გადაჰყავდა გვირაბის გახსნის ცერემონიის 50 მონაწილე. მშენებლობისა და რემონტის დროს არ არის შესაძლებელი ევაკუაცია, ხოლო სახანძრო უსაფრთხოების საკითხები ანალოგიური შემთხვევებისათვის საერთოდ არ არის დამუშავებული.

ძალიან ხშირად გვირაბის სიგრძე განხილულია, როგორც მნიშვნელოვანი რისკ-ფაქტორი. კერძოდ, გვირაბის სიგრძეს შეუძლია მოახდინოს ნეგატიური გავლენა მძღოლების მოქმედებაზე, მაგრამ ხანძრების სტატისტიკის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სერიოზული ხანძრები შესაძლებელია მოხდეს მცირე სიგრძის გვირაბებშიც. აღსანიშნავია ხანძარი იტალიის Isola delle Femmine გვირაბში, რომელიც მოხდა 1996 წელს. ეს გვირაბი სულ 148 მ სიგრძისაა, ხოლო მასში მომხდარი ხანძრის შედეგები ერთ-ერთი მძიმეა.

კვლევების საფუძველზე დაზუსტდა მიწისქვეშა ნაგებობების სავენტილაციო სისტემების ფუნქციონირების თავისებურებები ხანძრის შემთხვევაში. საკითხები დამუშავდა სამეცნიერო მიმოქცევაში ჩვენს მიერ შემოტანილი დებულების - ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში სავენტილაციო სისტემის კოლაფსის - მხედველობაში მიღებით და აგრეთვე იმის გათვალისწინებით, რომ ვენტილატორის დეპრესია და ხანძრის მიერ აღძრული წევა ერთმანეთთან ალგებრულად იკრიბება.

დამუშავდა რეკომენდაციები, რომელთა მიხედვითაც შემცირებული იქნება მიწისქვეშა ნაგებობის სავენტილაციო სისტემის კოლაფსის მავნე გავლენა. ხანძრის გაძლიერების კვალობაზე, კოლაფსამდე, ვენტილაცია იმუშავებს კლებადი ეფექტურობით და სავარაუდოა განიავების რეჟიმის ისე გაუარესება, რომ ადამიანის სიცოცხლესთან შეუთავსებელი გახდეს. აღნიშნული დადასტურდა სენ-გოტარდის, ფრეჟიუს, მონბლანის, ლა-მანშის და სხვა გვირაბებში მომხდარი ხანძრებით. გარდა ამისა, მიწისქვეშ ხანძარი ხასიათდება ძლიერი დამანგრეველი მოქმედებით ღია სივრცესთან შედარებით და ამის გამო ხანგრძლივ უარყოფით გავლენას მოახდენს გვირაბის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე.

სამგანზომილებიანი რიცხვითი მოდელირებით შესრულდა სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების განვითარების სცენარები მიწისქვეშ სწრაფად აალებადი ტვირთისათვის. დადგენილ იქნა ევაკუაციისათვის გამოსაყენებელი დროის შუალედები სხვადასვა სიმძლავრის ხანძრებისათვის. დამუშავდა კრიტერიუმები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია ხანძრების მონიტორინგის ეფექტური განხორციელება და საგანგებო სიტუაციების მართვა მიწისქვეშ. დამუშავდა ძირითადი დებულებები, რომელთა მიხედვითაც უნდა მოხდეს გვირაბის მომსახურე პერსონალისა და მაშველების სწავლება. ჩაუტარდა აგრეთვე სწავლება რიკოთის გვირაბის მომსახურე პერსონალს.

მიღებული ახალი შედეგებით უფრო ეფექტურად იქნება შესაძლებელი ხანძრით გამოწვეული საგანგებო სიტუაციების მართვა სატრანსპორტო გვირაბებში, რაც ხელს შეუწყობს გვირაბის შეუფერხებელ ექსპლუატაციას და მთლიანობაში სატრანსპორტო სისტემის გამართული მუშაობას. ქვეყნის ეკონომიკის მდგრადობა კი, როგორც ცნობილია, დიდადაა დამოკიდებული სატრანსპორტო სისტემის გამართულ მუშაობაზე. გვირაბისა და მისი ინფრასტრუქტურის მწყობრიდან გამოყვანის შედეგად გამოწვეული პირდაპირი მატერიალური ზარალის შემცირებასთან ერთად, აღნიშნული აგვაცილებს ზარალს გვირაბების მოცდენისა და საერთაშორისო ტვირთების გადამისამართების გამო.

პროექტის ფარგლებში შესრულებული ანალიზი მკაფიოდ უჩვენებს, რომ მომხდარი ხანძრების ყოველმხრივი შესწავლა გამოდგება მათი თავიდან აცილებისა და მავნე გავლენის შესამცირებელი მომავალი ღონისძიებების ადეკვატური დაგეგმვისა და განხორციელებისათვის. აღნიშნულის გამო აუცილებელია შემთხვევათა გულმოდგინე აღწერ და შედეგების გავრცელება მაშველებზე, გვირაბის მომსახურე პერსონალსა და მთელ საზოგადოებაზე. ამ მხრივ მისასალმებელია გაეროს ევროპული კომისიის მოდვაწეობა, რომელმაც შექმნა გვირაბებში საგზაო მონაწილეთა უსაფრთხოებისადმი მიძღვნილი ონლაინ-ბაზები.

1. შესავალი

საქართველოს ეკონომიკის მდგრადობა, სხვა ქვეყნების ანალოგიურად, დიდადაა დამოკიდებული სატრანსპორტო სისტემის გამართულ მუშაობაზე. ამ სისტემაში გვირავი საკვანძო ელემენტია, რადგან გზის ყველაზე უფრო რთული მონაკვეთის გადალახვა მისი მეშვეობით ხდება და სწრაფდება ტვირთბრუნვა. გვირავი ზოგადად და განსაკუთრებით მაღალი გამტარებლობის პირობებში, იმავდროულად პრობლემური ელემენტიცაა, რადგან მასში მოსალოდნელია ხანძრის გაჩენა. გვირავში ხანძარი ხასიათდება ძლიერი დამანგრეველი მოქმედებით და ამის გამო ხანგრძლივ უარყოფით გავლენას მოახდენს გვირავის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე.

გვირავების ფუნქციონირების ხანგრძლივი პერიოდით მოშლა გამოიწვევს პირდაპირ ზარალს, შეაფერხებს ეკონომიკის განვითარებას და ქვეყანას უმძიმეს მდგომარეობაში ჩააყენებს. ამის გამო გვირავის უსაფრთხო ვენტილაციასთან დაკავშირებული საკითხების ახალი გადაწყვეტების შემოტანა მნიშვნელოვანია. აღნიშნულ გადაწყვეტებში გაანალიზებული უნდა იქნეს მსოფლიოს გვირავებში მომხდარი რეზონანსული ხანძრების მიზეზები და შედეგები. უფრო რეალისტურად უნდა იქნეს შეფასებული სავენტილაციო სისტემის შესაძლებლობები. განხილული უნდა იქნეს ვენტილაციის სისტემის მოსალოდნელი კოლაფსი. აქედან გამომდინარე, მავნე გავლენის შესამცირებელი ღონისძიებები შესაბამისად და ადეკვატურად უნდა იქნეს დამუშავებული.

გვირავისა და მისი ინფრასტრუქტურის მწყობრიდან გამოყვანის შედეგად გამოწვეული პირდაპირი მატერიალური ზარალის შემცირებასთან ერთად, აღნიშნული აგვაცილებს ზარალს გვირავების მოცდენისა და საერთაშორისო ტვირთების გადამისამართების გამო.

როგორც სარკინიგზო, ისე საავტომობილო გვირავებში სახანძრო უსაფრთხოება რთული მისაღწევია მიწისქვეშა გარემოს სპეციფიკური თავისებურებების გამო, რაც ისაა, რომ ნორმალური ექსპლუატაციისათვის საჭიროა ჩვეულებრივი სავენტილაციო სისტემა, ხოლო ხანძრის შემთხვევაში - სავენტილაციო სისტემის ხანძართან მისადაგება, ან სპეციალური სახანძრო ვენტილაციის მოწყობა. ზემოაღნიშნულ სირთულეს კიდევ უფრო მეტად ამძაფრებს მოძრაობის ინტენსიურობის გაზრდა, შედარებით ახალი და უახლესი დიდი მასის ტრანსპორტის ფართოდ გავრცელება, ხანძარსაშიში ნივთიერებების კრიტიკულად დიდი მასის ტრანსპორტირება გვირავში და დიზელის საწვავის გამოყენების მატება, რომლის გავლენა ვენტილაციაზე ირიბი მაჩვენებლების მიხედვით ხდება, რადგან პირდაპირი გავლენა კარგად არ არის შესწავლილი. საავტომობილო გვირავების დაპროექტების, მშენებლობის, ექსპლუატაციისა და მოდერნიზაციის საერთაშორისო პრაქტიკიდან გამომდინარე, აღნიშნული ობიექტების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი ძირითადი ბერკეტია სახანძრო საშიშროების მინიმიზაცია,

რაც მიღწევადია გვირაბების სავენტილაციო სისტემების გაუმჯობესებით თანამედროვე გამოწვევების შესაბამისად - დიდი ტვირთტევადობის სატრანსპორტო საშუალებებისა და მოძრაობის გაზრდილი ინტენსიურობის მხედველობაში მიღებით.

საქართველოს გვირაბებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რიკოთის გვირაბი, რომელიც მდებარეობს უმველესი დროიდან „აბრეშუმის გზის“ სახელით ცნობილი აღმოსავლეთ-დასავლეთი მიმართულების სატრანსპორტო არტერიაზე, რომლითაც ხდებოდა აბრეშუმის გადაზიდვა ჩინეთიდან დასავლეთ ევროპაში შავი ზღვის გამოყენებით ან იმ ტერიტორიის გავლით, რომელიც ახლანდელი თურქეთის შემადგენლობაში შედის და სხვა საერთაშორისო ტვირთების გადაზიდვა საპირისპირო მიმართულებით. საყურადღებოა, რომ ამ გვირაბით ახლაც ხდება საერთაშორისო ტვირთების გადაზიდვა როგორც შავ ზღვამდე, ისე თურქეთის ტერიტორიის გამოყენებით. გარდა ამისა, რიკოთის გვირაბი ერთმანეთთან აკავშირებს ქვეყნის ორ უმსხვილეს ეკონომიკურ რეგიონს - აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს. აღსანიშნავია ჩაქვი-მახინჯაურის ტყუპი გვირაბები აგრეთვე, რომლებიც სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებისაა იმავე „აბრეშუმის გზაზე“ და საქართველოსა და თურქეთის გზატკეცილებს აკავშირებს ერთმანეთთან.

ცხადია, რომ ამ დიდი მნიშვნელობის პრობლემის გადაჭრა აქტუალურია ჩვენი ქვეყნისათვის და ეს მასშტაბი არანაირად არ აკნინებს პრობლემის მნიშვნელობას. თუმცა პრობლემა უფრო აქტუალური და უფრო დიდი მასშტაბისაა, რადგან არა მარტო საგზაო მოძრაობის მონაწილეები უშვებენ შეცდომებს ვენტილაციის შესაძლებლობებისა და ვითარების შეფასებისას ხანძრის შემთხვევაში, არამედ ძალიან მაღალი კვალიფიკაციის აღიარებული ექსპერტებიც. მაგალითად, შესაძლებელია განვიხილოთ ექსპერტების დასკვნა სენ-გოტარდის გვირაბში მომხდარ ხანძართან დაკავშირებით (UN, Report TRANS/AC.7/11, 2002). აღნიშნული დასკვნის მე-8 პუნქტში აღნიშნულია, რომ გვირაბის ვენტილაცია მუშაობდა ეფექტურად, ხოლო მე-9 პუნქტის თანახმად, ადამიანები დაილუპა ტოქსიკური აირებით სუნთქვის შედეგად, ანუ ვენტილაცია არ იყო ეფექტური.

თეორიულად ვაჩვენებთ, რომ გვირაბში მომხდარი ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში, გარკვეული პერიოდის შემდეგ, დომინანტი ხდება ხანძრის მიერ აღძრული წევა, ხოლო ვენტილატორების მიერ განვითარებული წევა ჰაერის ნაკადის მოძრაობის მიმართულებაზე გავლენას ვეღარ ახდენს. ეს აიხსნება იმით, რომ მითითებული სიდიდეები ერთმანეთთან ალგებრულად იკრიბება, ხოლო მათი ურთიერთსაპირისპირო მიმართულება იწვევს ვენტილატორების მწარმოებლურობის განულებას მას შემდეგ, რაც ხანძარი მიაღწევს სათანადო სიმძლავრეს.

მსოფლიოს გვირაბებში უკვე მომხდარი ძლიერი ხანძრები ცხადად აყენებენ უბედურების აცილებისათვის მზადმყოფი სავენტილაციო სისტემის დამუშავების საკითხს სატრანსპორტო გვირაბისათვის. გვირაბების ნაწილში შემთხვევით გადარჩნენ ადამიანები, ხოლო მითითებული სენ-გოტარდის, აგრეთვე მონბლანის, ფრეჟიუს და სხვა გვირაბებში ადგილი ჰქონდა ადამიანების მსხვერპლს.

ხანძრის შემთხვევებმა მსოფლიოს გვირაბებში აჩვენა, რომ ხანძარს გვირაბში აქვს უფრო მაღალი ტემპერატურა და არის უფრო დამანგრეველი, ვიდრე ეს ზოგადად არის მოსალოდნელი ღია სივრცეში. გვირაბებში უკვე მომხდარი ხანძრის კერის სიახლოვეს მაქსიმალური ტემპერატურა აღწევდა 1300-დან 1650 K-მდე. აღნიშნული მნიშვნელოვნად ართულებს მაშველთა გუნდისა და მეხანძრეთა მუშაობის პირობებს.

ვენტილაციის სხვა სისტემებთან ერთად საქართველოს საავტომობილო გვირაბებში გამოყენებული არის ნახევრად განივი (კომბინირებული) და გრძივი სავენტილაციო სისტემები, რომლებიც შესაბამისად გამოყენებულია რიკოთისა და ჩაქვი-მახინჯაურის საავტომობილო გვირაბებში. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში სისტემაში ჩართულია ჭავლური ვენტილატორები. ვენტილაციის ორივე სისტემები უზრუნველყოფენ საჭირო ჰაერის ნაკადს გვირაბის მთელ სიგრძეზე იმ მიზნით, რომ გვექნეს სათანადო ხარისხის ჰაერი ჩვეულებრივი რეჟიმით ექსპლუატაციისას და შესაძლებელი იქნეს კვამლის გაწოვა ხანძრის შემთხვევაში.

წინამდებარე ნაშრომში საკითხები დამუშავებულია მითითებული გვირაბების პირობების შესაბამისად. სრულმასშტაბიანი ექსპერიმენტული დაკვირვებები ვენტილაციის პარამეტრების ცვალებადობის კანონზომიერების დადგენის მიზნით ჩატარებულია მოცემულ გვირაბებში. კვლევების საბოლოო მიზანი არის სიცოცხლის უფრო საიმედოდ გადარჩენა, მატერიალური ზარალის შემცირება და საგანგებო სიტუაციების ეფექტური მართვა რიკოთისა და ჩაქვი-მახინჯაურის საავტომობილო გვირაბებში ხანძრების სავარაუდო სცენარებისათვის. სავარაუდო სცენარებში გათვალისწინებულია ვენტილაციის სქემის, გვირაბების პროფილის, გრძივი გრადიენტის, ხანძრისა და ვენტილატორების სიმძლავრის, სიბოლსა და ბოლის გენერაციისა და გავრცელების, სხვა მნიშვნელოვანი პარამეტრების ცვალებადობა და მათი ურთიერთდამოკიდებულება როგორც ცნობილი, ისე ჩვენს მიერ დადგენილი კანონზომიერებების მიხედვით. ნაშრომში განხილულია გვირაბების მდგრადი და უსაფრთხო ექსპლუატაციის საკითხები, რომლებიც არსებითად არის დამოკიდებული მათი სავენტილაციო სისტემის გამართულობასა და მოქნილობაზე. მოქნილი სავენტილაციო სისტემა, პირველ რიგში ნიშნავს ავარიულ სიტუაციებში და განსაკუთრებით ხანძრისას ადამიანებისათვის სუფთა ჰაერის მიწოდების შესაძლებლობას მათი უსაფრთხო ევაკუაციის პირობით. გარდა ამისა უსაფრთხო სისტემას იმავდროულად უნდა შეეძლოს გვირაბში მიწოდებული ჰაერის რაოდენობის ცვალებადობა ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიურობის ან სამთო მასივიდან მავნე, ფეთქებადი ან ტოქსიკური აირების გამოყოფის შესაბამისად.

ასეთი რთული და მრავალპარამეტრიანი ამოცანების ჯეროვნად შესასწავლად რიცხვითი ანალიზის (კომპიუტერული მოდელირების) მეთოდის გამოყენება შეესაბამება დასახულ მიზნებს და მეცნიერულად დასაბუთებულად უნდა მივიჩნიოთ, რადგან საძიებელი პარამეტრების ცვალებადობის შეფასებისა და მათი საკმარისად სარწმუნოდ განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. კომპიუტერული მოდელირების ხარვეზის - ნაკლები სიზუსტის ბალანსირება აღნიშნულ ამოცანებში შესაძლებელია მრავალი ცდით

ტურბულენტურობის, ჰაერის სიმკვრივის ან ნაკადის სხვა მახასიათებელი პარამეტრების ცვალებადობის გზით. არსებითი ამ შემთხვევაში არის მეთოდის გამოყენების სიიარაღე და ამის გამო მრავალი ცდის შესრულების შესაძლებლობა მათემატიკურ მოდელზე.

დასახული მიზნის მიღწევის სამუშაო ჰიპოთეზა დაფუძნებულია გვირაბის პროფილის მიხედვით გამოვლენილ კრიტიკულ ადგილებში სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრის სავარაუდო სცენარების განხილვაზე და იმ მარტივ ვარაუდზე, რომ სისტემის კოლაფსამდე მაქსიმალურად უნდა გამოვიყენოთ ვენტილაციის შესაძლებლობები და მათ შორის უკუდინების მოვლენაც (თუ მას ადგილი ექნა) ევაკუაციის მიზნებისათვის. კოლაფსის პერიოდის ძალაში შესვლის შემდეგ კი, პირიქით - ვენტილაცია უნდა შეიზღუდოს (გვირაბის აეროდინამიკური წინაღობა უნდა გაიზარდოს), რადგან ჰაერის ნაკადის მიმართულება აღარ იქნება პროგნოზირებადი.

გაზომილი, გაანალიზებული და ნაშრომში გრაფიკების სახით მოცემულია სავენტილაციო ნაკადის ტემპერატურის, ფარდობითი ტენიანობისა და ჰაერის სიჩქარის ცვალებადობა დროსა და სივრცეში. გვირაბის მთელ სიგრძეზე გაზომილია ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა სავენტილაციო ჭავლში და გრაფიკების სახით მოცემულია როგორც ნატურული დაკვირვებების, ისე მოდელირების შედეგები ანალოგიური და ერთმანეთთან შესადარი შემთხვევებისათვის.

საგანგებო სიტუაციის შეფასებისათვის შემოთავაზებულია ხანძრის განვითარების სივრცით და დროით მასშტაბებზე დაფუძნებული კრიტერიუმები, რომლებიც უჩვენებენ ადამიანების სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისათვის ხიფათის შემცველი სივრცითი ზონების ცვალებადობას დროის მიხედვით. ხიფათის შემცველი ზონების დახასიათება ხდება სითბოს, კვამლისა და ტოქსიკური ნივთიერებების გენერაციის მიხედვით, ხოლო თვით ზონების დადგენა ხდება ისეთი ფაქტორების მიხედვით, როგორებიცაა: გვირაბის გეომეტრიული მახასიათებლები, ვენტილაციისა და ხანძრის პარამეტრები.

განხილულია მცირე სიგრძის გვირაბებში მომხდარი ხანძრების მაგალითები. გამოკვეთილია ხანძრის საშიშროება მცირე სიგრძის გვირაბებისათვის, სადაც მექანიკური ვენტილაციის დამონტაჟება არ არის აუცილებელი მოწინავე, ინდუსტრიულად განვითარებული ქვეყნების მაგალითზე დასაბუთებულია მცირე სიგრძის გვირაბებში საგანგებო ვენტილაციის მოწყობის აუცილებლობა; დასახულია მოკლე გვირაბებში ხანძრის თავიდან ასაცილებელი ღონისძიებები, რომელთა შორის აღსანიშნავია: გვირაბის ინფრასტრუქტურის მოდერნიზაცია; საგანგებო ვენტილაციის მოწყობის აუცილებლობა; დასახულია მოკლე გვირაბებში ხანძრის თავიდან ასაცილებელი ღონისძიებები, რომელთა შორის აღსანიშნავია: გვირაბის ინფრასტრუქტურის მოდერნიზაცია; მისი აღჭურვა საგანგებო სავენტილაციო სისტემით და საზომი ხელსაწყოებით; გვირაბის მომსახურე პერსონალისა და მაშველების სწავლების ორგანიზება; ტრენინგის ჩატარება ისეთი მოქმედების დასახვეწად საგანგებო სიტუაციის შემთხვევაში, რომ მოქმედება ეხმარებოდეს ან ევაკუაციას, ან მაშველებს, ან ორივეს ერთად, ხანძრის ჩაქრობაში ხალშეწყობის მხედველობაში მიღებით.

დადგენილია, რომ მასშტაბის მიხედვით ხანძრით გამოწვეული საგანგებო სიტუაცია არის საობიექტო, რომლის შედეგები არ სცილდება ობიექტის საზღვრებს და მისი ლიკვიდაცია შესაძლებელია ობიექტის საკუთარი ძალებითა და რესურსებით.

შესაბამისად, წინამდებარე ნაშრომის შედეგები სასარგებლო იქნება გვირაბის დირექციისა და საგანგებო სიტუაციების მართვის სამსახურისათვის ადამიანების სიცოცხლის გადასარჩენი ღონისძიებების ადეკვატურად დაგეგმვისა და განხორციელებისათვის.

2. ხანძრის შემთხვევები გვირაბებში

2.1. წინასწარი შენიშვნები

მიწისქვეშ ხანძრის განვითარების ახალი თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემები განაპირობებენ ვენტილაციის დაპროექტების, მონტაჟის, ექსპლუატაციისა და მოდერნიზაციის საერთაშორისო პრაქტიკაში ნოვაციის შეტანის აუცილებლობას. ძირითადი დებულებების გადახედვის საკითხი კიდევ უფრო მეტად გამოიკვეთა გრძელი გვირაბების: მონბლანის, სენ-გოტარდის და სხვათა ხანძრების კატასტროფული შედეგების, ავსტრიის კაპრუნის ფუნუკულორის გვირაბში მომხდარი ხანძრის, აგრეთვე შედარებით მცირე სიგრძის გვირაბებში მომხდარი ფატალური ხანძრების შედეგების მიხედვით, რომელთა დროსაც დაიღუპა ადამიანები და განადგურდა ქონება.

საერთაშორისო ორგანიზაციები, რომელთა შორის აღსანიშნავია „ავტოსაგზაო კონგრესების საერთაშორისო მუდმივმოქმედი ასოციაცია“ (PIARC) და „რკინიგზების საერთაშორისო კავშირი“ (OIC), ამუშავებენ დაპროექტების სახელმძღვანელო პრინციპებს და ეროვნულ ორგანიზაციებს წინადადებას აძლევენ მოახდინონ ეროვნული სტანდარტების ჰარმონიზაცია ახალ მოთხოვნებთან.

აღსანიშნავია, რომ საერთაშორისო ორგანიზაციების ძირითადი ყურადღება გამახვილებულია ტრანსევროპულ მაგისტრალზე, რაც ტრადიციით არის განპირობებული.

აშშ დამოუკიდებლად ატარებს მსოფლიო მასშტაბით ყველაზე ძვირადღირებულ კვლევებს აღნიშნული მიმართულებით, ხოლო დღესდღეობით ყველაზე გრძელი გვირაბი აზიაშია. განვიხილოთ მაგალითები და მიღწევები მითითებული თანმიმდევრობით.

ევროპული გვირაბები: ლა-მანში (საფრანგეთი, ინგლისი), სიგრძე 50.4 კმ; ლოჩბერგი (შვეიცარია), სიგრძე 34.6 კმ; ლაერდალი (ნორვეგია), სიგრძე 24.5 კმ; როგფასტი (ნორვეგია), სიგრძე 24.2 კმ; სენ-გოტარდი (შვეიცარია), სიგრძე 16.9კმ; ფრეჟიუ (საფრანგეთი, იტალია), სიგრძე 12.9 კმ; დიდი პარიზის წრიულ გზაზე „დასავლეთი ა86“, ორსართულიანი, სიგრძე 10 კმ, რომელიც განკუთვნილია მხოლოდ მსუბუქი მანქანებისათვის და მისგან განცალკევებული ერთსართულიანი სიგრძე 7.5 კმ, რომელიც განკუთვნილია როგორც სატვირთო, ისე მსუბუქი მანქანებისათვის; 28 კმ სიგრძის გვირაბი შენდება ესპანეთში; გოტარდის სარკინიგზო გვირაბი შენდება შვეიცარიაში, რომლის სიგრძე იქნება 57.1 კმ, ხოლო 2020 წლამდე აშენდება მისი მეორე საფეხური 75 კმ სიგრძის. მეტროს გვირაბები, რომელთა ჯამური სიგრძე კიდევ უფრო შთამბეჭდავია ევროპული მასშტაბით. მაგალითად, მსოფლიოს ერთ-ერთი პირველი მეტრო - ლონდონის, რომელშიც გვირაბების ჯამური სიგრძე 400 კმ-ზე მეტია. გვირაბებში სახანძრო უსაფრთხოების მსოფლიოში ერთადერთი ცნობარი-სახელმძღვანელო გამოცემულია ევროპაში (Beard, Carvel, 2012).

წინა და მიმდინარე საუკუნეების შესაყარზე გაეროს (UN) ევროპულმა კომისიამ (ECE) ჩამოაყალიბა სპეციალური მრავალპროფილიანი ექსპერტების ჯგუფი და დამუშავდა უსაფრთხოების რეკომენდაციები საგზაო მოძრაობის 4 კატეგორიისათვის. ეს

კატეგორიები: ადამიანები (მძღოლები და მგზავრები); ექსპლუატაცია; ინფრასტრუქტურა და ტრანსპორტი. ყველა კატეგორია პირდაპირ ან ირიბად დაკავშირებულია გვირაბის ვენტილაციასთან და მის სახანძრო უსაფრთხოებასთან. ევროპულმა კომისისამ 2004/2005 წლებში მოიწონა დირექტივები უსაფრთხოების მინიმალური მოთხოვნების შესახებ ტრანსევროპულ გზებზე (UN Economic Council, 2001), რომლებიც შეეხება მონაწილე ქვეყნებში უსაფრთხოების თანაბარ და მაღალ დონეს, საგზაო ინციდენტებისა და მათი შედეგების აღმოფხვრას. დირექტივა შეეხება როგორც ასაშენებელ, ისე არსებულ გვირაბებს, რომელთა სიგრძე აღემატება 500 მ და მოუწოდებს ევროკავშირის ქვეყნებს 10-15 წლის განმავლობაში მოიყვანონ შესაბამისობაში დირექტივის მოთხოვნებთან თავიანთი მაგისტრალები. აღსანიშნავია, რომ ვენტილაციის მოდერნიზაცია, დირექტივების მიხედვით, მიჩნეულია ყველაზე უფრო რენტაბელურ გზად ძველი გვირაბებისათვის.

აშშ-ის 35 შტატში არის 400 ავტოსაგზაო გვირაბი. ნიუ-იორკსა და ბოსტონში გვირაბები აშენდა XX საუკუნის დასაწყისში, ჩიკაგოში 1930-40 წლებში, ტორონტოსა და სან-ფრანცისკოში 1950-60 წლებში, ყველაზე მეტი გვირაბი აშენდა 1970-90 წლებში - ატლანტაში, ბალტიმორში, ვაშინგტონში, ლოს-ანჯელესში, დალასში. XIX საუკუნის ბოლოს აშენდა მეტრო ბოსტონში, ნიუ-იორკის მეტროს გვირაბების ჯამური სიგრძე 1000 კმ აღემატება, ხოლო მონრეალის (კანადა) მეტრო, თბილისის მეტროს მსგავსად, 1966 წლიდან მოქმედებს. ბოლო პროექტებში: ლოს-ანჯელესში, სან-ფრანცისკოში, სან-ხოსეში, სიეტლში და სხვაგან, გამოყენებულია ვენტილაციის თანამედროვე მოქნილი სისტემები, რომლებსაც შეუძლიათ ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში გამოყოფილი კვამლისა და სითბოს არინება ადამიანებსა და მატერიალურ ფასეულობებზე არსებითი ზიანის მიყენების გარეშე. ხაზგასმით აღსანიშნავია, რომ ძველი გვირაბების უსაფრთხო ექსპლუატაციის უზრუნველსაყოფ გზად აშშ-ში მიჩნეულია მათი სავენტილაციო სისტემების მოდერნიზაცია (ASHRAE, 2007).

აშშ-ში გვირაბების უსაფრთხო ექსპლუატაციის პირობების შესწავლა და მათ საფუძველზე წესებისა და რეკომენდაციების შემუშავება ხდება რამდენიმე სახელმწიფო სააგენტოსა და ასოციაციაში. მათ შორის აღსანიშნავია:

ა) „ტრანსპორტის დეპარტამენტი“, რომელიც თავის მხრივ შედგება სატრანზიტო გვირაბების, მეტროს სადგურებისა და გადასარბენი გვირაბების უსაფრთხოების საკითხების დამუშავებელი სააგენტოებისაგან. მათ მიერ შემოღებული რეგულაციები, პოლიტიკა და სახელმძღვანელო პრინციპები განაპირობებენ სატრანსპორტო მაგისტრალების უსაფრთხოებას აშშ-ში. კვლევების დაფინანსების წყარო არის ფედერალური ბიუჯეტი. ტრანსპორტის დეპარტამენტი მართავს ერთობლივ კვლევებს ზემოაღნიშნულ „ავტოსაგზაო კონგრესების საერთაშორისო მუდმივმოქმედი ასოციაციასთან“ (PIARC, 2004) ერთად და არის აღნიშნული კვლევების სპონსორი.

განცალკევებულად შევჩერდებით ტრანსპორტის დეპარტამენტის მიერ კვლევებში კერძო კაპიტალის მოზიდვაზე, „ჯენერალ მოტორსი“, რომლის მიერ გამოშვებული ავტომობილების მიზეზით გახშირდა ხანძრები აშშ-ის გვირაბებში, დაავალდებულეს 50 მლნ აშშ დოლარით დაეფინანსებინა დღესდღეობით ყველაზე სრულყოფილი კვლევები (UN, Economic and Social Council, 2001) დაახლოებით 5 მლნ დოლარი კვლევების პროცესში კიდევ დაემატა. მიტოვებული გვირაბი „მემორიალი“ აღიჭურვა ყველა ტიპის დღემდე ცნობილი სავენტილაციო სისტემით, საზომი აპარატურით და მოხდა სავენტილაციო სისტემების ეფექტურობის შეფასება სხვადასხვა სატრანსპორტო საშუალების წვის პირობებში. აღსანიშნავია, რომ არა მხოლოდ ტრანსპორტის მასა იყო აღნიშნულ კვლევებში ცვალებადი, არამედ - მათი გამოშვების წლებიც. აღნიშნული ნატურული კვლევების

შედეგები ფართოდ გამოიყენება გვირაბების უსაფრთხო ვენტილაციის მოდელირებისათვის. აღნიშნული კვლევები სრულყოფილად არის აღწერილი ბირდისა და კარველის სახელმძღვანელოში (Beard, Carvel, 2012).

ბ) „აშრაე“ (ASHRAE) არის ამერიკული სახელმწიფო ასოციაცია, რომლის ინტერესების სფეროს წარმოადგენს სარკინიგზო და საავტომობილო გვირაბები, მეტროს სადგურები და გადასარბენი გვირაბები. აღნიშნული საკითხების კოორდინაციას ახორციელებს მისი მიწისქვეშა კომიტეტი, რომელიც წელიწადში ორჯერ მართავს ცნობილ კონფერენციებს და გამოსცემს სახელმძღვანელო მასალებს. აღსანიშნავია, რომ „აშრაე“ აგრეთვე შედგება სხვა კომიტეტებისაგან და მათი ინტერესების სფერო არის ვენტილაციისა და კლიმატკონტროლის სისტემები ყველგან და მათ შორის, სამხედრო ინფრასტრუქტურაშიც. აღსანიშნავია, რომ ამ უკანასკნელმა „აშშ-ის სახანძრო უსაფრთხოების ეროვნულ ასოციაციასთან“ (NFPA) ერთად გამოსცა გვირაბების სავენტილაციო სისტემის გარემოზე მდგრადი უსაფრთხო ზემოქმედების დაპროექტების სახელმძღვანელო.

გ) „სახანძრო უსაფრთხოების ეროვნული ასოციაცია“ (NFPA). აშშ-ის ეროვნული სახანძრო დაცვის ასოციაციის 502 სტანდარტის 11.1 პუნქტი მოითხოვს საგანგებო სავენტილაციო სისტემისა და გვირაბის ექსპლოატაციის ისეთნაირ დაგეგმვას, რომ მაქსიმალურად იქნეს გამოყენებული გვირაბის ჩვეულებრივი რეჟიმის სავენტილაციო სისტემა, გვირაბში მომხდარი ხანძრის შედეგების, ნაწივი და ტოქსიკური აირებისა და კვამლის კონტროლისა და გვირაბის არინებაზე (NFPA, 1981, 2011).

240 მ-ზე ნაკლები სიგრძის გვირაბის შემთხვევაში აღნიშნული სტანდარტის 11.1.1 პუნქტი ითვალისწინებს ინჟინრული ანალიზის საფუძველზე უსაფრთხოების დაგეგმვას ბუნებრივი ფაქტორების, ტრანსპორტის სახეობის, მოძრაობის ხასიათისა და სხვა მსგავსი მაჩვენებლების მიხედვით და არ ითვალისწინებს საგანგებო ვენტილაციის მოწყობის აუცილებლობას.

მოვიტანოთ ზოგიერთი მნიშვნელოვანი ცნობა აღნიშნულ სტანდარტთან დაკავშირებით:

NFPA-502-T - საცდელი სტანდარტი შემოღებული იქნა 1972 წელს, 1980 წლიდან NFPA-ს კომიტეტმა გადაამუშავა დოკუმენტი, როგორც რეკომენდირებული პრაქტიკა და დაამატა თავი ვენტილაციის შესახებ, რომელიც კვლავ არ ითვალისწინებს საგანგებო ვენტილაციის მოწყობის აუცილებლობას ისეთი სიგრძის გვირაბებში, რომელთა ჩვეულებრივი ვენტილაცია ხორციელდება ბუნებრივი წევით.

1987 წლის გამოცემაში შეიტანეს მცირე შესწორება ხანძრის საქრობი წყლით მომარაგებასთან დაკავშირებით. 1996 წლის გამოცემაში შეტანილია თავი გვირაბებში ტოტალური რევიზიის შესახებ. აგრეთვე დაემატა მოთხოვნები გვირაბებში ახალი მასალების გამოყენების რევიზიის შესახებ. 1998 წლის გამოცემა გადაამუშავდა საავტომობილო ტრანსპორტისა და გზატკეცილების სახანძრო უსაფრთხოების კომიტეტთან ერთად, კერძოდ, კრიტიკულად დამუშავდა თითქმის ყველა თავი და დაემატა ახალი მე-7 თავი, რომელშიდაც შევიდა კვლევების შედეგები ვენტილაციის სახანძრო უსაფრთხოების ტესტირებასთან დაკავშირებით აშშ-ის გვირაბში „მემორიალი“, რომელიც იყო მიტოვებული გვირაბი დასავლეთ ვირჯინიაში, აღიჭურვა ყველანაირი სავენტილაციო სისტემით, გაუსაზომი აპარატურით და მოხდა სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების ტესტირება. აღნიშნულ კვლევებში აქცენტი გაკეთებული იყო დიდი სიგრძის საავტომობილო გვირაბებზე (Parsons Brinckerhoff, 1996).

2001 წლის გამოცემაში საგანგებო განათებაზე და საგანგებო გასასვლელებს შორის ოპტიმალურ მანძილებზეა ყურადღება გამახვილებული. აგრეთვე მოხდა რედაქციული ხასიათის მნიშვნელოვანი შესწორებები. განმარტებულია აგრეთვე გვირაბის სიგრძის მიხედვით ნორმის გამოყენება.

2004 წლის ვერსიაში არის დამატებითი მოთხოვნები ბეტონისა და არმატურის მიმართ, საგანგებო განათების მიმართ, საგანგებო გასასვლელებს შორის მანძილთან დაკავშირებით. ამავე გამოცემის დანართ A-ში მოცემულია ახალი კვლევების შედეგები მსოფლიო მასშტაბით.

2004 წლის ვერსიაში არის დამატებითი მოთხოვნები ბეტონისა და არმატურის მიმართ, საგანგებო განათების მიმართ, საგანგებო გასასვლელებს შორის მანძილთან დაკავშირებით. ამავე გამოცემის დანართ A-ში მოცემულია ახალი კვლევების შედეგები მსოფლიო მასშტაბით.

2008 წლის გამოცემა ამატებს სპეციალურ მოთხოვნებს ხანძრის ტესტებზე გვირაბის სტრუქტურულ ელემენტებთან მიმართებაში და შეიცავს განმარტებებს საგზაო გვირაბების კატეგორიებად დაყოფასთან დაკავშირებით; აგრეთვე განიხილავს საკითხებს სათანადო ვენტილაციის, საიმედო გარემოსა და სახიფათო ტვირთების ტრანსპორტირების რევიზიის შესახებ; სადისკუსიო თემების რევიზია არის აგრეთვე დანართ E - ში ხანძრის საქრობი ფიქსირებული სისტემების სახით.

უფრო დასაბუთებული მოთხოვნებია გვირაბის უსაფრთხო ექსპლუატაციის უზრუნველსაყოფი სისტემის მიმართ გვირაბის კატეგორიის მიხედვით 2011 წლის გამოცემაში. დამატებულია მე-9 თავი წყლით ხანძრის საქრობი სისტემის კონტროლისა და პერიოდული ტესტირების შესახებ მასალა, აგრეთვე განახლებულია დანართი გვირაბის უსაფრთხოების დაპროექტების ფაქტორებზე რისკების ანალიზის მიხედვით.

აზიური გვირაბები: სარკინიგზო - სეიკენი (იაპონია), სიგრძით 53.9 კმ; ჰაკოდა (იაპონია), სიგრძით 26.5 კმ; ივატე (იაპონია), სიგრძით 25.8 კმ; ვუშაოლინგი (ჩინეთი), სიგრძით 21.1 კმ; ჟონგნანშანი (ჩინეთი), სიგრძით 18 კმ; საავტომობილო - სუეშანი (ტაივანი), სიგრძით 12.9 კმ; კანცუ (იაპონია), სიგრძით 11,1 კმ (Chow et al., 2006). ჩანგისა და სხვათა სტატიაში მითითებულია, რომ სამხრეთ კორეის 616 დასახლებულ პუნქტში 423 კმ საერთო სიგრძის გვირაბებია აგებული. მათ კომპიუტერული მოდელირების გზით CFD მოდელებით შესწავლილი აქვთ ამერიკული ჭარბწნევიანი ვენტილატორების გამოყენების საკითხი (Chung et al., 2004).

საყურადღებოა დიდტვირთიანი ავტომობილისა და შეშის წვის 1992 წლის ტესტირების შედეგები ნორვეგიის უმოქმედო გვირაბში - Hammerfest (Lotsberg, 1997). შემცირებული მასშტაბის ხანძრის ტესტირების შედეგები, რომელიც 1993 წელს ჩაატარა ჯანმრთელობისა და უსაფრთხოების ლაბორატორიამ, ბაქსტონი, დიდი ბრიტანეთი. დიდტვირთიანი ავტომობილის ხანძრის ტესტირების შედეგები, რომელიც 2002 წელს ჩატარდა გვირაბში - Second Benelux, როტერდამი, ნიდერლანდი. დიდტვირთიანი ავტომობილის ხანძრის ტესტირების შედეგები, რომელიც 2003 წელს ჩატარდა ნორვეგიის გვირაბში - Runehamar (SP Technical Research Institute). შვეიცარიის გვირაბი Ofenegg, 1965 წლის ტესტირება. გვირაბი იაპონიის პუნქტებს Toumei და Meishin შორის, 2001 წლის ტესტირება. ნიდერლანდის გვირაბი - Second Benelux 2002 წლის ტესტირება (Kunikane et al., 2002). თხევადი საწვავის მცირე ხანძრებისათვის (როცა დაღვრილი თხევადი საწვავის ზომა დაახლოებით შეესაბამება ერთი დიდი ტრაილერის სავსე ავზს). ალბათობის წინასწარი გამოთვლები თხევადი საწვავის საშუალო ზომის ხანძრებისათვის, რომლებიც ზემოაღნიშნული სპეციალისტთა ჯგუფის მიერ იყო შესრულებული, დაზუსტდა შემდეგი

ექსპერიმენტების შედეგების მიხედვით: სამთო საქმის გვირაბი Londonderry, ავსტრალია, 1991 წლის ტესტირება, ლაბორატორიული გვირაბი, იაპონია, 1995 წლის ტესტირება (Saito et al., 1995).

ზემოაღნიშნული სპეციალისტთა ჯგუფის მიერ შესრულებული, ალბათობის წინასწარი გამოთვლები ავტომობილის ხანძრებისათვის, დაზუსტდა შემდეგი ექსპერიმენტების შედეგების მიხედვით: ხის პალეტების ხანძრის ტესტირება სამთო დანიშნულების გვირაბში ფინეთში, პუნქტ Lappeenranta-სთან ახლოს (Apte et al., 1991). ავტომობილის ხანძრის ტესტირება საფრანგეთის გვირაბში Des Monts. ავტომობილისა და ხის პალეტების ხანძრის ტესტირება შვედეთის ერთ-ერთ გვირაბში, 1997 წლის ტესტირება (Directive 2004/54/EC).

საფრანგეთში დამუშავებული სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით ყოველ 100 მლნ ავტომობილზე, რომლებიც გადალახავენ საავტომობილო გვირაბს, საშუალოდ გვირაბის ყოველ კილომეტრზე მოსალოდნელია ავტომობილის 1 ან 2 ხანძარი. ანალოგიურად, დიდტვირთამწიფობის სატრანსპორტო საშუალებისათვის, იგულისხმება 100 მლნ ავტომობილი, გვირაბის ყოველ კილომეტრზე მოსალოდნელია 8 ხანძარი, რომელთაგან მხოლოდ ერთი იქნება ისეთი სიმძლავრის, რომ სერიოზულ ზიანს მიაყენებს თვით გვირაბს. სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით გაანგარიშებულ იქნა, რომ ყოველ ათას მილიონ მანქანაზე, გვირაბის სავალი ნაწილის 1 კილომეტრზე გადაანგარიშებით, მოხდება 1-3 სერიოზული ხანძარი რამდენიმე ავტომობილის მონაწილეობით და სასიკვდილო შედეგით.

აღნიშნული სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით შესაძლებელია უმნიშვნელოდ მოგვეჩვენოს სერიოზული შემთხვევითი ხანძრის გაჩენის ალბათობა საავტომობილო გვირაბში, მაგრამ ეს მხოლოდ ერთი შეხედვით. თუ მხედველობაში მივიღებთ ავტომობილების მოძრაობის სიხშირეს (მაგალითად გერმანიაში, ელბის გვირაბში, 1992 წელს მოძრაობის სიხშირე იყო 37 მილიონი წელიწადში, ორივე მხარეზე), მაშინ ასეთი ხანძრის ალბათობა მოიმატებს. საერთაშორისო ტვირთების მომატების კვალობაზე, საქართველოშიც მოსალოდნელია საავტომობილო მოძრაობის სიხშირის მატება, მაგრამ სიხშირის მხედველობაში მიღების გარეშეც სიფრთხილის გამოჩენა აუცილებელია.

2.2. ხანძრები საავტომობილო გვირაბებში

წარმოებებისა და ტექნოლოგიური პროცესების უსაფრთხოების ანალოგიურად, გვირაბების ექსპლუატაციაშიც, პრობლემები თავს იჩენენ და მათი მხედველობაში მიღება იწყება მას შემდეგ, რაც შემთხვევა მოხდება. ამის გამო, როგორც აღნიშნა, ვენტილაციის დაპროექტებისა და ექსპლუატაციის ძირითადი დებულებების გადახედვის საკითხი გამოიკვეთა გრძელი გვირაბების: მონბლანის, სენ-გოტარდის და სხვათა ხანძრების კატასტროფული შედეგების, ავსტრიის ფუნკულორის გვირაბში მომხდარი ხანძრის, აგრეთვე შედარებით მცირე სიგრძის გვირაბებში მომხდარი ფატალური ხანძრების შედეგების მიხედვით, რომელთა დროსაც დაიღუპა ადამიანები და განადგურდა ქონება.

ძლიერი ხანძრის გაჩენის მიზეზი შესაძლებელია იყოს საგზაო ინციდენტი, საბოტაჟი, ტერორისტული აქტი, სხვა წინასწარ დაგეგმილი ან დაუგეგმავი შემთხვევა.

ხანძრის შემთხვევაში, როგორც ევაკუაციის, ისე ხანძრის ჩაქრობისათვის არსებითია სავენტილაციო ჰაერის სხვადასხვა პარამეტრების ოპერატიულად დადგენა ხანძრის განვითარების სცენარის მიხედვით. ამდენად მნიშვნელოვანია, როგორც

პროგნოზის შესრულების მეთოდის მართებულობა, ისე საგანგებო სიტუაციის მართვის შესაძლებლობა და ევაკუაციის ეფექტურად განხორციელების უზრუნველყოფა, რაშიდაც ხანძრების სტატისტიკური მონაცემების ანალიზს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

ბირდისა და კარველის ციტირებულ ცნობარში მოცემულია ძლიერი ხანძრების სტატისტიკა საავტომობილო და სარკინიგზო გვირაბებისათვის. მსოფლიოს გვირაბებში მომხდარი ძლიერი ხანძრების სტატისტიკა, რომელიც აღებულია აშშ-ის ცნობარიდან (ASHRAE, 2007) გვამცნობს, რომ მსოფლიოს მრავალ გვირაბში მომხდარი ხანძრების შედეგად იყო მსხვერპლი და დაზიანდა ქონება. აშშ-ის ცნობარის მიხედვით 1994-2010 წლების პერიოდის ხანძრების შედეგად დაიღუპა 150-ზე მეტი, ხოლო დასახიჩრდა 500-ზე მეტი ადამიანი. მომხდარი ხანძრების სტატისტიკური მონაცემები შეტანილია ცხრილში 1.1.

ცხრილი 1.1.
ხანძრების სტატისტიკური მონაცემები

გვირაბი	ქვეყანა	გვირაბის სიგრძე, მ	ხანძრის ხანგრძ.	ზარალი		
				ხალხი	მანქანა	ნაგებობა
ჰოლანდი	აშშ	2550	4 სთ	66**	10 [^] , 13 ^{^^}	1
ბლუ მაუნტი	აშშ	1300	–		1 [^]	
სუდაკა	იაპონია	244	11 სთ	2**	12 [^]	–
მურ ფლოტი	გერმანია	243	1 სთ	–	1 [^]	–
ვალასი	აშშ	1000	–	–	–	სუსტი
მონზლანი	საფრ-იტა	11600	15 წთ	1**	–	–
ჩესაპიკი	აშშ	2440	4 სთ	1**	1 [^]	–
კროსინ ბპ	საფრ	430	1 სთ	12**	1 [^]	სერიოზ.
ველსენი	ნიდერ	270	1,3 სთ	5*, 5**	4 ^{^^} , 2 [^]	სერიოზ.
ნიჰომაკა	იაპონია	2045	159 სთ	7*, 2**	127 [^] , 46 ^{^^}	სერიოზ.
კაჟივარა	იაპონია	740	1,5 სთ	1*	2 [^]	სერიოზ.
კალკედ.	აშშ	1028	2,7 სთ	7*, 2**	4 [^] , 4 ^{^^}	სერიოზ.
ლაფონტენი	კანადა	1390	–	1*	1 [^]	–
პეკორილა გალერია	იტალია	662	–	9*, 22**	10 ^{^^}	სუსტი
ლ'არმე	საფრ	1105	–	3*, 5**	1 [^] , 4 ^{^^}	სუსტი
გუმე-ფენსი	შვეიცარია	343	2 სთ	2*	2 [^]	სუსტი
ბრენერი	ავსტრია	412	–	2*, 5**	–	–
როლდელი	ნორვეგია	4656	50 წთ	1**	–	სუსტი
მონზლანი	საფრ-იტა	11600	–	2**	1 [^]	სუსტი
სიერა რიპ.	იტალია	442	2,5 სთ	4*, 4**	5 [^] , 11 ^{^^}	სუსტი
პოლდენი	ნორვეგია	1290	1 სთ	5**	2 ^{^^}	სუსტი
ჰუგენოტი	სამხ აფრ	3914	1 სთ	1*, 28**	1 ავტობ	სერიოზ.
ფანდერი	ავსტრია	6719	1 სთ	3*, 4**	1 [^] , 2 ^{^^}	სერიოზ.
იზოლა დელა ფენინე	იტალია	148	–	5*, 20**	–	სერიოზ.
მონზლანი	საფრ-იტა	1160	2 დღე	39*	25 [^] , 10 ^{^^}	სერიოზ.
ტაურნი	ავსტრია	6401	15 სთ	12*, 49**	14 [^] , 26 ^{^^}	სერიოზ.

სენჯესტ-ერ	ნორვეგია	1272	45 წთ	6**	1^, 4^^	—
პრაპონტინი	იტალია	4409	—	19**	1^	სერიოზ.
გლაინსალმი	ავსტრია	8320	—	5*, 4**	—	—
ვილე მარია	კანადა	8400	—	—	—	—
გალბორგი	გერმანია	460	—	5*, 6**	—	—
სენ-გოტარდ	შვეიცარია	16900	2 დღე	11*	2^, 23^^	სერიოზ.
ტაუერნი	ავსტრია	6401	—	2*	—	—
ტედვილიამსი	აშშ	2600	—	—	1^	—
ჰომერი	ახ ზელან	—	—	3**	1^	—
A 86	საფრ	618	6 სთ	2*	2^^	—
ლოციტა	სლოვენია	800	—	—	1^, 1^^	—
ფლოფჯელი	ნორვეგია	3100	10 სთ	1*	1^^	სუსტი
გულივეკი	სლოვენია	700	—	—	1^	—
ბირეგი	შვეიცარია	1390	—	2*, 21**	7^	სერიოზ
ბირეგი	შვეიცარია	1080	—	1*, 1**	1^, 1^^	სერიოზ.
დუბლინი	საფრ	1500	—	—	1^	სუსტი
კინკემ როისი	ბელგია	600	—	—	1^	—
ფრეჟიუ	საფრ -იტა	12900	—	—	1^	—
ფრეჟიუ	საფრ -იტა	12900	6 სთ	2*, 21**	7^	სერიოზ.
ვიამალა	შვეიცარია	760	—	9*, 2**2	—	—
გრავ თეიგი	შვეიცარია	2171	—	—	1^	სუსტი
ბარნლი	ავსტრალ.	2900	—	3*	4^, 4^^	—
კალდეკოტი	აშშ-კან	1028	—	—	1^^	—
სანტა კლას.	აშშ-კან	165	—	3*, 23**	33^, ^^	—
სან-მარტინი	ნორვეგია	—	45 წთ	7*, 10**	1^	—
აიკსანდი	ნორვეგია	7700	—	5*	1*, 1**	—
გაბრისტი	შვეიცარია	—	—	4**	1^, 2^^	—
ტროჯანე	სლოვენია	885	—	5**	1^	—
ვიქსი ლიკუ	ჩინეთი	—	—	24*, 19**	1 ავტ	—

ცხრილის შენიშვნა: * - გარდაცვლილთა რაოდენობა; ** - დაშავებულთა რაოდენობა; ^ - დამწვარი სატვირთო; ^^ - დამწვარი მსუბუქი ავტომობილი.

მითითებულ ხანძრებს შორის ხანგრძლივობით გამოირჩეოდნენ: იაპონიის ნიჰომაკას გვირაბში 1997 წელს მომხდარი - ხანგრძლივობა 4 დღე-ღამე; საფრანგეთ-იტალიის მონბლანის გვირაბში 1999 წელს მომხდარი - ხანგრძლივობა 53 სთ; შვეიცარიის სენ-გოტარდის გვირაბში 2001 წელს მომხდარი - ხანგრძლივობა 20სთ; ავსტრიის ტაუერნის გვირაბში 1999 წელს მომხდარი - ხანგრძლივობა 15 სთ. აღნიშნული ხანძრების შედეგად სხვადასხვა ვადით დაიკეტა ფრეჟიუს გვირაბი 2005 წელს, ტაუერნის გვირაბი 1999 წელს (3 თვით), მონბლანის გვირაბი (3 წლით).

1999 წელს მონბლანის გვირაბში, საფრანგეთიდან იტალიისაკენ მიმავალი მძიმე ტვირთამწეობის მანქანა - ფქვილით და მარგარინით დატვირთული ტრაილერ-რეფრიჟერატორი, ააღდა. აღნიშნული ავტომობილი გვირაბის მე-6 კილომეტრზე საფრანგეთის მხრიდან მძღოლმა გააჩერა, ვერ შეძლო ხანძრის ჩაქრობა, მანქანა მიატოვა და თვითონ გაიქცა იტალიის მხარის პორტალისაკენ. რამდენიმე წუთში ოპერატორებისათვის ცნობილი გახდა ხანძრის შემთხვევა და შეწყვიტეს მანქანების შემოვლა გვირაბში, მაგრამ

მანამდე 18 ტრაილერი, 9 ავტომობილი, 1 ფურგონი და 1 მოტოციკლი აალებული ავტომობილის მიყოლებით შევიდნენ გვირაბში საფრანგეთის მხრიდან. აღნიშნული 29 სატრანსპორტო საშუალებიდან ოთხმა ტრაილერმა გვერდი აუარა აალებულ მანქანას და გააგრძელეს გზა იტალიისაკენ, ხოლო დანარჩენი 25 აღმოჩნდა ხანძრის შედეგად გამოყოფილი ტოქსიკური ნაერთების მახეში. აღნიშნულ სატრანსპორტო საშუალებებში არცერთი ადამიანი არ გადარჩენილა, ყველა მათგანი დაიღუპა ტოქსიკური აირების სუნთქვის შედეგად.

აღსანიშნავია, რომ იტალიის მხრიდან ხდებოდა სუფთა ჰაერის მიწოდება გვირაბში, ხოლო საფრანგეთის მხარეზე არსებული სავენტილაციო არხების ნაწილიდან ხდებოდა სუფთა ჰაერის მიწოდება, ხოლო უფრო დიდი ნაწილიდან - გაჭუჭყიანებულის გაწოვა. ამის გამო ხანძრის შედეგად გამოყოფილი ტოქსიკური ნაერთების განდინება ხდებოდა საფრანგეთის პორტალის მიმართულებით. იმის გამო, რომ ნაკადის სიჩქარე იყო 1 მ/წმ-ზე მეტი, იყო განვითარებული ტურბულენტური მოძრაობა ჰაერის ნაკადის, არ მოხდა კვამლის დაშრევა და პრაქტიკულად რამდენიმე წუთში აღარ იყო სუფთა ჰაერი საფრანგეთის პორტალის მხარეზე.

იტალიის მხრიდან შემოსული რვა ტრაილერის შოფრებმა აგრეთვე მიატოვეს თავიანთი მანქანები და გაიქცნენ იტალიის პორტალის მიმართულებით, მათგან ყველაზე მოწინავე მანქანა დაახლოებით 290 მ მანძილზე გაჩერდა პირველად აალებული მანქანისაგან. საფრანგეთის მხრიდან შემოსული პირველი სახანძრო მანქანა მასთან ყველაზე ახლოს მდებარე აალებული მანქანიდან დაახლოებით ნახევარ კილომეტრ მანძილზე გაჩერდა, რადგან წინსვლა შეუძლებელი იყო. ვარაუდობენ, რომ ხანძრის ასეთი სწრაფი გავრცელება გამოიწვია თხევადმა საწვავმა და აგრეთვე ტროტუარებში გამოყენებულმა წვადმა მასალებმა. შეფასების მიხედვით ხანძრის სიმძლავრე იყო 190 მეგავატი, ხოლო ალის ტემპერატურა აღწევდა $1000^{\circ}C$ -მდე. ხანძრის ჩაქრობას დასჭირდა 53 საათი, ხოლო ცეცხლის მცირე კერები შენარჩუნდა 5 დღის განმავლობაში. 39 ადამიანი (მათ შორის 1 მეხანძრე) დაიღუპა, აქედან 27 თავიანთ ავტომობილებში, ორი საავარიო თავშესაფარში, რომლის დანიშნულება იყო ადამიანების გადარჩენა ხანძრის შემთხვევაში, ხოლო დანარჩენი გზის სავალ ნაწილში საფრანგეთის პორტალის მიმართულებით (Lacroix, 2001).

აღნიშნული ინციდენტი იყო რიგით მეთვრამეტე დანარჩენი სხვა ინციდენტებიდან, რომლებიც მოხდა 1965 წლიდან, გვირაბის ექსპლუატაციაში შესვლის პერიოდიდან. წინა 17 ხანძრიდან მხოლოდ 5 იყო ისეთი, რომ საჭირო გახდა სახანძრო ბრიგადის გამოძახება. ადრინდელი ხანძრებიდან არცერთს ადამიანის მსხვერპლი არ მოჰყოლია შედეგად. ბოლო შემთხვევაში ერთმანეთს დაემთხვა რამდენიმე ფაქტორი, რაც გახდა ტრაგედიის მიზეზი. აღნიშნული ფაქტორებია: ამინდის პირობები და გვირაბის ვენტილაციისათვის პორტალების მიხედვით მკვეთრად განსხვავებული რეჟიმების არსებობის ფაქტი; მისაბმელის ადვილად აალებადობა - ძარას იზოლირება პოლიურეთანის ქაფმასალით და მისაბმელის ტვირთის ადვილად აალებადობა - ფქვილი და მარგარინი.

1982 წლის 7 აპრილს აშშ-ის ოკლენდის შტატში, კალდეკოტის გვირაბში მსუბუქი მანქანა, რომელსაც მართავდა ნასვამი მძღოლი, შეეჯახა გვირაბის გვერდით კედელს და მკვეთრად დამუხრუჭდა. აღნიშნულ ავტომობილს დაეჯახა ბენზინმზიდი ტანკერი, რომელსაც წამოეწია ავტობუსი და ტანკერი გადააბრუნა. ამ უკანასკნელის რეზერვუარი დაზიანდა, გადმოიღვარა ბენზინი, რომელიც სწრაფად ააღდა და ცეცხლი დამატებით მოედო გვირაბში მოძრავ სხვა 4 სატრანსპორტო საშუალებასაც. აღნიშნულის შედეგად

დაიღუპა 7 ადამიანი. რეზერვუარში დაღვრილთან შედარებით ბენზინის უფრო მეტი მოცულობა დარჩა, რომელიც მაღალ ტემპერატურაზე ინტენსიურად აორთქლდა, პარალელურად ალუმინის კედლები გადნა და ერთბაშად გადმოვიდა უზარმაზარი მოცულობის საწვავი მასა, რომელიც მთელი 2 სთ-ის განმავლობაში მძვინვარებდა მიწისქვეშ (Satoh and Miyazaki, 1989).

1979 წლის 11 ივლისს იაპონიის ქალაქ Yaizu-სთან, ნიჰონმაკას გვირაბში, მოხდა ძლიერი ხანძარი, რომელიც მოედო 173 მანქანას, დაიღუპა 6 ადამიანი არა ხანძრის შედეგად, არამედ ავარიით გამოწვეული ტრავმებით. 200 ადამიანზე მეტი, რომლებიც გვირაბში გადაადგილდებოდნენ გადარჩა, რადგან წარმატებით იმუშავა ხანძრის საქრობმა წყლის გამფრქვევმა სისტემამ, რომელმაც მოქმედება დაიწყო ხანძრის გაჩენიდან 11 წუთში და უზრუნველყო ადამიანების მშვიდობიანი ევაკუაცია 2 კმ სიგრძის გვირაბიდან. აღნიშნული სისტემა მოქმედებდა 30 წთ-ის განმავლობაში, რაც საკმარისი დრო აღმოჩნდა ევაკუაციისათვის. აღნიშნული პერიოდის შემდეგ, მაღალი ტემპერატურის მიზეზით, წყლის მომწოდებელი სისტემა მწყობრიდან გამოვიდა (დადნა მილსადენები), ხანძარი გაძლიერდა, რომლის ჩასაქრობად 5 დღე გახდა საჭირო (Oka, 1996).

მძიმე შედეგებიდან გამომდინარე განპირობებული იყო ადამიანური შეცდომებით. საგზაო მოძრაობის მონაწილეებს შეეძლოთ უფრო სწრაფად დაეტოვებინათ თავიანთი მანქანები და მოეხდინათ თვითევაკუაცია. აგრეთვე მონბლანის გვირაბის შემთხვევაში მომსახურე პერსონალს შეეძლო უფრო ეფექტურად მოემართა ვენტილაცია, გამწოვი სქემა გამოეყენებინა ხანძრის კერასთან, ამის შედეგად უფრო სწრაფად მოეხდინა ტოქსიკური აირების გაწოვა ინციდენტის ადგილიდან და არ მიეწოდებინა კერაზე ახალი ჰაერი ჟანგბადის ახალ-ახალი ულუფებით.

აღნიშნული მძიმე შედეგების ერთ-ერთი ძირითადი გაკვეთილი არის საგზაო მონაწილეებზე ინფორმაციის მაქსიმუმის მიწოდების საჭიროება, რადგან შედეგების დამძიმება განსაკუთრებით გამოწვეულია ადამიანების არაინფორმირებულობით მოსალოდნელი საფრთხის შესახებ და აგრეთვე იმის შესახებ, რომ ძალზე მარტივია ერთი შეხედვით უმნიშვნელო დარღვევის გადაზრდა ძალზე სერიოზულ საგანგებო სიტუაციაში. აღნიშნული აგრეთვე კარგი მასალაა გვირაბის დამპროექტებლებისათვის, ხელთ ექნებათ რა ადამიანებისათვის დამახასიათებელი მოქმედების შედეგები ავარიულ სიტუაციებში.

ავარიების ჩამონათვალი აგრეთვე აჩვენებს, რომ ნებისმიერი სატრანსპორტო საშუალება შესაძლებელია გახდეს როგორც ავარიის მიზეზი, ისე ხანძრის გავრცელების ხელშემწყობი. სასიკვდილო შემთხვევების უმრავლესობა დაკავშირებული იყო დიდი ტვირთიძვის მანქანებთან. მიუხედავად იმისა, რომ ავტობუსებში მგზავრების რიცხვი მეტია, ავტობუსების ავარიის შემთხვევაში მსხვერპლი ნაკლებია, რაც გამოწვეული უნდა იყოს ავტობუსების უფრო კარგი დაპროექტებით და სათანადო ყურადღებით უსაფრთხოებაზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გვირაბებში სახანძრო უსაფრთხოებას დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს დაპროექტების სტადიაზე.

2.3. ხანძრები სარკინიგზო გვირაბებში

საზოგადოებრივი ტრანსპორტიდან მატარებელი არის ტვირთის ყველაზე მასიური გადატანის საშუალება. მათი საშუალებით აგრეთვე ხდება ადამიანთა დიდი რაოდენობის მგზავრობა. აღნიშნულიდან გამომდინარე, მატარებლები დიდი მსხვერპლის გამოწვევის უფრო მეტ პოტენციურ საშიშროებას შეიცავენ ხანძრის შემთხვევაში.

უკანასკნელ პერიოდში, განსაკუთრებით შემაშვოთებელი მასშტაბების გამო, დიდი საზოგადოებრივი ყურადღება მიიქცია მეტროში მომხდარმა ინციდენტებმა. 2003 წელს დივერსიულად განხორციელებულმა ხანძარმა სამხრეთ კორეის მეტროში იმსხვერპლა დაახლოებით 200 ადამიანი. ბაქოს მეტროში ელექტრული გაყვანილობის მიზეზით მომხდარმა ხანძარმა კი 1996 წელს იმსხვერპლა 220 ადამიანი უშუალოდ მატარებელში, ხოლო სადგურისაკენ ქვეითად მიმავალი 40 ადამიანი გაიგუდა მომწამვლელი ნივთიერებების სუნთქვის შედეგად.

კატასტროფულ ხანძარს 151 დაღუპული ადამიანით აგრეთვე ადგილი ჰქონდა ფუნქულორზე. 2000 წლის 11 ნოემბერს ცეცხლი გაჩნდა ფუნქულორზე, რომელსაც სამთო მოთხილამურეები გადაჰყავდა ავსტრიაში მყინვარზე Kitzsteinhorn, რომელიც ქალაქ კაპრუნთან მდებარეობს. ხანძრის შედეგად გამოყოფილი ტოქსიკური აირები გავრცელდა ფუნქულორის გვირაბში აღმავალი მიმართულებით, ხანძრის კერის ქვემოთ კი შენარჩუნებული იყო სუფთა ჰაერი, რომელიც არ შეიცავდა წვის პროდუქტებს. მატარებელი ახლოს იყო ზედა პორტალთან, რომელიც ადამიანთა მხედველობის არეში იყო და რის გამოც ადამიანთა უმეტესობა გაიქცა ზედა პორტალისაკენ. ამის გამო არცერთი მათგანი არ გადარჩენილა, ხოლო ქვედა პორტალისაკენ მოძრავი ადამიანები გადარჩნენ უკლებლივ.

აღნიშნული ინციდენტის სიმძიმე, ბაქოს ხანძრის მსგავსად, განაპირობა ინფორმაციის ნაკლებობამ და სპეციალური გეგმის არარსებობამ, თუ როგორ უნდა მოქცეულიყვნენ ხანძრის შემთხვევაში. აღნიშნული შეეხება არა მხოლოდ მგზავრებს, არამედ ისეთ სპეციალურ სამსახურებსაც, რომლებიც მგზავრთა უსაფრთხოებისათვის არის შექმნილი (Hedefalk *et al.*, 1998).

საზოგადოდ, სატვირთოებისაგან განსხვავებით, სამგზავრო მატარებლებში შედარებით იშვიათია დიდი სიძლიერის ხანძრები, რადგან საწვავის რაოდენობა არის შედარებით მცირე და აგრეთვე თვითნ მგზავრები ღებულობენ ზომებს - აქრობენ ხანძარს საწყის სტადიაზე.

1996 წლის 18 ნოემბრის საღამოს ლა-მანშის გვირაბში, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს ინგლისისა და საფრანგეთის სანაპიროებს, ერთ-ერთი ტრაილერი, რკინიგზის პლატფორმაზე მოთავსებულთაგან, ააღდა. გვირაბში შესვლისას, საერთო შეფასებით, ხანძრის სიმძლავრე შეადგენდა დაახლოებით 1.5 მგვტ. აღნიშნული ხანძრის მაქსიმალურმა სიმძლავრემ მიაღწია 350 მგვტ-ს, როცა ცეცხლი გავრცელდა 10 ტრაილერსა და იმ ფლატფორმებზედაც, რომლებზეც აღნიშნული მანქანები იყვნენ განთავსებული. ბაქოს მეტროსაგან და ავსტრიის ფუნქულორის გვირაბისაგან განსხვავებით, ლა-მანშის გვირაბი კარგად არის აღჭურვილი თანამედროვე მოწყობილობებით და გულმოდგინედ არის დამუშავებული სახანძრო უსაფრთხოების საკითხები. აქ გამოყენებულია ვერტიკალური შახტებისა და განივი გასასვლელების კარგად მოფიქრებული სისტემა, რომლებიც უზრუნველყოფენ წვის პროდუქტების სწრაფ არინებას გვირაბიდან. ამის გამო შესაძლებელი გახდა ყველა მძღოლის უსაფრთხო ევაკუაცია სიკვდილის შემთხვევის გარეშე, მხოლოდ ორ შოფერს დასჭირდა საექიმო დახმარება - საავადმყოფოში მოთავსებით (Allison, 1997). აქ შემთხვევითობამაც ითამაშა როლი, მძღოლები მიემგზავრებოდნენ მატარებლის მეორე ბოლოში მიმავრებული ვაგონით, რომელზედაც არ გავრცელდა ტოქსიკური აირები. მძღოლების ევაკუაციის შემდეგ ჩართეს დამატებითი ვენტილაცია, ჰაერის სიჩქარე გახდა 2.5 მ/წმ. შესაძლებელია ამის მიზეზიცაა, რომ ხანძრის სიმძლავრემ მიაღწია დიდ სიდიდეს, რადგან ჰაერთან ერთად ხანძრის კერაზე მიეწოდებოდა ჟანგბადის ახალ-ახალი ულუფები. ხანძრის აღმოჩენიდან 7 სთ-ის შემდეგ

მოხდა მისი ჩაქრობა, თუმცა მინავლებული ცეცხლის ცალკეული კერები 24 სთ-ის შემდეგაც იყო აღნიშნულ გვირაბში. მომდევნო პერიოდში კიდევ მოხდა ორი ძლიერი ხანძარი აღნიშნულ გვირაბში. 2006 წელს ხანძრის შედეგად მთლიანად დაიწვა ერთი ტრაილერი, ხოლო ხანძარი შემთხვევით არ გავრცელდა დანარჩენ მანქანებზე, რომლებიც ახლოს მდებარეობდნენ. 2008 წელს კი მოხდა 1996 წლის ხანძრის მსგავსი ძლიერი ხანძარი, როცა დაიწვა ბევრი სატრანსპორტო საშუალება და აგრეთვე გვირაბმაც მიიღო მნიშვნელოვანი სტრუქტურული დაზიანება, რამაც ხანგრძლივი დროით გამოიყვანა მწყობრიდან.

სარკინიგზო გვირაბის ყველაზე ძლიერ ხანძარს არ მოჰყოლია ადამიანების მსხვერპლი. 1984 წლის 20 დეკემბერს 13 ბენზინმზიდი ვაგონისაგან შედგენილი მატარებელი გადავიდა რელსებიდან და ამოყირავდა სამიტის გვირაბში (ინგლისი). ძლიერი ხანძარი მძვინვარებდა 3 დღის განმავლობაში, ხოლო ალი გვირაბის ვერტიკალური ჭაურიდან 120 მ სიმაღლეზე გავრცელდა (Jones, 1985).

მომხდარი ხანძრების სტატისტიკური ანალიზიდან გამომდინარე, ხანძრების უმრავლესობა სარკინიგზო გვირაბებში გამოწვეულია ელექტრული ან მექანიკური მიზეზით და ადამიანური შეცდომა აქ მინიმალურია. ხანძრების დაახლოებით მეათედი შეადგენდა დივერსიის შედეგს.

აღმოჩნდა აგრეთვე, რომ 100 წლის წინ აგებულ და უფრო ადრინდელ გვირაბებში არ არის ადგილი მეხანძრეთა უსაფრთხო მუშაობისა და სახანძრო უსაფრთხოების სისტემების განსათავსებლად, ხოლო ზოგიერთ მათგანთან წყლის რეზერვუარების მოწყობაც პრობლემას წარმოადგენს სივიწროვის გამო.

2.4. შემაჯამებელი კომენტარები

საავტომობილო გვირაბებში ხანძარი უფრო ხშირია სარკინიგზო გვირაბებთან შედარებით, ხოლო ბაქოსა და დაეგუში (Burns, 2003) მომხდარი ხანძრების ჯამური მსხვერპლი რიცხოვნობდა აღემატება ერთად აღებულ საავტომობილო გვირაბების აქამდე მომხდარი ყველა ხანძრის ყველა მსხვერპლს.

გამოკვლეული იქნა თუ რა შედეგები ექნეს ძლიერ ხანძარს ისეთ სატვირთო მატარებელზე, რომელსაც გადააქვს ბირთვული საწვავის ნარჩენები, აღნიშნული გაკეთდა ბალტიმორის გვირაბში (აშშ) 2001 წელს მომხდარი ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით. გაირკვა, რომ ამ შემთხვევაში სასიკვდილო ზიანს მიიღებდა 390 ათასი ადამიანი, ხოლო აღნიშნული გვირაბი არის ბირთვული ნარჩენების ტრანსპორტირების ძირითადი საშუალება.

გვირაბების ხანძრები საერთაშორისო პრობლემათა რიგს მიეკუთვნებიან. ყველაზე დიდი 75 ხანძარი, რომლებიც ქვემოთ იქნება განხილული, მოხდა ევროპის, აზიის, აფრიკის, ამერიკის და ოკეანეთის გვირაბებში. ხანძრები მოხდა გვირაბების არა მარტო ექსპლუატაციის პერიოდში, არამედ მათი მშენებლობის, მიწის სამუშაოების შესრულებისა და გაშვება-გამართვის სამუშაოების დროს. ხანძარი მოხდა ნორვეგიის ლაერდალის გვირაბში ავტობუსზე, რომელსაც გადაჰყავდა გვირაბის გახსნის ცერემონიის 50 მონაწილე. მშენებლობისა და რემონტის დროს არ არის შესაძლებელი ევაკუაცია, ხოლო სახანძრო უსაფრთხოების საკითხები ანალოგიური შემთხვევებისათვის საერთოდ არ არის დამუშავებული.

ძალიან ხშირად გვირავის სიგრძე განხილულია, როგორც მნიშვნელოვანი რისკ-ფაქტორი. კერძოდ, გვირავის სიგრძეს შეუძლია მოახდინოს ნეგატიური გავლენა მძღოლების მოქმედებაზე, მაგრამ ხანძრების სტატისტიკის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სერიოზული ხანძრები შესაძლებელია მოხდეს მცირე სიგრძის გვირავებშიც, რომლებზედაც ქვემოთ იქნება გამახვილებული ყურადღება. განსაკუთრებით უნდა შევხედეთ ხანძარზე იტალიის Isola delle Femmine გვირავში, რომელიც მოხდა 1996 წელს. ეს გვირავი სულ 148 მ სიგრძისაა, ხოლო მასში მომხდარი ხანძრის შედეგები ერთ-ერთი მძიმეა.

აქ წარმოდგენილი ანალიზი მკაფიოდ უჩვენებს მის საჭიროებას და იმასაც, რომ მომხდარი ხანძრები გამოდგება მათი თავიდან აცილებისა და მათზე გავლენის შესამცირებელი მომავალი ღონისძიებების ადეკვატური დაგეგმვისა და განხორციელებისათვის. აღნიშნულის გამო აუცილებელია შემთხვევათა გულმოდგინე დაწვრილებითი აღწერა, ანალიზი და მისი გავრცელება მაშველებზე, გვირავის მომსახურე პერსონალსა და მთელ საზოგადოებაზე. ამ მხრივ მისასაღებელია გაეროს ევროპული კომისიის მოღვაწეობა, რომელმაც შექმნა გვირავებში საგზაო მონაწილეთა უსაფრთხოებისადმი მიძღვნილი ონლაინ-ბაზები.

2.5. მომხდარი ხანძრების მოკლე აღწერა

სპეციალურ ლიტერატურის პირველ 2004 წლის გამოცემაში (Beard A Carvel R, 2012) აღწერილია ხანძრების შემთხვევები 1842 წლიდან 2004 წლამდე. წინამდებარე ნაშრომში გამოყენებულია ხანძრების განსხვავებული რანჟირება. აქ პირველ რიგში აღწერილია 2000-იან წლებში მომხდარი ხანძრები, ხოლო შემდეგ ხანძრები დალაგებულია შემდეგნაირად: 1990-იან; 1980-იან; 1970-იან და 1970 წლამდე მომხდარი ხანძრები.

2000-იან წლებში მომხდარი ხანძრები.

ეისკუნდის გვირავი, სიგრძე 7.7 კმ, ნორვეგია, 2009.

დიდი სატვირთო და ფურგონი ერთმანეთს შეეჯახა ეისკუნდის გვირავის ცენტრში 2009 წლის 28 ივნისს და ორივე მანქანა მეყსეულად ააღდა. 5 ახალგაზრდა ადამიანი ადგილზე მოკვდა. მაღალი ტემპერატურისა და ტოქსიკური ნაერთების დიდი კონცენტრაციის გამო სახანძრო რაზმი ვერ მივიდა ინციდენტის ადგილამდე. აღნიშნული გვირავი არის მსოფლიოს ყველაზე ღრმა წყალქვეშა, 267 მ ზღვის დონის ქვემოთ.

ლა-მანშის გვირავი, 51 კმ სიგრძე, საფრანგეთი-ინგლისი, 2008.

2008 წლის 11 სექტემბერს, ინგლისიდან საფრანგეთისაკენ მოძრავ სარკინიგზო პლატფორმაზე მოთავსებულ ტრაილერს გაუჩნდა ცეცხლი გვირავის პორტალის ახლოს. ხანძრის აღმოჩენდა მას შემდეგ, რაც მატარებელი გვირავში შევიდა და გააჩერეს საფრანგეთის პორტალიდან 11.5 კმ-ზე. ხანძარი ძალიან სწრაფად გაძლიერდა 1996 წლის ხანძრის მსგავსად, მაგრამ იყო მასზე უფრო დამანგრეველი, გვირავი დააზიანა 650 მ მანძილზე, 24 სთ-ის შემდეგ გახდა შესაძლებელი ხანძრის კონტროლზე აყვანა.

ნიუჰოლის გასასვლელი გვირავი (Newhall Pass Tunnel), 166 მ სიგრძე, კალიფორნია, აშშ, 2007.

ინციდენტი მოხდა წვიმიან ამინდში 2007 წლის 12 ოქტომბერს. სატვირთო ავტომობილი შეეჯახა გვერდით კედელს, რომელსაც დაეჯახა დიდი სიჩქარით მოძრავი

სხვა სატვირთო და მეცხეულად მოხდა დიდი ხანძარი, რომელსაც აძლიერებდა ქარის მიერ აღძრული ბუნებრივი წვევა, 23 ადამიანი დაზიანდა, გვირაბის სიმოკლის მიუხედავად, მხოლოდ 24 საათის შემდეგ შეძლეს ხანძრის კონტროლზე აყვანა (Bajwa *et al.*, 2009).

კაბინ კრიკის ჰესის გვირაბი (Cabin Creek hydropower plant), 150 მ სიგრძე, კოლორადო, აშშ, 2007.

2007 წლის 2 ოქტომბერს მოხდა ქიმიური ნივთიერების თვითააღება, რომელიც გამოიყენებოდა წყლის გაწმენდის მიზნებისათვის. 5 ადამიანი დაიღუპა ტოქსიკური ნაერთების სუნთქვის შედეგად (Penn Energy, 2011).

სან მარტინოს გვირაბი, 4.8 კმ სიგრძე, იტალია, 2007.

2007 წლის 10 სექტემბერს დიდი სატვირთო შეეჯახა კედელს და მოხდა ააღება. ორი ადამიანი ადგილზე დაიღუპა, ხოლო 10 ადამიანი სასუნთქი გზების მძიმე მოწამლულობით გადაყვანილი იქნა ჰოსპიტალში.

ბარნლის გვირაბი (Burnley Tunnel), 3.5 კმ სიგრძე, ავსტრალია, 2007.

2007 წლის 23 მარტს სამმა სატვირთომ და ოთხმა სხვა მანქანამ მოულოდნელად ჩახერგეს გვირაბი, მოხდა ავარია, აფეთქება და ხანძარი. სამი ადამიანი დაიღუპა ავარიის შედეგად, დაახლოებით 400 ადამიანის თვითღებაც მოხდა, რომლებმაც ქვეითად მიაღწიეს უსაფრთხო პორტალამდე.

ეიდსვოლის გვირაბი (Eidsvoll Tunnel) *E6* გზაზე, 1.2 კმ სიგრძე, ნორვეგია, 2006.

2006 წლის 26 ოქტომბერს მოხდა შუბლური შეეჯახება სატვირთო ავტომობილსა და ბენზინმზიდს შორის, რის შედეგადაც ეს უკანასკნელი მეცხეულად ააღდა. სატვირთო ავტომობილის მძღოლი ადგილზე გარდაიცვალა, ხოლო მეორე მძღოლმა მიიღო მძიმე ტრავმები.

ვიამალას გვირაბი (Viamala Tunnel), 0.7 კმ სიგრძე, შვეიცარია, 2006.

2006 წლის 16 სექტემბერს ავტობუსი ორი მსუბუქი მანქანის შეეჯახება მოხდა გვირაბში, რის შედეგადაც გაჩნდა ხანძარი, რომელიც აგრეთვე სხვა ორ მანქანაზეც გავრცელდა. ცხრა ადამიანი დაიღუპა, ხოლო ხუთმა მიიღო ტრავმები.

საავტომობილო გვირაბი B31 შოსეზე, ერიკნიშთან ახლოს, გერმანია, 2005.

2005 წლის შობა დღეს, მსუბუქი ავტომობილი შეეჯახა გვირაბის გვერდით კედელს, მანქანას ცეცხლი გაუჩნდა და 18-23 წლის ასაკის ოთხი ახალგაზრდა მანქანაშივე დაიწვა, ხოლო მეხუთე მსხვერპლი მოკვდა მანქანიდან გადმოვარდნის შედეგად.

ლა-მანშის გვირაბი, მშენებლობის პროცესი, დიდი ბრიტანეთი, 2005.

2005 წლის 16 აგვისტოს მატარებელში მომხდარი აფეთქების შედეგად გაჩნდა ხანძარი, რომელმაც მაშინვე იმსხვერპლა ერთი ადამიანი, ხოლო მეორე მიყვანიდან 4 დღეში გარდაიცვალა საავადმყოფოში მძიმე დამწვრობების გამო.

ფრეჟიუს გვირაბი (Frejus Tunnel), 12.9 კმ სიგრძე, საფრანგეთი/იტალია, 2005.

2005 წლის 4 ივნისს ტრაილერს გაუჩნდა ხანძარი და გვირაბში გაჩერდა. ხანძარი აგრეთვე გავრცელდა სხვა სამ ტრაილერზე, რომლებიც მოძრაობდნენ საპირისპირო

მიმართულებით. ორი ადამიანი დაიღუპა ერთ-ერთი ავტომობილის კაბინაში, რომლებმაც ვერ მოასწრეს თვითევაკუაცია. მეხანძრეების აღწერით, გვირაბის სავალი ნაწილის ასფალტი მთლიანად გალღვა მაღალი ტემპერატურის გამო.

ბარეგის გვირაბი (Baregg Tunnel), 1.1 კმ სიგრძე, შვეიცარია, 2004.

2004 წლის 14 აპრილს სატვირთო ავტომობილი შეეჯახა მსუბუქ ავტომობილს და სხვა ორ სატვირთოს, რომლებიც უფრო ადრინდელი შეჯახების შედეგად იდგნენ გვირაბში. მსუბუქი მანქანა ადგილზე დაიშალა და მოხდა ხანძარი, რომელიც შემდეგ გავრცელდა ერთ-ერთ სატვირთოზე. მსუბუქი ავტომობილის მძღოლი დაიღუპა, ხოლო ხუთმა ადამიანმა მიიღო ტრავმა.

დულინის გვირაბი (Dullin Tunnel), 1.5 კმ სიგრძე, საფრანგეთი, 2004.

2004 წლის 18 იანვარს, კვირა დღეს, სამთო-სათხილამური კურორტ კურშეველში ავტობუსს გადაჰყავდა 37 ტურისტი. ავტობუსის უკანა ნაკვეთურში (ძრავასთან) გაჩნდა ხანძარი, მძღოლმა კი არ გააჩერა მანქანა, არამედ გააგრძელა მოძრაობა დაახლოებით 1 კმ-ზე და მგზავრები სამშვიდობოზე გაიყვანა. მგზავრების ავტობუსიდან გადმოსვლის შემდეგ, ავტობუსი სწრაფად დაიწვა ხანძრის გაძლიერების შედეგად.

ფლოიფჯელის გვირაბი (Floyfjell Tunnel), 3.1 კმ სიგრძე, ბერგენი, ნორვეგია, 2003.

მითითებული წლის 10 ნოემბერს ავტომობილს ხანძარი გაუჩნდა მაშინ, როცა ის პორტალიდან 1.9 კმ მანძილზე იყო. ავტომობილი ჯერ შეეჯახა გვირაბის მარცხენა კედელს, შემდეგ მარჯვენა მხარეზე მოთავსებულ სატელეფონო ჯიხურს და ააღდა. ხანძარი შემდეგ მოედო გვირაბის მოსაპირკეთებელ მასალას. აღნიშნული გვირაბი აღჭურვილია ხანძრის საქრობი სპრინკლერული სისტემით, რაც არ არის დამახასიათებელი ევროპული გვირაბებისათვის, რომლის 11 თავაკი ამოქმედდა და მაშინვე ჩააქრო მოპირკეთებაზე გავრცელებული ხანძარი, ხოლო ავტომობილს ვეღარ უშველა. ავტომობილის მძღოლი მანქანაშივე ჩაიწვა, ხოლო დაახლოებით 6 წთ-ის შემდეგ ხანძრის ლიკვიდაცია მოახდინა სახანძრო რაზმმა (Damsgaard and Svendsen, 2003).

გვადარამას სარკინიგზო გვირაბი (Guadarrama rail tunnel), 30 კმ სიგრძე, მშენებლობის პროცესი, ესპანეთი, 2003.

ინციდენტი მოხდა 2003 წლის 6 აგვისტოს გვირაბის პორტალთან, მატარებელში. მატარებლის ეკიპაჟმა გამოასწრო გვირაბიდან, ხოლო წვის პროდუქტები გავრცელდა გვირაბში. გვირაბის მე-3 კილომეტრზე იმყოფებოდნენ მუშები - 34 ადამიანი, რომლებმაც თავი შეაფარეს სპეციალურ შესაფარს და ყველა მათგანის ევაკუაცია მოხდა შემთხვევიდან 5 სთ-ის შემდეგ.

მორნის გვირაბი (Mornay Tunnel), 2.6 კმ სიგრძე, საფრანგეთი, 2003.

გვირაბი აშენებულია 1877 წელს, არის ცალმხრივი მოძრაობის სარკინიგზო, განათებისა და ვენტილაციის გარეშე. ვაგონში ხანძრის გაჩენისა და აღმოჩენის შემდეგ, მატარებელი ავტომატურად გაჩერდა პორტალიდან 300 მ მანძილზე. ყველა 17 მგზავრმა წარმატებით მოახერხა თვითევაკუაცია მანველების მოსვლამდე. ამასთან ერთად, მეხანძრეების მუშაობისათვის ადგილზე არ იყო პირობები. კერძოდ, მათ არ ჰქონდათ წყალი, რომლის მარაგის შევსება მოხდა ახლოს არსებული მდინარიდან, 5 სთ-ის შემდეგ მოხერხდა ხანძრის კონტროლზე აყვანა.

მეტროს სადგური ჯუნგანგო, ქალაქი დაეგუ, სამხრეთ კორეა, 2003.

2003 წლის 18 თებერვალს ტერორისტის მიერ გაჩენილმა ხანძარმა იმსხვერპლა მინიმუმ 189 ადამიანი, ცეცხლი მან გააჩინა გაჩერებულ მატარებელში სანთებელათი და მცირე რაოდენობის ბენზინით. ამ დროს სადგურში ჩამოდგა ექვსი ვაგონისაგან შედგენილი მატარებელი, რომელზედაც გადავიდა და სწრაფად გავრცელდა ხანძარი. მსხვერპლის უმეტესობა მეორე მატარებლიდან იყო. ტოქსიკური აირებით მოიწამლა და დაიღუპა დაახლოებით 100 ადამიანი, მათ შორის იყო თვით ტერორისტი. მეტროს ხელმძღვანელი სამსახურიდან მოხსნეს ინციდენტის შემდეგ, ხოლო სამსახურებრივი გულგრილობისათვის დააპატიმრეს 6 პერსონა.

სენ-გოტარდის გვირაბი (St. Gotthard Tunnel), 16.9 კმ სიგრძე, ქალაქ აიროლოს ახლოს, შვეიცარია, 2001.

2001 წლის 24 ოქტომბერს ორი ტრაილერის შუბლური შეჯახების შედეგად, ძლიერი ხანძარი მოხდა სენ-გოტარდის საავტომობილო გვირაბში, დაიღუპა 11 ადამიანი, დაიწვა 23 სატრანსპორტო საშუალება, გვირაბი მწყობრიდან გამოვიდა 250 მ მანძილზე. ადამიანების ევაკუაცია მოხერხდა გვირაბის პარალელური შტოლნის მეშვეობით, თორემ მსხვერპლი კიდევ უფრო მეტი იქნებოდა. 2 დღე-ღამის განმავლობაში გვირაბში ცეცხლი მძვინვარებდა.

გლეინალმის გვირაბი (Gleinalm Tunnel), 8 კმ სიგრძე, ქალაქ გრაცთან, ავსტრია, 2001.

2001 წლის 7 აგვისტოს გვირაბის შუა ნაწილში ერთმანეთს შუბლურად შეეჯახა 2 ავტომობილი, ხანძარი სწრაფად ჩააქრეს მაშველებმა, მაგრამ 5 ადამიანი მაინც დაიღუპა და 4 მძიმედ დაშავდა.

ჰოვარდ სტრიტის გვირაბი (Howard Street Tunnel), ბალტიმორი, აშშ, 2001.

2001 წლის 18 ივლისს სატვირთო მატარებელზე მოხდა ხანძარი, რომლის პლატფორმებზე განთავსებული იყო 60 სატვირთო ავტომობილი. მათგან 8 ავტომობილი დატვირთული იყო საშიში ქიმიური ტვირთით - სინთეზური წებოს დასამზადებელი ნედლეულით. ლოკომოტივის მემანქანეების ევაკუაცია მოხერხდა პარალელური შტოლნით, დაახლოებით 12 სთ-ის განმავლობაში გვირაბი დაკეტილი იყო (Lamb and Resnikoff, 2001).

კიტსტეინჰორნის ფუნკულორის გვირაბი (Kitzsteinhorn funicular tunnel), 3.3 კმ სიგრძე, ქალაქ კაპრუნთან ავსტრია, 2000.

2000 წლის 11 ნოემბერს ზემოთკენ მოძრავი მატარებლის ბოლო ვაგონს გაუჩნდა ცეცხლი ქვედა ტერმინალიდან გამოსვლიდან მცირე ხნის შემდეგ. 600 მ მანძილზე ქვედა ტერმინალიდან, მატარებელი ავტომატურად გაჩერდა, კარებები არ გაიღო, 12 მგზავრმა ფანჯრები გამოამტვრია და გაიქცა ქვედა ტერმინალისაკენ, ყველა მათგანი გადარჩა. ვინც მატარებელში დარჩა ან გაიქცა ზედა ტერმინალისაკენ, ყველა მოიწამლა და დაიღუპა, რადგან წვის პროდუქტები გავრცელდა აღმავალი მიმართულებით. წვის ტოქსიკური აირების სუნთქვის შედეგად მოიწამლა და დაიღუპა 1.5 კმ მანძილზე დაშორებული შემხვედრ მატარებელში 2 ადამიანი, ხოლო 3 ადამიანი დაიღუპა ზედა ტერმინალის მოსაცდელ დარბაზში, რომელიც შემთხვევის ადგილიდან დაშორებული იყო 2.7 კმ-ით. ხანძარი გამოიწვია ჰიდრაულიკური სისტემის ზეთის (ამიტომ აღარ გაიღო კარებები) გაჟონვამ, გვირაბში ამ დროს სავენტიაციო ჰაერის სიჩქარე იყო დაახლოებით 10 მ/წმ (Schupfer, 2001).

Rotsethorn-ის გვირაბი, 1,2 კმ სიგრძე, ნორვეგია, 2000.

2000 წლის 29 ივნისს შეჯახებამ და შემდგომმა ხანძარმა გამოიწვია ორი ადამიანის სიკვდილი (Nilsen *et al.*, 2001).

სეიჯესტედის გვირაბი (Seijestad Tunnel), 1.3 კმ სიგრძე, ნორვეგია, 2000.

2000 წლის 14 ივლისს სატვირთო ავტომობილი უკნიდან შეეჯახა მანქანების კოლონას, რომლის შედეგადაც 8 ავტომობილის ავარია მოხდა და სავალი ნაწილი ჩაიხერგა. ერთ-ერთ ავტომობილს მეყსეულად

გაუჩნდა ხანძარი და რამდენიმე წუთში გავრცელდა დანარჩენებზეც, ცეცხლმა სწრაფად გამოიყვანა მწყობრიდან გვირაბის კავშირგაბმულობის კაბელები. სასწრაფო დახმარება ადგილზე მივიდა რამდენიმე წუთში, ხოლო სახანძრო მანქანები ნახევარ საათში. 20 ადამიანი მოათავსეს ჰოსპიტალში მსუბუქი დაზიანებებით, არავინ არ დაღუპულა მიუხედავად იმისა, რომ 4 ადამიანი 1 სთ-ის განმავლობაში შესაფარში იყვნენ, რომლის გასწვრივ მაღალი კონცენტრაციის წვის პროდუქტების განდინება ხდებოდა. ინციდენტის ნაკლები ზარალით დასრულება განაპირობა ძლიერმა გამჭოლმა ქარმა, რომელიც ეხმარებოდა ვენტილაციას და გვირაბში ამის გამო შენარჩუნდა სასუნთქად ვარგისი ჰაერი. ანალიზით დადგინდა, რომ მინიმუმ შესაფარში მყოფი ადამიანები დაილუპებოდნენ უქარო ამინდის შემთხვევაში (Nilsen *et al.*, 2001).

1990-იან წლებში მომხდარი ხანძრები.

ტაუერნის გვირაბი, 5.4 კმ სიგრძე, ზალცბურგი, სამხრეთ-აღმოსავლეთი ავსტრია, 1999.

1999 წლის 29 მაისს, შაბათ დღეს, ტრაილერი უკნიდან შეეჯახა სტაციონარულად მოძრავ მანქანების კოლონას ჩრდილოეთ პორტალიდან 800 მ მანძილზე. 8 ადამიანი ადგილზე მოკვდა ტრავმების შედეგად. ტრაილერი, რომელმაც მოახდინა ავარია, მექსეულად ააღდა, 4 მანქანის შემდეგ იყო საღებავით დატვირთული სხვა ტრაილერი, ყველა მანქანას მოედო ცეცხლი. ხანძრის შედეგად დაიღუპა ორივე ტრაილერის მძღოლი და ორი მგზავრი, რომლებმაც მანქანები არ დატოვეს. მეორე ტრაილერის მძღოლმა თვითევაკუაცია მოახდინა უსაფრთხო ადგილზე, მაგრამ შემდეგ შებრუნდა გვირაბში მანქანიდან დოკუმენტების ამოსაღებად. ხანძარმა მთლიანობაში გაანადგურა 16 ტრაილერი და 24 სხვა მანქანა, მის ჩაქრობას მოანდომეს 15 სთ. განივი სავენტილაციო სისტემა შეუფერხებლად მოქმედებდა ინციდენტის პერიოდში (Eberl, 2001).

სარკინიგზო გვირაბი სალერნოსთან, 9 კმ სიგრძე, იტალია, 1999.

ფეხბურთის მოყვარულების გაუფრთხილებელი მოქმედების შედეგად (ვაგონში ისროდნენ მამხალეს) მოხდა ძლიერი ხანძარი, 4 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო 9 ადამიანმა მიიღო მძიმე მოწამვლა ტოქსიკური აირებით სუნთქვის შედეგად.

მონზლანის გვირაბი, 11.6 კმ სიგრძე, საფრანგეთი/იტალია, 1999.

1999 წლის 24 მარტს ტრაილერ-რეფრიჯერატორი, რომელიც დატვირთული იყო ფქვილით და მარგარინით შევიდა გვირაბში საფრანგეთის მხრიდან. რამდენიმე კილომეტრის შემდეგ, მძღოლმა შენიშნა თეთრი ფერის კვამლი, გააჩერა მანქანა 6,3 კმ მანძილზე საფრანგეთის პორტალიდან და მანქანას მოედო ცეცხლი საბურავიდან. მანქანა ზედმეტად იყო დატვირთული და საბურავის კორპუსზე ხახუნის შედეგად მოხდა ააღება. ღია ტრასაზე ხანძარი არ ჩამოყალიბდა, ხოლო გვირაბში აღნიშნული მოხდა ხელსაყრელი პირობების გამო. მძღოლმა მიატოვა მანქანა და გაიქცა იტალიის პორტალის მიმართულებით, საიდანაც შემოედინებოდა სუფთა ჰაერი. გვირაბში მოძრაობის აკრძალვამდე 1 მოტოციკლი, 18 ტრაილერი და 1 ფურგონი შემოვიდა საფრანგეთის მხრიდან, საითკენაც ხდებოდა წვის პროდუქტების განდინება, ხოლო იტალიის მხრიდან რამდენიმე მანქანა შემოვიდა. არცერთი ადამიანი არ დაზარალდა, რომლებიც იყვნენ ხანძრის კერიდან იტალიის პორტალის მხარეზე. 39 ადამიანი მოკვდა ხანძრის კერიდან საფრანგეთის პორტალის მიმართულებით (მათ შორის 27 საკუთარ მანქანებში), 34 სატრანსპორტო ერთეული განადგურდა, რომლებიც განაწილებული იყვნენ 1.2 კმ მანძილზე, 900 მ მანძილზე გვირაბის სამაგრი ჩამოიშალა, ხოლო ხანძრის ჩაქრობას მოანდომეს 53 სთ. ცუდად მუშაობდა ვენტილაცია და არ იყო კომუნიკაცია საფრანგეთისა და იტალიის პორტალებს შორის (Lacroix, 2001).

ოსლოფიორდის გვირაბი (Oslofjord Tunnel), ნორვეგია, 1999.

გვირაბის მშენებლობის დროს აფეთქების შედეგად გაჩნდა ხანძარი, 2 მეხანძრე დაიღუპა და რამდენიმე ადამიანი დაზარალდა ავარიის სალიკვიდაციო სამუშაოების დროს.

გუეიზჰოუს სარკინიგზო გვირაბი, 800 მ სიგრძე, გიუნგსა და ჩანშას შორის, ჩინეთი.

1998 წლის 10 ივლისს მატარებელში აფეთქდა გაზის ბალონები, რომელთა ტრანსპორტირება ხდებოდა, 80 ადამიანზე მეტი დაიღუპა. გვირაბი ჩამოინგრა. რკინიგზელები, რომლებიც გააგზავნეს ავარიის ლიკვიდაციისათვის ასევე დაიღუპნენ აფეთქების შედეგად, რომელიც გამოიწვია ბალონებიდან გაჟონილმა და გვირაბში დაგროვებულმა გაზმა.

ექსილეს სარკინიგზო გვირაბი, 2.1 კმ სიგრძე, იტალია, 1997.

1997 წლის 1 ივლისს 18 სარკინიგზო პლატფორმით გადაჭიმულა 216 ავტომობილი. ერთ-ერთი ავტომობილის კარი გაიღო და გვირაბის გვერდით კედელზე დამონტაჟებულ ელექტროგამტარ კაბელებთან ხახუნის გზით გაჩნდა ხანძარი. მეხანძრეები ადგილზე მივიდნენ 20 წთ-ში, კიდევ 25 წუთის შემდეგ დამატებითი მეხანძრეები მივიდნენ ტურინიდან. გვირაბის დახრილობიდან გამომდინარე, ხანძრის კერის ქვემოთ იყო სუფთა ჰაერი, საიდანაც მიუდგნენ მეხანძრეები. ხანძრის ჩაქრობა სახიფათო იყო მაღალი ტემპერატურისა და გახურებული ბეტონის კედლების სკდომის გამო წყლის მოხვედრის შედეგად. ხანძარი კონტროლზე აიყვანეს დაწყებიდან 5 სთ-ის შემდეგ, ხოლო კიდევ 3 სთ-ის შემდეგ ჩაქრობილ იქნა მთლიანად. 1 ლოკომოტივი, 13 პლატფორმა და 156 ავტომობილი განადგურდნენ ხანძრის შედეგად. ორი მემანქანე დაიღუპა, რომლებიც გაიქცნენ ტოქსიკური აირების გავრცელების მიმართულებით (Colcerasa, 2001).

ლა-მანშის გვირაბი (Channel Tunnel), 51 კმ სიგრძე, საფრანგეთი/დიდი ბრიტანეთი, 1996.

1996 წლის 18 ნოემბერს მატარებლის ბორტზე, რომელსაც გადაჭიმულა დატვირთული ტრაილერები ერთ-ერთ ტრაილერს გაუჩნდა ხანძარი, რომლის სიმძლავრის მაქსიმუმი იყო 350 მგვტ, ერთდროულად იწვოდა 10 ტრაილერი და მათი გადასატანი პლატფორმები. მატარებელი გაჩერდა გვირაბში და დაახლოებით ნახევარი საათი დასჭირდა ავარიული ვენტილაციის ჩართვას. ტრაილერების ყველა მძღოლი და მატარებლის ეკიპაჟი ევაკუირებული იქნა წარმატებით, მხოლოდ 2 ადამიანი იქნა მოთავსებული საავადმყოფოში. არავინ არ მომკვდარა. ევაკუაციის შემდეგ ვენტილაცია უზრუნველყოფდა ჰაერის სიჩქარეს გვირაბში 2.5 მ/წმ, არ არის ახსნილი თუ რამ განაპირობა ჰაერის სიჩქარის ასეთი გაზრდა, ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ ამ შემთხვევაში ხანძრის წევით და ვენტილატორების მიერ აღძრული ნაკადი ერთნაირი მიმართულების იყო. ხანძარი 7 სთ-ში ჩააქრეს, თუმცა მინავლებული ცეცხლის ცალკეული კერები 24 სთ-ის შემდეგაც იყო (Allison, 1997).

პალერმოს ავტომაგისტრალის გვირაბი (Isola delie Femmine motorway tunnel), 148 მ სიგრძე, იტალია, 1996.

1996 წლის 18 მარტს 16 სატრანსპორტო საშუალების მიერ მოხდა გვირაბის ჩახერგვა. ტანკერი, რომელსაც გადაჭიმულა გათხევადებული აირი, უსაფრთხოდ გააჩერეს შეგროვებულ მანქანებამდე. ამის შემდეგ ტურისტული ავტობუსი უკნიდან დაეჯახა გაჩერებულ ტანკერს, რომელსაც ზედიზედ სხვა 4 ავტომობილი მოჰყვა. ტანკერის ავზის ზედა ნაწილი დაზიანდა, მოხდა მცირე სიმძლავრის აფეთქება და ტურისტული ავტობუსის წინა ნაწილში გაჩნდა ხანძარი. 5 მგზავრის გარდა ავტობუსის ყველა მგზავრის გადაყვანა მოხერხდა უკანა ფანჯრის მინის ჩამსხვრევის შემდეგ. ამ ხუთი მგზავრიდან 4 ავტობუსში იპოვეს მკვდარი, ხოლო მეხუთე - გზის სავალ ნაწილზე. 6-7 წთ-ის შემდეგ, რაც მოახდინეს ადამიანების ევაკუაცია, მოხდა უძლიერესი აფეთქება. როგორც ეტყობა, გათხევადებული გაზი აორთქლდა. ორივე პორტალიდან გამოვარდა შავი ფერის კვამლი და ძლიერი დარტყმითი ტალღა. იციდენტში მოყოლილ 34 ადამიანს დასჭირდა მკურნალობა დამწვრობების შედეგად, მათგან 16 მოათავსეს ჰოსპიტალში და

დასჭირდათ მკურნალობა 10 დღეზე მეტი ხნის განმავლობაში, ხოლო მათგან 5 ადამიანს ერთთვიანი მკურნალობა დასჭირდა (PIARC, 1999).

ბაქოს მეტრო, აზერბაიჯანი, 1995.

1995 წლის 28 ოქტომბერს, პიკის საათის დროს მოხდა ხანძარი ელექტრობის მიზეზით. მეტროს სადგურთან რაღაცნაირად შეთავსებული იყო ავტოსდგომი და ხანძარი ავტომობილს გაუჩნდა. მეტროს მატარებელი გაჩერდა ავარიულად, ხანძრის კერიდან 200 მ მოშორებით მას შემდეგ, რაც დასტოვა მეტროს სადგური „ულდუსი“. ამ დრო ვენტილაციის რეჟიმი ისეთი იყო, რომ სუფთა ჰაერის შემოდინება ხდებოდა მეტროს სადგურ ნარიმანოვის მხრიდან, რომელიც 2 კმ-ით არის დაშორებული მატარებლის გაჩერების ადგილიდან. პრობლემა იყო აგრეთვე კარებების გაღება და ადამიანების ევაკუაცია მოხდა ჩამსხვრეული ფანჯრებიდან და ხალხი დაიდრა ნარიმანოვის სადგურისაკენ. ამის შემდეგ ვენტილაციამ შეიცვალა მოძრაობის მიმართულება, გაჭუჭყიანებული და წვის ტოქსიკური პროდუქტებით გაჯერებული ჰაერის განდინება გაგრძელდა ნარიმანოვის სადგურის მიმართულებით, წამოეწია ადამიანებს, რომლებიც ანხორციელებდნენ თვითევაკუაციას. 220 ადამიანი მოკვდა წინა ვაგონებში, ნარიმანოვის მეტროს მიმართულებით მოძრავი 40 ადამიანი დაიღუპა. 256 ადამიანი მოიწამლა სხვადასხვა სიმძიმით. მხოლოდ 24 სთ-ის შემდეგ განაახლა მეტრომ მუშაობა.

ფლანდერის გვირაბი (Fflander Tunnel), 6,7 კმ სიგრძე, ავსტრია, 1995.

1995 წლის 10 აპრილს ავტომობილის მძღოლს საჭესთან ჩაეძინა და დაეჯახა შემხვედრ სატვირთო ავტომობილს, დაკარგა მართვა და შემდეგ დაეჯახა მინი-ავტობუსს, ავარიის შედეგად მიღებული ტრავმებით ადგილზე მოკვდა ავტობუსის 3 მგზავრი. მოხდა ხანძარი, მაშინვე ჩაირთო საგანგებო ვენტილაცია, მაგრამ ჰაერის რაოდენობა არ აღმოჩნდა საკმარისი კვამლის გასანეიტრალეზად, რამაც ხელი შეუშალა მეხანძრეებს. 1 სთ-ის შემდეგ ხანძარი მაინც ჩააქრეს. ხანძრის მიზეზით არცერთი ადამიანი არ დაზარალებულა.

ჰუგენოტის გვირაბი (Huguenot Tunnel), 4 კმ სიგრძე, სამხრეთ აფრიკა, 1994.

1994 წლის 27 თებერვალს, კვირა დღეს, ავტობუსის სიჩარეთა კოლოფში გაჩნდა ხანძარი, რომელსაც გადაჰყავდა 45 მგზავრი. მძღოლმა წარუმატებლად სცადა ხანძრის ჩაქრობა, ხოლო რამდენიმე მგზავრი გადახტა მოძრავი ავტობუსიდან. ამის შემდეგ მძღოლმა ვეღარ დაიმორჩილა მანქანა, გადავიდა საპირისპირო მოძრაობის ზოლზე, შეეჯახა კედელს, ხოლო შემხვედრმა ტრაილერმა სცადა ავარიული დამუხრუჭება და გვირაბი გადაკეტა. ამ დროს ხანძარი ისეთი სუსტი იყო, რომ შესაძლებელი იყო მისი ჩაქრობა ნებისმიერი ცეცხლმაქრით, რომლებიც იყო გვირაბში, მაგრამ ეს არავინ არ გააკეთა. ცეცხლი ძლიერდებოდა, რომელმაც იმსხვერპლა ავტობუსის მძღოლი. სხვა მანქანაზე ცეცხლი არ გავრცელებულა. 12 წთ-ის შემდეგ მოვიდა სახანძრო რაზმი, რომელმაც ხანძარი 1 სთ-ში ჩააქრო. 4 დღით გვირაბი დაკეტული იყო.

სერა-რიპოლის გვირაბი, 442 მ სიგრძე, იტალია, 1993.

ერთ-ერთმა ავტომობილმა მართვა დაკარგა, მოხდა ავარია, რასაც მოჰყვა ხანძარი, რომელშიც მონაწილეობდა 5 ტრაილერი და 11 სხვა ავტომობილი. 4 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო სხვა ოთხმა მიიღო ძლიერი დაზიანებები. 2.5 სთ-ის შემდეგ ხანძარი ჩააქრეს.

უსახელო სარკინიგზო გვირაბი სამხრეთ ჩინეთში, 1991.

1991 წლის აგვისტოში ერთ-ერთ ვაგონში გაჩნდა ხანძარი, შეშინებული 15 მგზავრი გადმოხტა ვაგონიდან, შემხვედრი ლოკომოტივის ლიანდაგზე, ყველა მათგანი დაიღუპა ადგილზე.

მოსკოვის მეტრო, რუსეთი, 1991.

ელექტრობის მიზეზით მოხდა ხანძარი მატარებლის ქვეშ, 7 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო 10 მძიმედ დაშავდა.

ნიუ-იორკის მეტრო, აშშ, 1990.

1990 წლის 28 დეკემბერს კაბელს გაუჩნდა ხანძარი სადგურთან ახლოს. მგზავრმა ავარიულად გააჩერა მატარებელი ხანძრის სიახლოვეს. სახანძრო რაზმი სწრაფად მოვიდა, მაგრამ ევაკუაცია ვერ განახორციელეს მართებულად, 2 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო 200 ადამიანი ტრავმირებული იქნა.

მონზლანის გვირაბი, 11.6 კმ სიგრძე, საფრანგეთი/იტალია, 1990.

1990 წლის 11 იანვარს ცეცხლმოდებული ტრაილერი გაჩერდა გვირაბის მე-6 კილომეტრზე. მძღოლმა პირველად შეამჩნია კვამლი გვირაბში შესვლიდან 1,5 კმ მანძილზე, მაგრამ არაფერი არ იღონა ცეცხლის ჩასაქრობად. მან მხოლოდ მას შემდეგ გააჩერა მანქანა, რაც ცეცხლმა მიაღწია მის კაბინას და მომხდარის შესახებ შეატყობინა ოპერატორს. ფრანგი მეხანძრეები 12 წთ-ში მოვიდნენ და ჩააქრეს ხანძარი. 2 ადამიანს დასჭირდა მკურნალობა სუნთქვითი მოწყობის გამო (Amunsen, 2000).

1980-იან წლებში მომხდარი ხანძრები.

ბრენერის გვირაბი, ავსტრია, 1989.

1989 წლის 18 მაისს შშენებარე ბრენერის გვირაბში მოხდა აფეთქება, გაჩნდა ხანძარი, რომელიც 7 სთ გრძელდებოდა. 155 მეხანძრე და 21 სახანძრო მანქანა მონაწილეობდა ხანძრის ჩაქრობაში. 2 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო 5 მძიმედ დაშავდა.

მეტრო სადგური „კინგს კროს“ (Kings Cross Station), ლონდონი, დიდი ბრიტანეთი, 1987.

1987 წლის 18 ნოემბერს ცეცხლი მოედო ხის ესკალატორის საფეხურებსა და გვერდებს, რომელიც შემდეგ გავრცელდა საბილეთო სალაროების დარბაზამდე. დაიღუპა 31 ადამიანი, ბევრმა მიიღო დაზიანებები. ხანძარი სწრაფად გავრცელდა, ვარაუდობენ, რომ ესკალატორის ქვემოთ თავიდან ცეცხლი გაუჩნდა შეზეთვას, რომელმაც გააცხელა ესკალატორის საფეხურები და შემდეგ ხანძარი ძალიან სწრაფად განვითარდა. ხანძარი გრძელდებოდა 7 სთ-ის განმავლობაში.

გუმეფენის გვირაბი (Gumefens Tunnel), 343 მ სიგრძე, შვეიცარია, 1987.

1987 წლის 18 თებერვალს ავტომობილების შეჯახების შედეგად დაიწყო ხანძარი, რომელიც საბოლოოდ მოედო 2 ტრაილერს, 1 ფურგონს და სხვა 5 ავტომობილს. 2 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო 3 ადამიანი ტრავმებით მოათავსეს საავადმყოფოში. ხანძარი გრძელდებოდა 2 სთ-ის განმავლობაში.

გვირაბი ლ'არმე (L'Arme Tunnel), 1.1 კმ სიგრძე, საფრანგეთი, 1986.

1986 წლის 9 სექტემბერს ავარიის შედეგად დაიწყო შედარებით მცირე სიმძლავრის ხანძარი, რომელშიც მონაწილეობდნენ ავტომობილი და მისაბმელი. 3 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო ხუთმა მიიღო ტრავმები.

სან ბენედეტოს გვირაბი (San Benedetto Tunnel), 18.5 კმ სიგრძე, იტალია, 1984.

1984 წლის 23 დეკემბერს ზომბის აფეთქების შედეგად დაიღუპა 17 ადამიანი, ხოლო 120 ტრავმირებული იქნა. მაშველებმა 2 სთ-ის განმავლობაში ვერ მიაღწიეს შემთხვევის ადგილამდე გვირაბის სამაგრის დიდი ნგრევის გამო.

სამიტის სარკინიგზო გვირაბი (Summit Tunnel), 2.6 კმ სიგრძე, დიდი ბრიტანეთი, 1984.

სამიტის გვირაბის ხანძარი აღწერილი იყო წინა პარაგრაფში, როგორც ყველაზე დიდი სიმძლავრის ხანძარი, რომელსაც ადამიანის მსხვერპლი არ მოჰყოლია და აქ აღარ გავიმეორებთ. ხანძრის ჩაქრობას რამდენიმე დღე-ღამე დასჭირდა (Howarth, 1996).

პეკორილის გვირაბი (Pecorile Tunnel), 662 მ სიგრძე, იტალია, 1983.

თევზით დატვირთული სატვირთო მანქანის მიზეზით მოხდა ხანძარი, 9 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო 20 ადამიანი დაშავდა (Amunsen, 2000).

საიანგის საავტომობილო გვირაბი (Saiang Tunnel), ავღანეთი, 1982.

1982 წლის 2 ან 3 ნოემბერს სამხედრო კოლონაში მყოფი გათხევადებული გაზის ტანკერი აფეთქდა საავტომობილო გვირაბში, რასაც მოჰყვა დიდი მასშტაბის ხანძარი. მსხვერპლი იყო 176 დაუზუსტებელი ცნობით, ხოლო დაზიანებული ათასამდე ადამიანი.

კალდეკოტის გვირაბი (Caldecott Tunnel), 1 კმ სიგრძე, აშშ, 1982.

წინა პარაგრაფში აღწერილია აღნიშნული ხანძარი, რომელიც მოხდა ნასვამი მძღოლის მიზეზით და აქ აღარ გავიმეორებთ (Amunsen, 2000).

ლონდონის მეტრო, დიდი ბრიტანეთი, 1981.

1981 წლის 21 ივნისს მოხდა ხანძარი ორ მიწისქვეშა სადგურს შორის გადასარბენზე, 1 ადამიანი დაიღუპა, 15 დაზარალდა სხვადასხვა სიმძიმით (Amunsen, 2000).

საკაის გვირაბი, 459 მ სიგრძე, იაპონია, 1980.

1980 წლის 15 ივლისს სატვირთო მანქანამ მოახდინა ავარია, რამაც გამოიწვია ხანძარი, 3 სთ-ის განმავლობაში ხანძარი ვერ ჩააქრეს, 5 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო სხვა 5 მძიმედ დაშავდა (Amunsen, 2000).

კაჯივარას გვირაბი (Kajiwara Tunnel), 740 მ სიგრძე, 1980 იაპონია.

1980 წლის 17 აპრილს სატვირთო მანქანის გადაცემათა კოლოფში მოხდა ხანძარი, რომელიც გავრცელდა 2 სატვირთო მანქანაზე. ერთ-ერთი მათგანი დატვირთული იყო საღებავით. ხანძარი ვერ ჩააქრეს 1 სთ და 20 წთ-ის განმავლობაში, დაიღუპა 1 მძღოლი.

1970-იან წლებში მომხდარი ხანძრები.

ნიჰონძაკას გვირაბი (Nihonzaka Tunnel), 2 კმ სიგრძე, იაპონია, 1979.

1979 წლის 11 ივლისს 4 სატვირთო და 2 მსუბუქი ავტომობილის მონაწილეობით მოხდა ხანძარი. დაიღუპა 7 ადამიანი, ხოლო ხანძარი მოედო 189 სატრანსპორტო საშუალებას. გზებზე საცობების გამო სახანძრო რაზმს დააგვიანდა. ამასთანავე, წყლის მარაგი გაუთავდათ ნახევარ საათში. ცეცხლი ჩააქრეს მხოლოდ 160 სთ-ის შემდეგ.

სან-ფრანცისკოს მეტრო, აშშ, 1979.

1979 წლის 17 იანვარს მოკლე ჩართვის შედეგად მოხდა ხანძარი, 1 ადამიანი მოკვდა, ხოლო 56 ადამიანი მძიმედ დაშავდა. სხვა გადასარბენ გვირაბშიც სწრაფად გავრცელდა წვის პროდუქტები, რის გამოც საჭირო გახდა 1000-მდე ადამიანის ევაკუაცია.

ველსენის გვირაბი (Velsen Tunnel), 768 მ სიგრძე, ჰაარლემი, ნიდერლანდები, 1978.

1978 წლის 11 აგვისტოს ავარიის შედეგად მოკვდა 5 ადამიანი და მოხდა ხანძარი, რომელიც გავრცელდა 2 ტრაილერსა და 4 ავტომობილზე.

ლონდონის მეტრო, დიდი ბრიტანეთი, 1978.

1975 წლის 28 თებერვალს მატარებელი შეეჯახა გვირაბის გვერდით კედელს, მოხდა ძლიერი ხანძარი, რომელმაც იმსხვერპლა 44 ადამიანი, ხოლო 73 დაზიანდა.

მეხიკოს მეტრო, მექსიკა, 1975.

მატარებლების შეჯახებისა და შემდგომი ხანძრის შედეგად 50 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო 30 ადამიანი ტრავმირებული იქნა.

პარიზის მეტრო, საფრანგეთი, 1973.

1973 წლის 27 მარტს ცეცხლი გაჩნდა მეტროს სადგურში, 2 ადამიანი მოკვდა, რამდენიმე კი დაზიანდა, მეხანძრეების რეაქცია ამ შემთხვევაში იყო დროული და ეფექტური.

ჰოკორიკუს სარკინიგზო გვირაბი (Hokoriku Tunnel), იაპონია, 1972.

1972 წლის 6 ნოემბერს სამგზავრო მატარებლის ვაგონ-რესტორანში მოხდა ხანძარი, რომლის შედეგადაც მოკვდა 30 ადამიანი, ხოლო 690 მძიმედ დაზიანდა, ორი ვაგონი დაიწვა.

ვიერზის სარკინიგზო გვირაბი (Vierzy Tunnel), საფრანგეთი, 1972.

აღნიშნული გვირაბი ჩამოინგრა მაშინ, როცა მასში მოძრაობდა სამგზავრო მატარებელი, მოხდა ხანძარი, 108 ადამიანი დაიღუპა, უმეტესობა გვირაბის ჩამონგრევით განპირობებული ტრავმებით.

მონრეალის მეტრო, კანადა, 1971.

1971 წლის 12 დეკემბერს მეტროს მატარებელი შეეჯახა გვირაბის კედელს ბოლოში, მოხდა ხანძარი, დაიღუპა 1 ადამიანი (Atkins, 1996).

სარკინიგზო გვირაბი კროზე (Crozet Tunnel), საფრანგეთი, 1971.

1971 წლის 20 მარტს სატვირთო მატარებლების შეჯახების შედეგად, ერთ-ერთი მათგანი, რომელსაც საწვავი გადაჰქონდა რელსებიდან გადავიდა და მოხდა ძლიერი ხანძარი. 2 ადამიანი დაიღუპა.

ვრანდუკის გვირაბი (Wrاندuk Tunnel), 1.5 კმ სიგრძე, ზენიცასთან, იუგოსლავია, 1971.

1971 წლის 14 თებერვალს, დილის 5 საათსა და 48 წუთზე, მეტალურგიული ქარხნის მუშები გადაჰყავდა მატარებელს, გამოსასვლელ პორტალამდე რჩებოდა 300 მ, როცა ძლიერი ხანძარი მოხდა ძრავაში. სითბოს გამოყოფა იმდენად დიდი იყო და ტემპერატურა ისე მაღალი, რომ ადამიანები გაემართნენ 1200 მ-ით დაშორებული პორტალისაკენ. საბოლოოდ, 33 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო 120 მოათავსეს საავადმყოფოში.

საილმარის გვირაბი (Sylmar Tunnel), 8 კმ სიგრძე, ლოს-ანჯელესი, აშშ, 1971.

1971 წლის 24 ივნისს გვირაბის გაყვანის დროს გაზის აფეთქებამ 18 მომუშავესაგან 17 იმსხვერპლა. უსაფრთხოების კორპორატიული წესების სრული დარღვევის გამო, 16 პუნქტის დარღვევა და შრომის კოდის 9 პუნქტის დარღვევისათვის, პროექტის მენეჯერს ლორენ სევიჯს მისეჯა პატიმრობა 20 წლითა და 6 თვით.

ნიუ-იორკის მეტრო, აშშ, 1970.

1970 წლის 1 აგვისტოს მეტროს სადგურთან Bowling Green მოხდა ხანძარი, 50 ადამიანი მიიღო სხვადასხვა სიმძიმის დაზიანება, ხოლო 1 მოკვდა. გარდაცვლილი იყო ქალი, რომელიც ევაკუაციის შემდეგ დაბრუნდა ვაგონში საფულეს მოსაძებნად.

1970 წლამდე მომხდარი ხანძრები.

ლონდონის მეტრო, 1958.

1958 წლის 28 ივლისს მოხდა ხანძარი ლონდონის მეტროში 48 მეზავრი და 3 მომსახურე პერსონალი წაიყვანეს ჰოსპიტალში ტოქსიკური აირებით სუნთქვის გამო, რომელთაგან 10 ჰოსპიტალში დატოვეს. ერთი მათგანი დაიღუპა, დანარჩენი გამოჯანმრთელდნენ.

ჰოლანდის გვირაბი, ნიუ-იორკი, აშშ, 1949.

1949 წლის 13 მაისს ტრაილერმა დაღვარა წვადი ტვირთი. მოხდა ხანძარი, რომელიც გრძელდებოდა 4 სთ-ის განმავლობაში, 10 ტრაილერი და 13 სხვა მანქანა დიწვა, 66 ადამიანი დაზიანდა.

ლონდონის მეტრო, დიდი ბრიტანეთი, 1945.

1945 წლის 31 დეკემბერს მატარებლის ავარიისა და ხანძრის შედეგად 3 ადამიანი დაიღუპა.

სარკინიგზო გვირაბი ტორე (Torre Tunnel), ესპანეთი, 1944.

1944 წლის 3 იანვარს მატარებლის ავარიის შედეგად მოხდა ხანძარი, რომელიც გრძელდებოდა 1 დღის განმავლობაში. ავარიისა და ხანძრის შედეგად დაიღუპა 91 ადამიანი (The World's Longest Tunnels Page).

სენ გოტარდის (St. Gothard) სარკინიგზო გვირაბი, შვეიცარია, 1941.

მატარებელი გადავიდა რელსებიდან, მოხდა ხანძარი, 7 ადამიანი დაიღუპა.

სარკინიგზო გვირაბი Giitschtunnel, შვეიცარია, 1932.

მატარებლის ავარიისა და ხანძრის შედეგად 6 ადამიანი დაიღუპა.

რეიკენის სარკინიგზო გვირაბი (Riekentunnel), შვეიცარია, 1926.

9 ადამიანი მოკვდა კვამლის სუნთქვის შედეგად მას შემდეგ, რაც სატვირთო მატარებელს გაუჩნდა ხანძარი და გაჩერდა გვირაბში.

სარკინიგზო გვირაბი Baignolies, 1 კმ სიგრძე, პარიზი, საფრანგეთი, 1921.

1921 წლის 21 ოქტომბერს სამგზავრო მატარებელი შევიდა გვირაბში მაშინ, როცა იქ გაჩერებული იყო სხვა მატარებელი. შეჯახების შედეგად დაიწყო ძლიერი ხანძარი, რომელმაც იმსხვერპლა 28 ადამიანი. ხანძრის სიმძიმე განაპირობა გაზის სანათმა მოწყობილობებმა, რომლებიც აღნიშნულ ავარიამდე გამოიყენებოდა, ხოლო ამის შემდეგ აკრძალულ იქნა მთელ საფრანგეთში (The World's Longest Tunnels Page).

პარიზის მეტრო, საფრანგეთი, 1903.

1903 წლის 10 აგვისტოს ელექტრული უწყსრივობის შედეგად ხანძარი მოხდა მეტროს მატარებელში. ყველა მეზავრის ევაკუაცია მოხდა მეტროს სადგურში როგორც აღნიშნული, ისე მეორე მატარებლიდან. პირველი მატარებლის გაყვანა სცადეს გვირაბიდან, რომელზეც ცეცხლი ისევ იყო. ამოძრავებისას ისეთი ძალით გაძლიერდა ხანძარი, რომ კვამლით აივსო მეტროს სადგური და 84 ადამიანი დაიღუპა (ზოგიერთი მონაცემით დაღუპულთა რაოდენობა 100-ზე მეტი იყო).

მენდონის სარკინიგზო გვირაბი, საფრანგეთი, 1842.
ხანძრის შედეგად დაიღუპა 150 ადამიანი.

2.6. ფატალური ხანძრების ანალიზი მოკლე საავტომობილო გვირაბებში

ფრანგული სტატისტიკის თანახმად (Perard, 1996), გვირაბის ყოველ კილომეტრზე გადაანგარიშებით, გვირაბში მოძრავ საშუალოდ ას მილიონ მსუბუქ მანქანაზე, შესაძლებელია მოხდეს 1 ან 2 ხანძარი. ანალოგიურად, ყოველ ას მილიონ მძიმე მანქანაზე - ტრაილერზე, რომლებიც გაივლიან გვირაბში, იმავე პირობებში, ან გვირაბის სიგრძის 1 კილომეტრზე გადაანგარიშებით, საშუალო სტატისტიკის მიხედვით მოხდება 8 ხანძარი. აღნიშნული ხანძრებიდან 3 იქნება ძლიერი (100 მეგავატი სიმძლავრის ფარგლებში), რომელთა გავლენა ადამიანის სიცოცხლისა და გვირაბის ინფრასტრუქტურისათვის იქნება ფატალური.

აღნიშნული სტატისტიკიდან გამომდინარე, მაგალითად, ელბის გვირაბში (გერმანია), სადაც წელიწადში გადის 37 მილიონი სატრანსპორტო ერთეული ორივე მიმართულებით, გაცილებით უფრო სავარაუდოა ფატალური ხანძრის შემთხვევა, ვიდრე ჩაქვი-მახინჯაურის ტყუპ გვირაბებში, სადაც წელიწადში მაქსიმუმ 200 ათასი მანქანა გადის ერთი მიმართულებით, მაგრამ გვირაბების ჯამური სიგრძისა და მანქანების საერთო რიცხვის მხედველობაში მიღებით დღესდღეობით, აგრეთვე ტვირთბრუნვის ზრდის გათვალისწინებით, რაც აუცილებლად მძიმე მანქანების ხარჯზე მოხდება ქვეყნის შემდგომი სტაბილიზაციისა და “აბრეშუმის გზის” გზის პოპულარიზაციის შედეგად, ფატალური ხანძრის გაჩენის რისკი ჩვენს ქვეყანაშიც გაცილებით მოიმატებს, რომლის პრევენციისათვის მზადყოფნა აუცილებელია.

მხოლოდ ერთი საშუალო სიგრძის ავტოსაგზაო გვირაბის ხანძრის მაგალითს მოვიტანთ იმის საჩვენებლად, რომ პრევენციული უსაფრთხოების მაღალი დონის მიუხედავად, მისი სრული აცილება შეუძლებელია და გვირაბის სამსახურები მზად უნდა იყვნენ მოსალოდნელი ხანძრების მავნე შედეგების შერბილებისა და სრული ლიკვიდაციისათვის. მაგალითად, საფრანგეთისა და იტალიის დამაკავშირებელ მონზლანის გვირაბში, რომლის სიგრძე არის 11.6 კმ, 1965 წლიდან, ანუ მისი ექსპლუატაციაში შესვლის პერიოდიდან, მოხდა ხანძრის 18 შემთხვევა (Lacroix, 2001). XXI საუკუნეში მოცემულ გვირაბში ხანძარი არ მომხდარა. აღნიშნული ხანძრებიდან ფატალური იყო 1999 წლის 24 მარტის ხანძარი.

მარგარინით და ფქვილით დატვირთული დიდი ტრაილერი, როგორც უკე აღვწერეთ ზემოთ, შევიდა გვირაბში საფრანგეთის მხრიდან სადამოს 10 სთ 46 წთ-ზე, 7 წთ-ის შემდეგ მძღოლმა შეამჩნია, რომ მანქანა ტოვებდა თეთრი ფერის კვამლს და ის გააჩერა პორტალიდან 6.3 კმ მანძილზე. გაჩერებისთანავე მანქანა ააღდა და გამოუშვა შავი ფერის კვამლი, რომელიც ვრცელდებოდა საფრანგეთის მხარეზე არსებული პორტალისაკენ. მაშინვე მძღოლი გაიქცა საპირისპირო მიმართულებით. გვირაბის ავარიულად დაკეტვამდე, 1 მოტოციკლი, 9 მსუბუქი ავტომობილი, 18 სხვადასხვა მძიმე მანქანა, აღმოდებული მანქანის კვალდაკვალ შევიდნენ საფრანგეთის მხრიდან, ხოლო 8 ტრაილერი და რამდენიმე მსუბუქი ავტომობილი - იტალიის პორტალიდან. ამ უკანასკნელთაგან არავინ არ დაზარალებულა, ხოლო საფრანგეთის მხრიდან შემოსულთაგან არავინ არ გადარჩენილა - 39 მსხვერპლი (მათგან 27 საკუთარი მანქანის

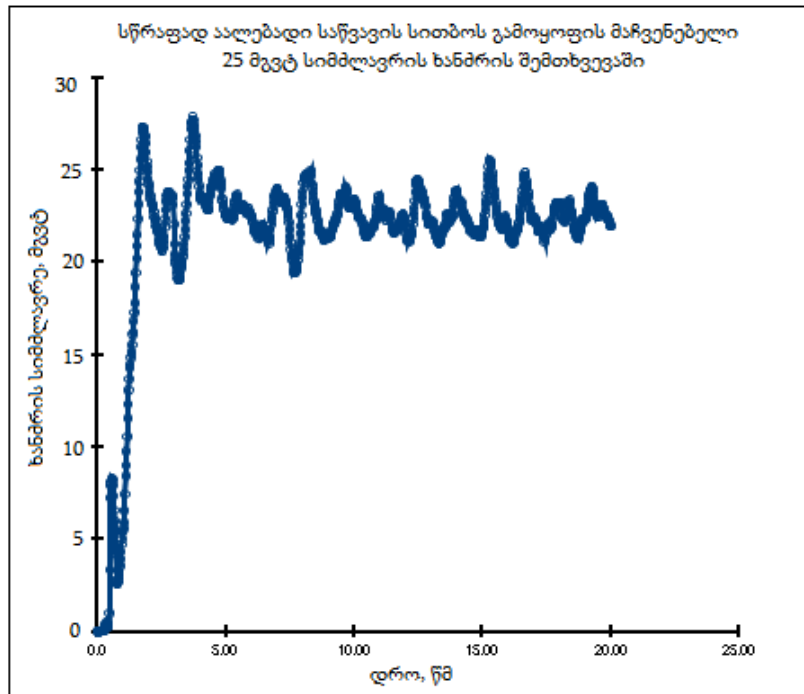
საჭესთან). ხანძარი მძვინვარებდა 53 საათის განმავლობაში, 900 მ სიგრძეზე გვირაბი ჩამოიშალა, განადგურდა 34 მანქანა, არ იყო საკმარისი ვენტილაცია და აგრეთვე კომუნიკაცია პორტალებს შორის.

ამ ხანძრის თავიდან აცილება მარტივი იქნებოდა დაცული რომ ყოფილიყო ნორმალური საექსპლუატაციო პირობები. როგორც შემდეგ გაირკვა, ადგილი ჰქონდა საბურავსა და მანქანის კორპუსს შორის ხახუნს, ღია გარემოში გამოყოფილი სითბო იფანტებოდა, ხოლო გვირაბში გარემოზე სითბოს გადაცემის შემცირების გამო, საბურავი გადახურდა, რაც გახდა აალების მიზეზი.

აღნიშნული შემთხვევის მაგალითზე შესაძლებელია წარმოვადგინოთ საგანგებო სიტუაციის წარმოქმნის მექანიზმი, რომელიც ძალზე ახლოსაა კლასიკურ განმარტებასთან, მოხდა ბუნებრივად მიმდინარე პროცესის ნორმალური მსვლელობიდან გადახრა, ანომალური ვითარების აკუმულაცია, კულმინაციამდე მისვლა, ხოლო შემდეგ განმუხტვა და მიღწევა.

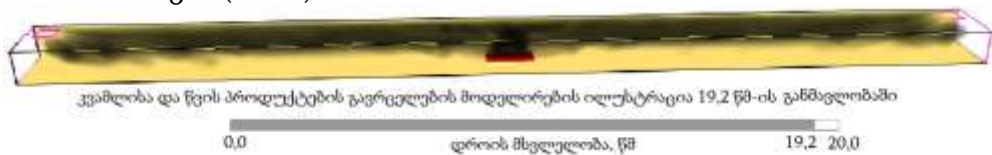
ჩვენს ქვეყანაში მოქმედი ნორმის მიხედვით, 150 მ-ზე ნაკლები სიგრძის გვირაბების ვენტილაცია უნდა მოხდეს ბუნებრივი წევით, 150-400 მ დიაპაზონში - ბუნებრივი წევით, რომლის სიდიდის საკმარისობა დასაბუთებული უნდა იყოს ანგარიშით. 400 მ-ზე მეტი სიგრძის გვირაბებში აუცილებლად უნდა დამონტაჟდეს ვენტილაციის მექანიკური სისტემა. ანალოგიური მდგომარეობაა ინგლისშიც - 400 მ-ზე უფრო ნაკლები სიგრძის გვირაბებისათვის საჭირო არაა მექანიკური ვენტილაციის მოწყობა, ხოლო გერმანული სტანდარტით 350-700 მ დიაპაზონისა და უფრო ნაკლები სიგრძის გვირაბები არ საჭიროებენ მექანიკურ ვენტილაციას, რომლის მოწყობა სავალდებულოა 700 მ-ზე უფრო გრძელი გვირაბებისათვის.

მრავალი სტანდარტის მათ შორის *RABT* -ის და *PIARC* -ის მიხედვით, სავენტილაციო სისტემის დაპროექტება უნდა მოხდეს 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრისათვის. ჩვენს მიერ დამოძღვებული იქნა სწრაფად წვადი საწვავის სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძარი. 25 მგვტ სიმძლავრის ხანძარი სითბოს გამოყოფის მაქსიმალურ მაჩვენებელს აღწევს დაახლოებით 5 წმ-ში (ნახ. 1). თუ გავითვალისწინებთ, რომ გვირაბებში ხანძრების უმრავლესობა ვენტილაციით კონტროლირებადია, აღნიშნული სიმძლავრე შენარჩუნებული იქნება საწვავის პრაქტიკულად სრულ დაწვამდე.



ნახ. 1.1. 25 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის განვითარების დინამიკა

მოდელირების შედეგებმა აჩვენა, რომ მოკლე გვირაბებისათვის, ბუნებრივი ვენტილაციის პირობებში, წვის შედეგად გენერირებული კვამლი პორტალებისაკენ ვრცელდება 2.5 მ/წმ სიჩქარით, რაც მიუთითებს მცირე სიგრძის მქონე გვირაბებში სახანძრო სავენტილაციო სისტემის არსებობის აუცილებლობაზე ზემოაღნიშნული სიმძლავრის ხანძრისათვის (ნახ. 2).



ნახ. 2. კვამლის გავრცელების სიჩქარის განსაზღვრისათვის: ხანძრის კერიდან პორტალებამდე მანძილი შეადგენს 50 მ; წნევათა სხვაობა პორტალებს შორის 200 პა

სავენტილაციო სისტემის აუცილებლობა ამ შემთხვევაში განპირობებულია აგრეთვე იმით, რომ კვამლის არინება ძირითადად მოხდება გვირაბის ჭერის გასწვრივ, რაც გააუმჯობესებს ხილვადობას ადამიანის სიმაღლის დონეზე.

აშშ-ის ეროვნული სახანძრო დაცვის ასოციაციის 502 სტანდარტის 11.1 პუნქტი მოითხოვს საგანგებო სავენტილაციო სისტემისა და გვირაბის ექსპლუატაციის ისეთნაირ დაგეგმვას, რომ მაქსიმალურად იქნეს გამოყენებული გვირაბის ჩვეულებრივი რეჟიმის სავენტილაციო სისტემა, გვირაბში მომხდარი ხანძრის შედეგების, ნაძწვი და ტოქსიკური აირებისა და კვამლის კონტროლისა და გვირაბიდან არინებაზე (NFPA, 2011).

240 მ-ზე ნაკლები სიგრძის გვირაბის შემთხვევაში აღნიშნული სტანდარტის 11.1.1 პუნქტი ითვალისწინებს ინჟინრული ანალიზის საფუძველზე უსაფრთხოების დაგეგმვას ბუნებრივი ფაქტორების, ტრანსპორტის სახეობის, მოძრაობის ხასიათისა და სხვა მსგავსი

მაჩვენებლების მიხედვით და არ ითვალისწინებს საგანგებო ვენტილაციის მოწყობის აუცილებლობას.

აღნიშნული სტანდარტი ერთ-ერთი საუკეთესოა მსოფლიოში და ღირს მასზე უფრო დაწვრილებით შეჩერება, განსაკუთრებით იმის გათვალისწინებით, რომ ანალოგიური სტანდარტი საქართველოში არა გვაქვს.

- საცდელი სტანდარტი შემოღებული იქნა 1972 წელს, 1980 წლიდან *NEPA* -ს კომიტეტმა გადაამუშავა დოკუმენტი, როგორც რეკომენდებული პრაქტიკა და დაამატა თავი ჰაერის ვენტილაციის შესახებ, რომელიც შემოღებული იქნა სამოქმედოდ 1981 წელს *NEPA* -ს ყოველწლიურ შეხვედრაზე, რაც კონფერენციის მსგავსი ღონისძიებაა.

- მცირე შესწორება შეიტანეს 1987 წლის გამოცემაში ხანძრის საქრობი წყლით მომარაგებასთან დაკავშირებით.

- 1996 წლის გამოცემაში შეტანილია თავი გვირაბებში ტოტალური რევიზიის შესახებ. აგრეთვე დაემატა მოთხოვნები გვირაბებში ახალი მასალების გამოყენების რევიზიის შესახებ.

- 1998 წლის გამოცემა გადამუშავდა საავტომობილო ტრანსპორტისა და გზატკეცილების სახანძრო უსაფრთხოების კომიტეტთან ერთად. კერძოდ, კრიტიკულად დამუშავდა თითქმის ყველა თავი და დაემატა ახალი მე-7 თავი, რომელშიდაც შევიდა კვლევების შედეგები ვენტილაციის სახანძრო უსაფრთხოების ტესტირებასთან დაკავშირებით აშშ-ის გვირაბში „მემორიალი“, რომელიც იყო მიტოვებული გვირაბი დასავლეთ ვირჯინიაში, აღიჭურვა ყველანაირი სავენტილაციო სისტემებით, გამზომი აპარატურით და მოხდა სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების ტესტირება (Parsons Brinckerhoff, 1996).

- 2001 წლის გამოცემაში საგანგებო განათებაზე და საგანგებო გასასვლელებს შორის ოპტიმალური მანძილებზეა ყურადღება გამახვილებული. აგრეთვე მოხდა რედაქციული ხასიათის მნიშვნელოვანი შესწორებები. განმარტებულია აგრეთვე გვირაბის სიგრძის მიხედვით ნორმის გამოყენება.

- 2004 წლის ვერსიაში არის დამატებითი მოთხოვნები ბეტონისა და არმატურის მიმართ, საგანგებო განათების მიმართ, საგანგებო გასასვლელებს შორის მანძილთან დაკავშირებით. ამავე გამოცემის დანართ A-ში მოცემულია ახალი კვლევების შედეგები მსოფლიო მასშტაბით.

- 2008 წლის გამოცემა ამატებს სპეციალურ მოთხოვნებს ხანძრის ტესტებზე გვირაბის სტრუქტურულ ელემენტებთან მიმართებაში და შეიცავს განმარტებებს საგზაო გვირაბების კატეგორიებად დაყოფასთან დაკავშირებით; აგრეთვე განიხილავს საკითხებს სათანადო ვენტილაციის, საიმედო გარემოსა და სახიფათო ტვირთების ტრანსპორტირების რევიზიის შესახებ; სადისკუსიო თემების რევიზია არის აგრეთვე დანართ E-ში ხანძრის საქრობი ფიქსირებული სისტემების სახით.

- 2011 წლის გამოცემაში უფრო დასაბუთებული მოთხოვნებია გვირაბის (უსაფრთხოების) სისტემების მიმართ გვირაბების კატეგორიის მიხედვით. დამატებულია მე-9 თავი წყლით ხანძრის საქრობი სისტემების შესახებ. დოკუმენტში აგრეთვე დამატებული არის სისტემის კონტროლისა და პერიოდული ტესტირების შესახებ მასალა, აგრეთვე განახლებულია დანართი სიცოცხლისა და მატერიალური ფასეულობების გადასარჩენ დაპროექტების ფაქტორებზე.

პრობლემა არის 400 მ-ზე უფრო მოკლე გვირაბების ხანძარსაწინააღმდეგო დაცვა, რადგან მათში, როგორც წესი, მოწყობილი არ არის მექანიკური სავენტილაციო სისტემა. გარდა ამისა, 700 მ-მდე სიგრძის გვირაბებში, ხანძრის მიერ აღძრული წევის გავლენით,

ვენტილაციის სისტემის კოლაფსი უფრო მოსალოდნელია გრძელ გვირაბებთან შედარებით. ხანძრის წევას ამ შემთხვევაში ექნება ზრდადი ხასიათი გვირაბის მცირე აეროდინამიკური წინაღობისა და ამიტომ საწვავის სრული წვისათვის საკმარისი ჰაერის ხარჯის ადვილად უზრუნველყოფის გამო (Lanchava *et al.*, 2007). ხანძრის გაძლიერებასთან დაკავშირებით, ანალოგიური აზრი არის აგრეთვე გატარებული ნაშრომებში (Lonnermark and Ingason, 2008; Ingason and Li, 2010). კერძოდ, აღნიშნულია, რომ “სავენტილაციო ნაკადის 2 და 4 მ/წმ სიჩქარეების შუალედში, ხანძრის გაძლიერების ეფექტი დაკავშირებულია უფრო ინტენსიურ ბუნებრივ ვენტილაციასთან, რადგან ცეცხლი თვითონ ცდილობს უკეთესად განიავდეს”, ანუ მოიპოვოს ჟანგბადი წვისათვის. ცალსახობისათვის მივუთითოთ, რომ აღნიშნულ ნაშრომებში გვირაბების სიგრძე არ არის შემოფარგლული და განსაზღვრულია მხოლოდ სიჩქარეთა შუალედი. დავამატოთ, რომ დაახლოებით მითითებულ შუალედში იქნება ავტომობილების მოძრაობით აღძრული ბუნებრივი წევით გამოწვეული ნაკადის სიჩქარე მოკლე გვირაბებში.

განსაკუთრებით უნდა გავამახვილოთ ყურადღება მოკლე გვირაბში მომხდარი ხანძრების შესახებ, რომლებსაც მოჰყვა მსხვერპლი. მართალია ჯერ-ჯერობით ჩვენ არ გვაქვს გრძელი და ძალიან გრძელი გვირაბები საქართველოში, მაგრამ მოკლე გვირაბების საკითხი ძალზე მნიშვნელოვანია, რასაც მსოფლიო გამოცდილებაც ადასტურებს და ჩანს წინა პარაგრაფში მოცემული მაგალითებიდან. ყურადსაღებია, რომ საკითხს საქართველოში ჯეროვანი ყურადღება არ ექცევა.

მცირე სიგრძის გვირაბების ხანძრების მოდელირების შედეგებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მცირე სიგრძის გვირაბებისათვის, რომელთა ექსპლუატაცია მექანიკური ვენტილაციის გამოყენების გარეშე დაშვებულია ნორმებით, საჭიროა საგანგებო სავენტილაციო სისტემის მოწყობა, რომელიც ამოქმედდება ხანძრის შემთხვევაში.

მცირე სიგრძის გვირაბების სახანძრო უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად მიზანშეწონილად მიგვაჩნია შემდეგი რეკომენდაციების განხორციელება:

- გვირაბის მომსახურე პერსონალისა და მაშველების კვალიფიკაციის ამაღლება. სწავლების ბაზისი არის სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრის სცენარები, რომლებსაც აქვთ სითბოს, კვამლისა და ნახშირბადის მონოოქსიდის გენერაციის დროში ცვალებადი მაჩვენებლები. ხანძრის სცენარების შერჩევა უნდა მოხდეს კომპიუტერული მოდელირების შედეგების მიხედვით, გვირაბში გადაადგილებადი მოსალოდნელი ტრანსპორტის სახეობებისათვის.

- გვირაბის ინფრასტრუქტურის სათანადოდ მოდერნიზება. კერძოდ, კვამლის გასასვლელი ჭერში, გვირაბის გასწვრივ, არის ეფექტური და უნდა იქნეს განხილული მათი მოწყობა მოკლე გვირაბში, სადაც ამის განხორციელება მარტივად არის შესაძლებელი. აღნიშნული აგრეთვე ხელს შეუწყობს ნაკადის უკუდინების თავიდან აცილებას, რაც მეტად არასასურველი მოვლენაა. გვირაბის აღჭურვა სითბოს, კვამლისა და ნახშირბადის მონოოქსიდის საზომი გადამწოდებით, რომლებსაც ექნებათ მოციმციმე და ხმოვანი სიგნალები. ხელით სამართი ან ავტომატურად მოქმედი მოწყობილობების მომარაგება, რომლებიც საჭიროა ხანძრით გამოწვეული საგანგებო სიტუაციის ლიკვიდაციისათვის.

- ტრენინგის ჩატარება ისეთი მოქმედების დასახვეწად საგანგებო სიტუაციის შემთხვევაში, რომ ეხმარებოდეს ან ევაკუაციას, ან მაშველებს, ან ორივეს ერთად. ყველა შემთხვევაში სასურველი მიზანი არის საევაკუაციო გზის მიცემა მძღოლებისა და მგზავრებისათვის და ხანძრის ჩაქრობაში ხელშეწყობა.

- საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოების წესების განუხრელი დაცვა, ყველა შემთხვევაში უნდა აიკრძალოს გვირაბებში მოძრავ მანქანაზე გადასწრება და რეალურად იქნეს აღნიშნული მიღწეული.
- სახიფათო ტვირთებისათვის განრიგის დაწესება, მათი გატარება გვირაბში უნდა მოხდეს ყველაზე ნაკლები მოძრაობის დროს.
- საკითხის პოპულარიზაცია. მისი დაყვანა ყველა საგზაო მონაწილეზე ლაკონური ბანერებით გვირაბის მისადგომებთან.

3. გვირაბების ვენტილაცია

3.1. შესავალი შენიშვნები

ვენტილაცია განიმარტება მარტივად - როგორც „ჰაერის ცირკულაცია“. ვენტილაცია ამ შემთხვევაში არ გულისხმობს მექანიკური მოწყობილობების გამოყენებას, ანუ ბუნებრივი ვენტილაცია მიღებული არის ვენტილაციის სინონიმად. ამ მარტივი განმარტებიდან დავიწყებთ გვირაბების ვენტილაციის განხილვას. გვირაბების გამოყენება დასაბამს იღებს უძველესი ცივილიზაციებიდან და მაშინ ვენტილაცია მხოლოდ ბუნებრივი ვენტილაციის სახით იყო. გასულ საუკუნეში გვირაბების ვენტილაცია წინა პლანზე გამოვიდა ორთქლისა და შიდაწვის ძრავების გამოგონებისა და გამოყენების შემდეგ, რომლებიც ტრანსპორტის სფეროში გახდა ძირითადი გამწევი ძალა. პრობლემა წარმოიშვა წვის შედეგად გამოყოფილი სითბოსა და წვის პროდუქტების ზრდადი რაოდენობის გამო.

ავტომობილების გვირაბებში მოძრაობისას წვის პროდუქტების გამოყოფა დისკომფორტს უქმნის მგზავრებს, ხოლო მათი ჩასუნთქვა იწვევს დაავადებას. ვენტილაცია ანზავებს ჰაერის მინარევებს და ქმნის სასუნთქად ვარგისიან გარემოს მგზავრებისათვის. გვირაბში აგრეთვე უმჯობესდება ხილვადობა სავენტილაციო ჰაერით კვამლის განზავების შედეგად.

გასული საუკუნის ბოლო მეოთხედში, დიდი ყურადღება მიექცა სახანძრო უსაფრთხოებას ყველა სახის სატრანსპორტო გვირაბში, სიცოცხლის გადარჩენის მიზნით. უსაფრთხოების გასაუმჯობესებლად დიდი ძალისხმევა განხორციელდა საგანგებო სავენტილაციო სისტემების შემოღებისა და დამონტაჟების შედეგად გვირაბებში.

ამ თავში ტერმინი „გვირაბი“ ნიშნავს ყველა სახეობის სატრანსპორტო დანიშნულების გვირაბს, რომლებშიც შედის საავტომობილო, სარკინიგზო და მეტროს გვირაბები.

ვენტილაციის თვალსაზრისით საავტომობილო გვირაბი განისაზღვრება როგორც მიწისქვეშა ნაგებობა, რომელშიდაც მოძრაობს საგზაო სატრანსპორტო საშუალება. აღნიშნული განმარტება მოიცავს არა მხოლოდ იმ ობიექტებს, რომლებიც აგებულია როგორც გვირაბები, არამედ გზის გადახურულ ნაწილებსაც ფეხით მოსიარულეთათვის. ყველა საავტომობილო გვირაბი საჭიროებს ვენტილაციას, რომელიც შესაძლებელია განხორციელდეს ბუნებრივი წევით, მოძრავი ტრანსპორტის დგუშური ეფექტით და მექანიკური საშუალებებით. ვენტილაცია აუცილებელია ტოქსიკური და მავნე აირების განსაზავებლად ნორმალური რეჟიმის პირობებში და ხანძრის შემთხვევაში გამოყოფილი წვის პროდუქტებისა და ცხელი აირების გვირაბიდან ასარინებლად. ვენტილაციის სისტემა

ისეთნაირად უნდა განხორციელდეს, რომ იყოს მინიმალური კაპიტალური და საექსპლუატაციო დანახარჯები.

მეტროს ტრანზიტულ (გადასარბენ) გვირაბთა სისტემები, რომლებიც განლაგებულია მიწისქვეშ, განსაკუთრებით მოითხოვენ მიწისქვეშა გარემოს კონტროლს. გავრცელებულია გვირაბების ორი ტიპი: ა) სტანდარტული მიწისქვეშა გვირაბი, განლაგებული სადგურებს შორის, რომელსაც აქვს ვერტიკალური სავენტილაციო ჭაურები და ზედაპირზე გამოსასვლელები; ბ) გრძელი გვირაბი, რომელიც განლაგებულია წყალსაცავების ან მთიანი ადგილის ქვემოთ (ჭაურების არმქონე). ვენტილაცია გვირაბების აღნიშნული ორი ტიპისათვის განსხვავებულია. მეტროს გრძელი გვირაბის ვენტილაციის სისტემა მასზე წაყენებული მოთხოვნების მხრივ სარკინიგზო გვირაბის ანალოგიურია.

სარკინიგზო გვირაბში ვენტილაცია აუცილებელია ლოკომოტივის მიერ გამოყოფილი სითბოს ასარინებლად და ჰაერის დამაბინძურებელი ნივთიერებებისაგან გასაწმენდად გვირაბში ჰაერცვლის გზით. ვენტილაცია, როგორც აღინიშნა, შესაძლებელია განხორციელდეს ბუნებრივი წევით, დგუშური ეფექტით და მექანიკურად - ვენტილატორების გამოყენებით. მოძრავი შემადგენლობიდან სითბოს არინება უფრო უკეთესად ხდება ჰაერის შემხვედრი ნაკადით, ხოლო ჰაერის მინარევებისაგან გასუფთავება - მიდევნებული ნაკადით.

3.2. ვენტილაციის ძველი კონცეფციები

აღრინდელი ნიშანი ვენტილაციის სერიოზული განხილვის შესახებ მოიპოვება მეტროს გადასარბენი გვირაბების მაგალითზე, რომლებშიც მატარებლის მოძრაობით აღძრული დგუშური ეფექტის სასარგებლოდ გამოყენების მიზნით, მოწყობილი იყო ზედაპირთან დამაკავშირებელი ცხაურით დაფარული ჭაბურღილები („სასულები“). აღნიშნული ხერხით ხდებოდა ინტენსიური ჰაერცვლა და მისი ტემპერატურის დაწვევა. მას შემდეგ, რაც ჰაერის ტემპერატურა კიდევ უფრო მეტად გაიზარდა ლონდონისა და ნიუ-იორკის მეტროებში, მიწისქვეშ უფრო მეტი ჰაერის მიწოდების მიზნით, დაიწყო მექანიკური მოწყობილობების (ვენტილატორების) გამოყენება.

საავტომობილო გვირაბის ერთ-ერთი პირველი სავენტილაციო სისტემა მე-20 საუკუნის ოციან წლებში მოწყობილი იყო ჰოლანდის გვირაბში, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს ნიუ-იორკსა და ნიუ-ჯერსის (Singstad, 1929). აღნიშნული გვირაბის დაპროექტების პროცესში ნოვაციური კვლევები ჩატარდა აშშ-ის სამთო ბიუროში (Fieldner *et al.*, 1927). კვლევები ჩატარდა შემდეგი მიმართულებით:

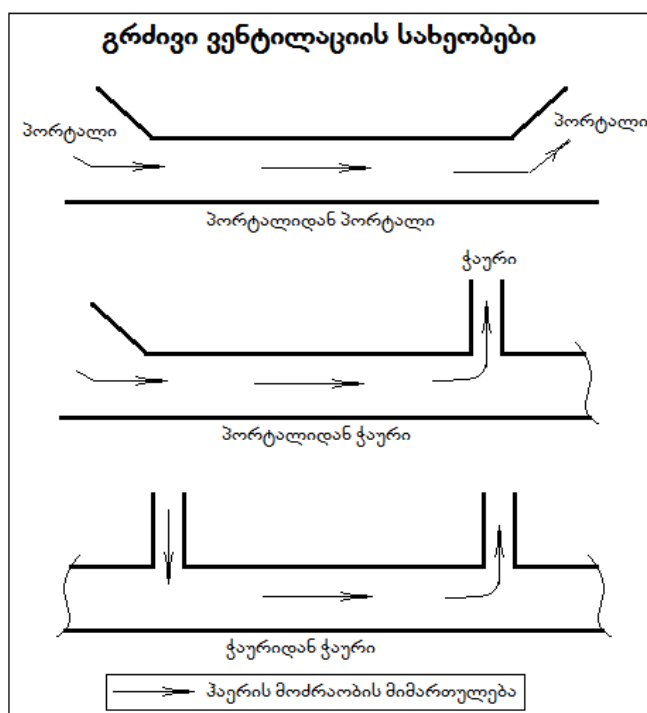
- ნატურული დაკვირვებები ნახშირბადის მონოქსიდის გამოყოფის მაჩვენებელზე;
- ტესტირება ადამიანებზე ნახშირბადის მონოქსიდის სახიფათო დოზის დადგენის მიზნით;
- აეროდინამიკური წინააღობების კოეფიციენტების შესწავლა მოდელირებით წნევის დანაკარგების განტოლებებისათვის.

ჰოლანდის გვირაბი ექსპლუატაციაში შევიდა 1927 წელს. საავტომობილო გვირაბებში მექანიკური ვენტილაციის გამოყენების დაწყება დაემთხვა გვირაბებში შიდაწვის ძრავებიდან გამონაბოლქვების ზრდას, რაც განპირობებული იყო მათი რიცხვის განუხრელი ზრდით.

3.3. სავენტილაციო სისტემების ტიპები

ცნობილია სატრანსპორტო გვირაბებში გამოყენებული სავენტილაციო სისტემების ორი ძირითადი ტიპი: გრძივი და განივი. გრძივი სისტემის დროს ჰაერი გადაადგილდება გრძივად მთელი გვირაბის გასწვრივ; განივი სისტემის დროს ჰაერის გადაადგილება ხდება როგორც განივად, ისე გრძივად, გრძივ-განივი გადაადგილების დოზირება დამოკიდებულია გამოყენებული განივი სისტემის ტიპზე.

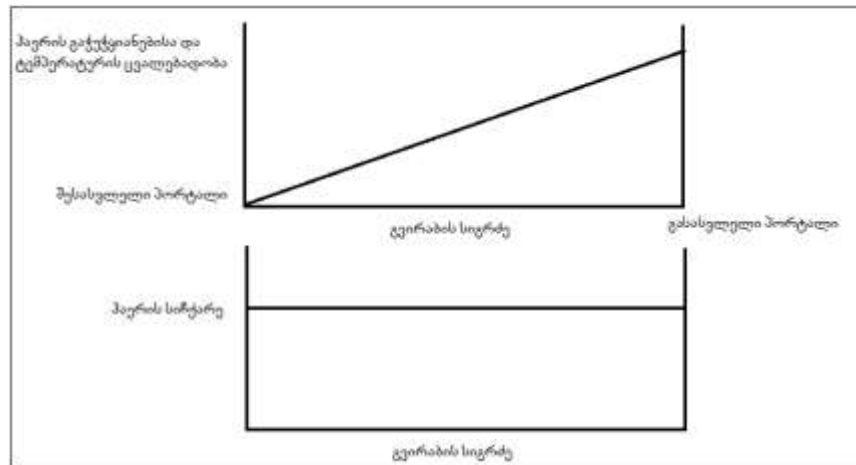
გრძივი სავენტილაციო სისტემის სხვადასხვა ვარიაციები წარმოდგენილია ნახაზზე 3.1. შესასვლელ პორტალთან ჰაერი სუფთაა, გზადაგზა მინარევებით ჭუჭყიანდება, ყველაზე ჭუჭყიანია გასასვლელ პორტალთან (ჭაურთან), მინარევების დოზის დასაშვებ სიდიდემდე განეიტალებს პირობით. ჰაერის ტემპერატურაც ანალოგიურად მატულობს გვირაბის სიგრძის მიხედვით, ხოლო ჰაერის სიჩქარე გვირაბის მთელ სიგრძეზე ერთნაირია. აღნიშნული ნაჩვენებია ნახაზზე 3.2. ნიშანდობლივია, რომ გრძივი სისტემის დროს სატრანსპორტო გვირაბი გამოიყენება როგორც სუფთა ჰაერის მისაწოდებლად, ისე გაჭუჭყიანებული ჰაერის ასარინებლად.



ნახ. 3.1. გრძივი ვენტილაციის სახეობები: ორი პორტალის, პორტალისა და ჭაურის, ორი ჭაურის გამოყენებით.

განივი სისტემის დროს სპეციალური გვირაბი ან არხი გამოიყენება სუფთა ჰაერის მისაწოდებლად, ხოლო მეორე არხი გაჭუჭყიანებულის გასაწოვად. განივი მიწოდებით უზრუნველყოფილია გვირაბის სიგრძის მიხედვით როგორც სუფთა, ისე გაჭუჭყიანებული ჰაერის თანაბარი განაწილება. აღნიშნული შეეხება აგრეთვე ჰაერის ტემპერატურასაც. ამ

შემთხვევაში გრძივი მოძრაობა ჰაერისა, არ არის სასურველი, და რაც უფრო მოკლე მანძილი იქნება მომდენ და გამწოვ ნახვრეტებს შორის სისტემა მით უფრო უკეთესია. აქ ცხადია, რომ გვირაბის პარალელურად გადის როგორც მომდენი, ისე გამწოვი არხი, მთელ სიგრძეზე, და მხედველობაში გვაქვს მხოლოდ სუფთა ჰაერის შემოსაშვები და გაჭუჭყიანებულის გასაწოვი ნახვრეტები. განივი სისტემა გამოიყენება ძირითადად საავტომობილო გვირაბებში, ხოლო ზოგჯერ მეტროს გადასარბენ გვირაბებში. განივი სისტემა შესაძლებელია იყოს „სრული განივი“, როცა სუფთა და გაჭუჭყიანებული ჰაერის ნაკადებისათვის სპეციალური არხები ან პარალელური შტოლნები გამოიყენება და „ნახევრად განივი“. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში სატრანსპორტო გვირაბი გამოიყენება ჰაერის მისაწოდებელ ან ასარინებელ არხად, ანუ გამოიყენება განივების გრძივი პრინციპიც ამ შემთხვევაში.



ნახ. 3.2. გრძივი ვენტილაციისას ჰაერის ნაკადის დამახასიათებელი პარამეტრები: შესასვლელ პორტალთან ჰაერი სუფთაა, გზადაგზა მინარევებით ჭუჭყიანდება, ყველაზე ჭუჭყიანია გასასვლელ პორტალთან. მინარევები განეიტალებულია დასაშვებ სიდიდემდე.

3.3.1 მექანიკური და ბუნებრივი ვენტილაციის შედარება

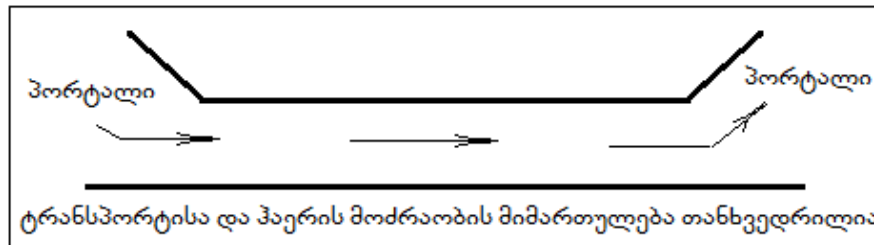
ბუნებრივი ვენტილაციის ეფექტი უნდა შეფასდეს და განისაზღვროს ხდება თუ არა ნორმალური ვენტილაცია ჭარბი სითბოსა და გამოყოფილი მავნე მინარევების გასანეიტრალებლად. მექანიკური ვენტილაცია საჭიროა მაშინ, თუ ბუნებრივი ვენტილაცია არ არის საკმარისი. ყველაზე მნიშვნელოვანი ისაა, რომ თანამედროვე მექანიკურ ვენტილაციაზე წაყენებული პირობა არის ეფექტურობა ხანძრის შემთხვევაში.

3.3.2 ბუნებრივი ვენტილაცია

ბუნებრივი ვენტილაციით, ხშირ შემთხვევაში, შესაძლებელია ნორმალური ეკოლოგიური პირობების დაცვა გვირაბში. ბუნებრივი ვენტილაცია დამოკიდებულია მეტეოროლოგიურ პირობებზე და ტრანსპორტის ნაკადით განპირობებულ დგუშურ ეფექტზე. გვირაბის პორტალებს შორის წნევათა სხვაობის გამომწვევი მთავარი მეტეოროლოგიური პირობებია: სიმაღლეთა ნიშნულების განსხვავება, გარემოს ტემპერატურა, ქარის სიჩქარე და მოძრაობის მიმართულება. სამწუხაროდ, ყველა მითითებული ფაქტორი დროში ცვალებადია და მათზე დაფუძნებით მდგრადი შედეგის

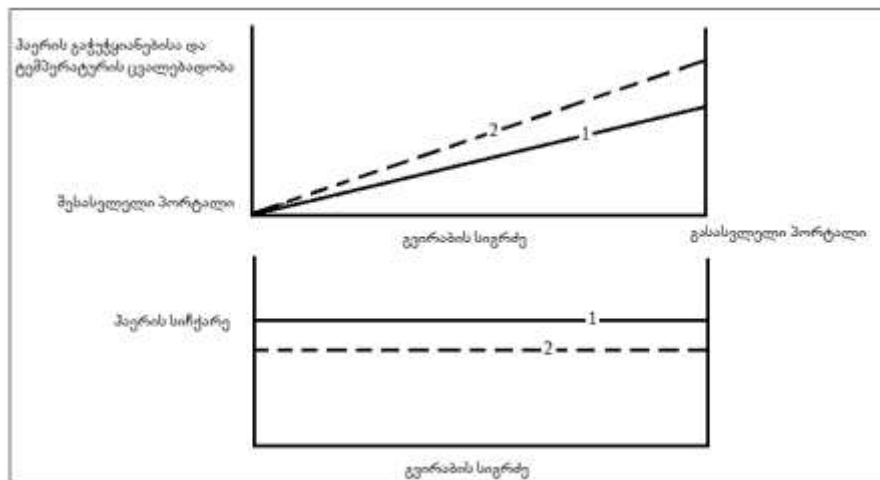
მიღება გამოირიცხულია. განსაკუთრებით შეეხება აღნიშნული საგანგებო ვენტილაციას, რომელიც გამოყენებული უნდა იქნეს ხანძრის შემთხვევაში.

ბუნებრივად განიავებადი გვირაბების ვენტილაციის პრინციპი ყოველთვის გრძივია და ის შესაძლებელია განხორციელდეს ნახ. 3.1-ზე მოცემულის ანალოგიურად: ორი პორტალის, პორტალისა და ჭაურის, ორი ჭაურის გამოყენებით. ნახ. 3.3-ზე წარმოდგენილია ბუნებრივი ვენტილაციის კონფიგურაცია ორი პორტალის გამოყენებით. ჰაერი მინარევებით ჭუჭყიანდება გვირაბის სიგრძის მიხედვით და მათი კონცენტრაცია, ტემპერატურის ანალოგიურად, მაქსიმალურ სიდიდეს აღწევს გასასვლელ პორტალთან. აღნიშნული წარმოდგენილია ნახ. 3.4-ზე.



ნახ. 3.3. ბუნებრივი ვენტილაცია ორი პორტალის გამოყენებით.

ნახ. 3.4-დან ჩანს, რომ იმ შემთხვევაში, თუ ბუნებრივი პირობების გამო ჰაერის სიჩქარე გვირაბში შემცირდება, მოხდება ჰაერის ტემპერატურისა და გაჭუჭყიანების მაჩვენებლის მატება გასასვლელ პორტალთან.



ნახ. 3.4. ბუნებრივი ვენტილაციისას სავენტილაციო ნაკადის მახასიათებლები:

1 - ბუნებრივი წვეის ორდინარული სიდიდე; 2 - ბუნებრივი წვეის შემცირებული სიდიდე.

ბუნებრივი ვენტილაციის „ამწევი ეფექტი“ („საკვამურის ეფექტი“) სავენტილაციო ჭაურის გამოყენების შემთხვევაში დამოკიდებულია: ჰაერის ტემპერატურათა სხვაობაზე ჭაურების პირთან, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია სამთო მასივის ტემპერატურაზე; ქარის სიჩქარესა და მიმართულებაზე; ჭაურის ვერტიკალურ სიმაღლეზე.

მექანიკური სავენტილაციო სისტემები დამონტაჟდა ქალაქის პირობებში მრავალ ავტოსაგზაო გვირაბებში, რომელთა ესქსლუატაცია მანამდე ბუნებრივი ვენტილაციის გზით ხდებოდა. ასეთი სისტემების დანიშნულებაა გაჭუჭყიანებული და გახურებული აირების არინება გვირაბიდან და აგრეთვე უსაფრთხო და ეფექტური ფუნქციონირება ხანძრის შემთხვევაში.

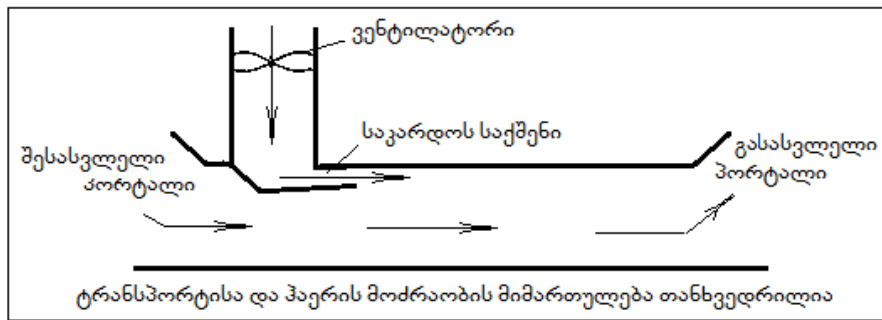
მექანიკური ვენტილაცია ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში გამოყენებული იქნა მას შემდეგ, რაც დადგენილ იქნა, რომ ბუნებრივი ვენტილაცია არ არის საკმარისი გვირაბის ეფექტურად განიავებისათვის. აღნიშნული მიდგომა ზოგად წესად უნდა ჩაითვალოს ანალოგიურ შემთხვევებში.

3.4. მექანიკური ვენტილაცია

3.4.1 გრძივი სავენტილაციო სისტემა

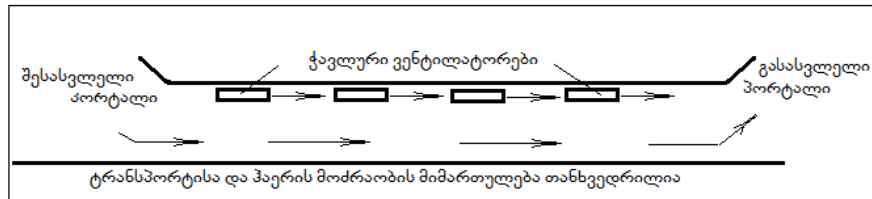
გრძივი ვენტილაციის სისტემა განიმარტება როგორც ისეთი სისტემა, რომლის დროსაც ჰაერის შეშვება, მისი ტრანსპორტირება და გაჭუჭყიანებული ჰაერის არინება ხდება გვირაბის სავალი ნაწილის გამოყენებით. ამ დროს ჰაერის შესასვლელი და გამოსასვლელი ადგილების რიცხვი მცირეა, ხოლო გვირაბში გაბატონებულია ჰაერის გრძივი ნაკადი. გვხვდება გრძივი ვენტილაციის სამი ტიპი: 1. ვენტილატორის მიწოდებული ჰაერის საქმენებიდან დიდი სიჩქარით გამოსვლის გზით, დამატებითი ჰაერის ნაკადის აღძვრა პორტალიდან ან ატმოსფეროსთან დაკავშირებული სხვა ღობიდან; 2. ჰაერის გრძივი ნაკადის აღძვრა ჭავლური ვენტილატორების დახმარებით, რომლებიც ერთმანეთისაგან დაშორებით განლაგებულია გვირაბის მთელ სიგრძეზე; 3. ჰაერის გრძივი ნაკადის აღძვრა ორტაქტიანი ჭაურების (ორმაგად სიმეტრიული) ხერხით.

საქმენების გამოყენებით გრძივი სავენტილაციო სისტემა, რომელსაც სხვანაირად საკარდოს (მეცნიერის გვარიდან Saccardo) სისტემა ეწოდება, ფართოდ გამოიყენება სარკინიგზო გვირაბებში, ხოლო ზოგჯერ - საავტომობილოშიც. გვირაბში ჰაერს ჭირხნიან საკარდოს საქმენების მეშვეობით გვირაბის რომელიმე პორტალიდან, ტრანსპორტის ნაკადის თანხვედრილი მიმართულებით. დამატებითი ჰაერის ნაკადის წატაცება ექვეციით (საქმენების გავლენით) და დგუშური ეფექტით (ტრანსპორტის მოძრაობის გავლენით) ხდება. გვირაბის სიგრძის მიხედვით ჰაერის ნაკადის სიჩქარე უცვლელია, ხოლო ტემპერატურა და ჰაერში მინარევები სიგრძის მიხედვით წრფივი კანონზომიერებით მატულობენ. არახელსაყრელი გარემო პირობები ამცირებენ საკარდოს სისტემის ეფექტურობას. გვირაბის სიგრძის ზრდით ან ჰაერის ხარჯის შემცირებით ტოქსიკური მინარევების კონცენტრაცია და ტემპერატურა კიდევ უფრო მკვეთრად მატულობს. ვენტილაციის აღნიშნული სისტემა წარმოდგენილია ნახ. 3.5-ზე.



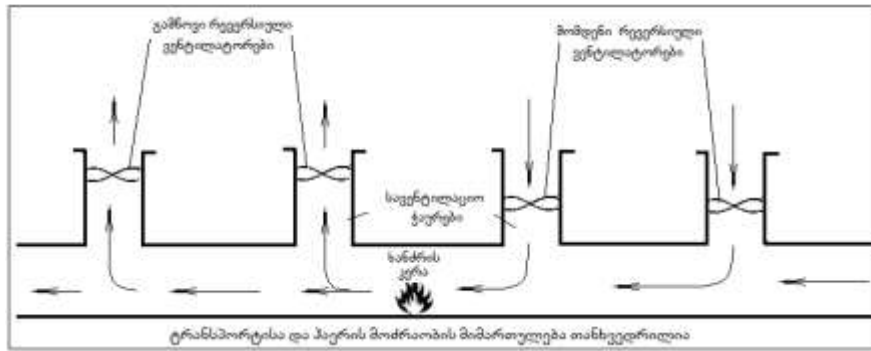
ნახ. 3.5. გრძივი ვენტილაცია საკარდოს საქმენის გამოყენებით.

გრძივი ვენტილაციის ჭავლური ტიპი ეფუძნება ჭავლური ღერძული ვენტილატორების გამოყენებას, რომლებსაც აქვთ 2000-3000 პა სტატიკური წნევა და ვენტილატორიდან გამოსულ ჰაერს ანიჭებენ 30-40 მ/წმ სიჩქარეს. ვენტილატორები მონტაჟდება ჭერში ერთმანეთისაგან 60-ჯერადი ჰიდრავლიკურ რადიუსის (დაახლოებით 120 მ-ის) დაშორებით. ჰაერის ნაკადი, საკარდოს საქმენიდან გამოდევნილი ჰაერის ანალოგიურად, ექვეციით აღძრავს ჰაერის დამატებით ნაკადს, რომელიც მოძრაობს გვირაბში გრძივად, ტრანსპორტის მოძრაობის მიმართულებით თანხვედრილად. ამ შემთხვევაშიდაც, გვირაბის სიგრძის მიხედვით ჰაერის ნაკადის სიჩქარე უცვლელია, ხოლო ტემპერატურა და ჰაერის მინარევები სიგრძის მიხედვით წრფივი კანონზომიერებით მატულობენ. ჭავლურ პრინციპზე დაფუძნებული ვენტილაციის სისტემა წარმოდგენილია ნახ. 3.6-ზე.



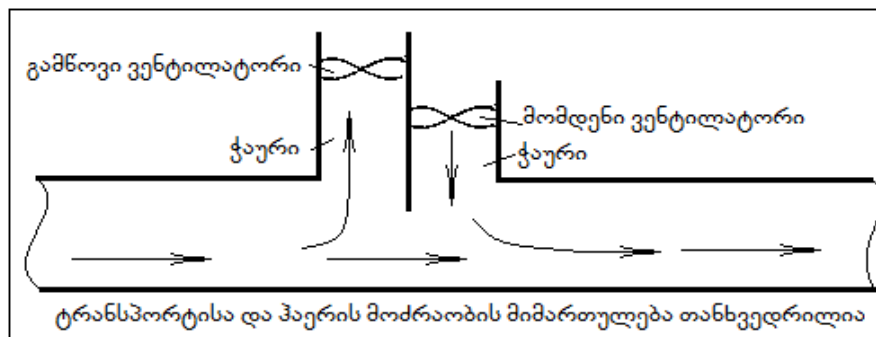
ნახ. 3.6. გრძივი ვენტილაცია ჭავლური ვენტილატორების გამოყენებით.

ჰაერის გრძივი ნაკადის აღძვრა ორტაქტიანი ჭაურების (ორმაგად სიმეტრიული) ხერხით პირველ რიგში გამოიყენება მეტროს გვირაბებში, სადაც ვერტიკალური ჭაურების მეშვეობით მიწისქვეშა სივრცე უკავშირდება ატმოსფერულ გარემოს (ნახ. 3.7). ჭაურებში დამონტაჟებულია რევერსიული ვენტილატორები, რომლებიც გამოიყენება ჭაურებს შორის გრძივი ნაკადის შესაქმნელად. ასეთი სისტემის ძირითადი მიზანი არის კვამლისა და წვის პროდუქტების კონტროლი გვირაბში ხანძრის შემთხვევისათვის.



ნახ. 3.7. გრძივი ვენტილაცია ორტაქტიანი ჭაურების (ორმაგად სიმეტრიული) ხერხით.

გრძივი სისტემის სხვა ალტერნატივაა შეწყვილებული ჭაურების გამოყენება, რომლებიც აგებულია გვირაბის ან გვირაბის სექციის ცენტრში მათგან ერთი ჭაურით ხდება სუფთა ჰაერის მიწოდება, ხოლო მეორეთი გაჭუჭყიანებული ჰაერის გაწოვა (ნახ. 3.8). ასეთი სქემის დროს გვირაბის ერთ ნახევარზე (მოდენის მხარეზე) უფრო სუფთა და ნაკლები ტემპერატურის მქონე ჰაერია, ხოლო მეორე ნახევარზე (გაწოვის მხარეზე) ჰაერი უფრო გაბინძურებული და მაღალი ტემპერატურისაა.



ნახ. 3.8. გრძივი ვენტილაცია შეწყვილებული ჭაურების გამოყენებით.

ამინდის არახელსაყრელი პირობების შემთხვევაში შესაძლებელია ჰაერის ხარჯის შემცირება, რასაც შედეგად მოყვება ჰაერის ტემპერატურის ზრდა და ტოქსიკური ნაერთების კონცენტრაციის მატება. შესაძლებელია აგრეთვე სავენტილაციო ნაკადის „მოკლედ ჩართვა“. ეს ის შემთხვევაა, როცა მიწოდებული ჰაერი გვირაბის მთელ სიგრძეზე კი არ გადაადგილდება, არამედ მისი გაწოვა ხდება იქვე.

3.4.2. განივი სავენტილაციო სისტემა

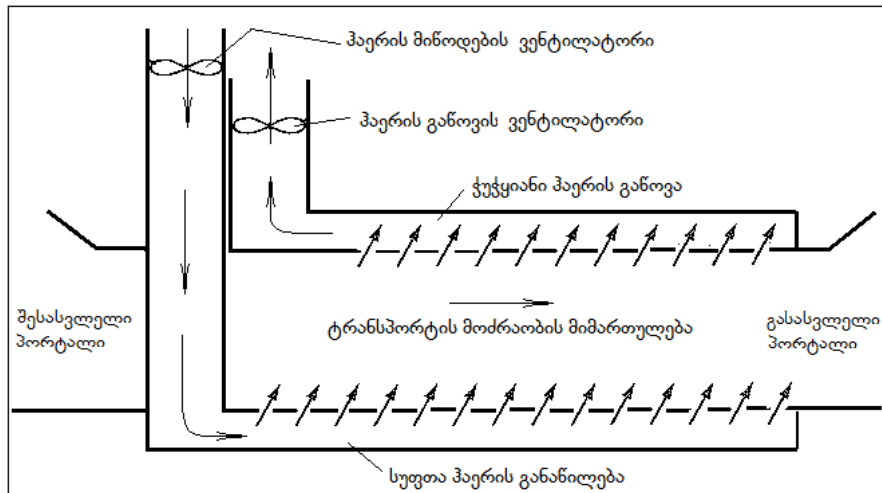
განივი სავენტილაციო სისტემის დროს უზრუნველყოფილია გვირაბის სიგრძის მიხედვით როგორც სუფთა, ისე გაჭუჭყიანებული ჰაერის თანაბარი განაწილება. აღნიშნული შეეხება აგრეთვე ჰაერის ტემპერატურასაც. გავრცელებულია განივი სისტემის

სამი კონფიგურაცია: სრული განივი; ნახევრად განივი გაჭუჭყიანებული ჰაერისათვის და ნახევრად განივი სუფთა ჰაერისათვის.

- სრული განივი სავენტილაციო სისტემა შეიცავს გვირაბის სავალი ნაწილის პარალელურ სუფთა ჰაერის მისაწოდებელ და გაჭუჭყიანებული ჰაერის ასარინებელ სავენტილაციო არხებს, რომლებიც შესაძლებელია მოწყობილი იქნეს გვირაბის პარალელურ შტოლნაში, გვირაბის თაღში ან იატაკს ქვემოთ (ნახ. 3.9).

სრული განივი სავენტილაციო სისტემა პირველად დამუშავებული იქნა აშშ-ის ჰოლანდის საავტომობილო გვირაბისათვის, რომელიც მდებარეობს ნიუ-იორკსა და ნიუ-ჯერსის შორის. წნევათა საგრძნობი სხვაობა სავენტილაციო არხებსა და სავალ ნაწილს შორის აუცილებელია ვენტილაციის გამართული ფუნქციონირებისათვის ექსპლუატაციის ყველა პირობებში. აღნიშნული სისტემა ძირითადად გამოიყენება გრძელ საავტომობილო გვირაბებში და ნაკლები გავრცელება ჰპოვა მეტროებისა და სარკინიგზო გვირაბების ვენტილაციისათვის.

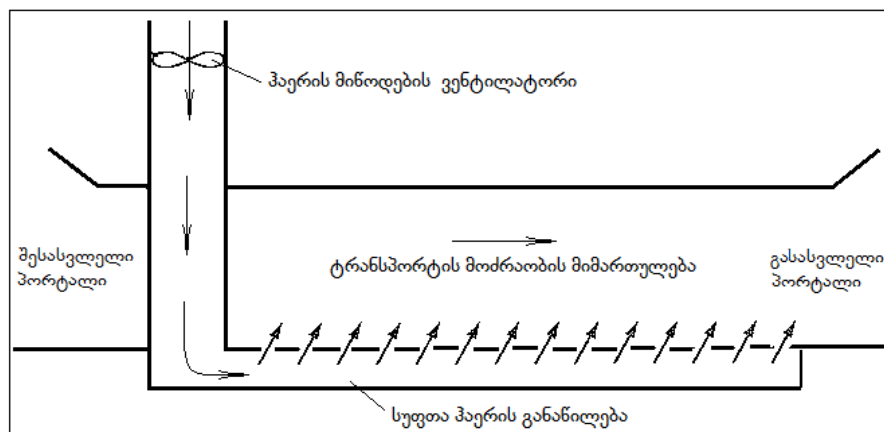
აშშ-ის გვირაბ „მემორიალში“ ჩატარებულმა ვენტილაციის სახანძრო უსაფრთხოებისადმი მიძღვნილმა ცდებმა აჩვენა (MTFVTP, 1995), რომ ძლიერი ხანძრის შემთხვევაში, სრული განივი სისტემის შემთხვევაშიც კი, ძნელია ხანძრის დროს გამოყოფილი კვამლისა და ტოქსიკური ნაერთების გაკონტროლება და ისინი მიემართებიან გრძელად, ტრანსპორტის ნაკადის მოძრაობის მიმართულებით. ამის გამო რეკომენდებულია უშუალოდ ხანძრის კერაზე გამწოვი არხები ბოლომდე გაიღოს, ხოლო შემწოვი არხები დაიკეტოს. აღნიშნულის შედეგად სუფთა ჰაერის მოძრაობის გრძივი გზა ხანძრის კერასთან გაზრდილია, რაც გენერირებული კვამლის უფრო უკეთესი მართვის საშუალებას იძლევა.



ნახ. 3.9. სრული განივი სავენტილაციო სისტემა.

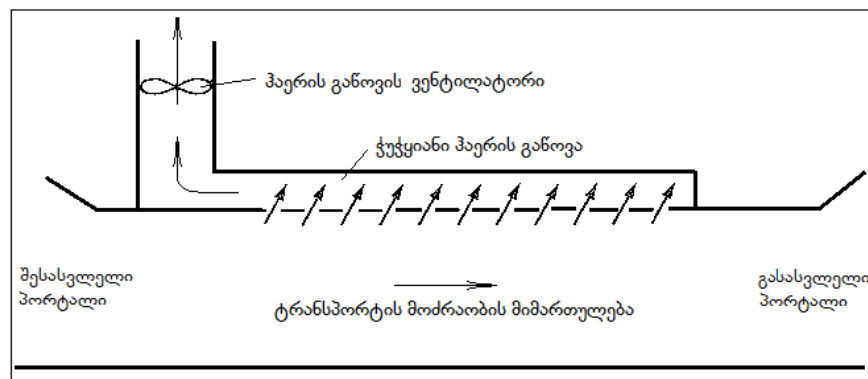
- ნახევრად განივი სავენტილაციო სისტემისათვის დამახასიათებელია სუფთა ჰაერის თანაბარი მიწოდება გვირაბის სიგრძის მიხედვით, ან გაჭუჭყიანებული ჰაერის თანაბარი გაწოვა იმავე სიგრძეზე.

სუფთა ჰაერის თანაბარი მიწოდების დროს, ანუ გაჭუჭყიანებული ჰაერის განდინებისას სავალ ნაწილზე (განივ-გრძივი წესისას), ნახევრად განივი სავენტილაციო სისტემა უზრუნველყოფს მინარევების კონცენტრაციისა და ტემპერატურის პრაქტიკულად მუდმივობას გვირაბის მთელ სიგრძეზე, რადგან ავტომობილების მიერ გამოყოფილი სითბო და ჰაერის მინარევები ერევა სუფთა ჰაერის ახალ-ახალ პორციაში. გენერაციასა და ჰაერის მატებას შორის პრაქტიკულად ერთნაირი ფარდობითი სიჩქარე არის დაცული (ნახ. 3.10). ხანძრის შემთხვევაში მიწოდებულმა ჰაერმა იდეაში უნდა მოახდინოს წვის მავნე პროდუქტებისა და ჭარბი სითბოს განეიტრალება. ამავ დროს, ხანძრის კერაზე მისაახლოებლად და მასზე ზემოქმედების მოსახდენად აუცილებელია პორტალებიდან ხდებოდეს სუფთა ჰაერის შემოდინება. აღნიშნულის გამო, გამოყენებული ვენტილატორები უნდა იყოს რევერსირებადი და უნდა შეიძლებოდეს სავენტილაციო ნაკადის რევერსირება.



ნახ. 3.10. მომდენი ნახევრად განივი სისტემა (განივ-გრძივი).

გაჭუჭყიანებული ჰაერის თანაბარი გაწოვის დროს, ანუ როცა სუფთა ჰაერის შემოდინება ხდება გრძივი წესით (გრძივ-განივი წესისას), სისტემისათვის დამახასიათებელია გრძივის ნაკლი, რაც ისაა, რომ ჰაერის ტემპერატურა და მინარევების კონცენტრაცია, ცალმხრივი მოძრაობის გვირაბის შემთხვევაში, მაქსიმალურ სიდიდეებს აღწევენ გასასვლელ პორტალში (ნახ. 3.11).



ნახ. 3.11. გამწოვი ნახევრად განივი სისტემა (გრძივ-განივი).

ორმხრივი მოძრაობის გვირაბში კი აღნიშნულ მაქსიმალურ სიდიდეებთან საქმე გვექნება გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში, რომლის ზუსტი ადგილმდებარეობა განპირობებული იქნება მეტეოროლოგიური ფაქტორებითა და მოძრაობის სიხშირით განპირობებული დგუშური ეფექტით. ხანძრის შემთხვევაში ასეთ სისტემას შეუძლია წვის პროდუქტების გაწოვა, მაგრამ ძლიერი ხანძრის დროს ძნელია სრული გაწოვის უზრუნველყოფა.

აღნიშნული არის „კლასიკური“ მიდგომა საკითხისადმი, ანუ სხვადასხვა სახელმძღვანელოებში აღწერილი, რომელიც აქ უცვლელად მოვიტანეთ. ჩვენი მოსაზრება მოცემულია მომდევნო აბზაცში.

შეუძლებელია ამას დაეთანხმო: განივ-გრძივი წესისას აღნიშნულია, რომ საჭიროა სისტემის რევერსირება იმისათვის, რომ შევძლოთ ხანძრის კერაზე მისვლა და ხანძარზე ზემოქმედება. ვენტილატორების რევერსირებას ესაჭიროება დრო, ჯერ უნდა გაჩერდეს, ხოლო შემდეგ ამუშავდეს საპირისპირო ბრუნვაზე. კიდევ უფრო მეტი დრო ესაჭიროება სავენტილაციო ნაკადის რევერსირებას. საშუალო სიგრძისა და გრძელი გვირაბის შემთხვევისათვის რევერსირების შედეგის ლოდინი სრულიად უსარგებლოა სიცოცხლის გადარჩენის თვალსაზრისით და აგრეთვე მატერიალური ფასეულობების დასაზოგად. ამიტომ ხარვეზის მიუხედავად, უფრო მიზანშეწონილია გრძივ-განივი წესის გამოყენება, რომლი დროსაც საჭირო აღარაა ხანძრის შემთხვევაში სავენტილაციო სისტემის რევერსირება და იმუშავებს იმავე რეჟიმში, როგორც ექსპლუატაციის ჩვეულებრივ პირობებში. რაც შეეხება ამ სისტემისათვის დამახასიათებელ ხარვეზს, აღნიშნულის შერბილება შესაძლებელია ენერგიული გაწოვით ცენტრში ორმხრივი მოძრაობის გვირაბის შემთხვევაში და ასიმეტრიული გაწოვით ცალმხრივი მოძრაობის გვირაბის შემთხვევაში, რაც ჩვენი მიზნებაა.

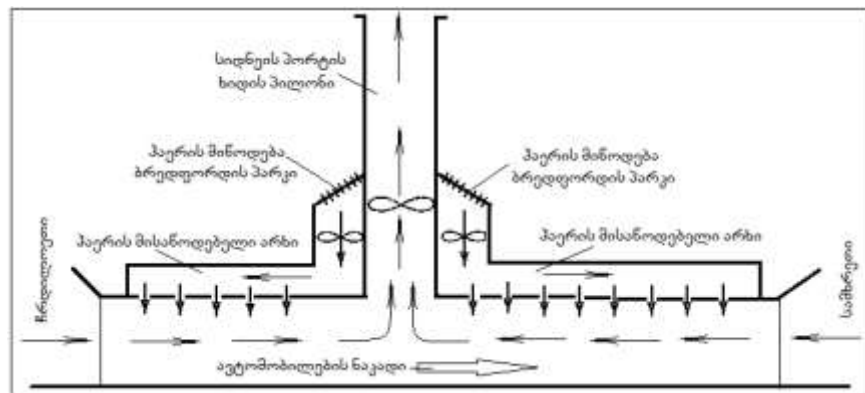
3.4.3 სისტემის გაუმჯობესებები

იმის მიუხედავად, რომ ბოლო 50 წელიწადში დამუშავებული სავენტილაციო სისტემები, ზემოაღნიშნული სისტემური აღწერიდან ერთ-ერთს მაინც შეესაბამება, პრაქტიკაში გვხვდება აღნიშნულ სისტემათა კომბინაციის მრავალი მიგნება. ვენტილაციის ინჟინრები კონკრეტული გვირაბების ადგილმდებარეობის მიხედვით უნიკალურ საპროექტო გადაწყვეტებს იყენებენ. აღნიშნული მკაფიოდ ჩანს ავსტრალიის მაგალითიდან. მკაცრი მოთხოვნები სიდნეის პორტის გვირაბზე წაყენებული იყო პორტალთან გამონაბოლქვების შემცირების მიზნით, დაპროექტება დაიწყო წინა საუკუნის 80-იანი წლების ბოლოს, როგორც ჩანს 3.12 ნახაზიდან აქ გამოყენებულია გრძივი და განივი სავენტილაციო სისტემების კომბინაცია დასახული მიზნის მისაღწევად.

საავტომობილო გვირაბებში გამოყენება ჰპოვა აგრეთვე რეგულირებადმა გამწოვმა დიფუზორებმა, რომელთა კვეთის რეგულირება ხდება დისტანციურად - საფარით. პირველად რეგულირებადი გამწოვი დიფუზორები გამოიყენეს ავსტრიაში კაჩბერგის

(Katsehberg) ტყუპ გვირაბებში, რომელთა სიგრძე არის 6 კმ და განლაგებულია ტაუერნის ტრასაზე.

აღნიშნული მოწყობილობების შემდგომი ფართო გამოყენება განაპირობეს კვლევითმა პროგრამებმა „ეურეკამ“ (EUREKA Programme, Studiengesellschaft Stahlanwendung, 1995) და მასაჩუსეტსის გზების დეპარტამენტის მიერ ჩატარებულმა MTFVTP ტესტმა. ამ უკანასკნელმა შედეგებმა მკაფიოდ აჩვენა, რომ გრძივი ვენტილაცია კვამლისა და ცხელი აირების მოძრაობის გაკონტროლებას წარმატებით ახორციელებს გამწოვი დიფუზორების გამოყენების შემთხვევაში. განზავება, რომელიც გვხვდება განივი ვენტილაციისას, ნაკლები წარმატებით ხასიათდება (გამოსაყენებელია მხოლოდ მცირე ხანძრების შემთხვევაში).



ნახ. 3.12. სიდნის პორტის გვირაბის სავენტილაციო სისტემის სქემა (1988).

აღსანიშნავია, რომ მექანიკური გამწოვი დიფუზორების პარალელურად გამოიყენება აგრეთვე დნობად დამცველებიანი დიფუზორები, რომელთა კვეთი მაქსიმალურად იღებოდა დამცველის დადნობის შემდეგ, მაგრამ უფრო უკეთესი შედეგები აჩვენა მექანიკურმა დისტანციურად მართვადმა გამწოვმა დიფუზორებმა. ისიც აღსანიშნავია, რომ მოხდა არსებული არაგაბარიტული ჩვეულებრივი გასაწოვი ღიობების გაფართოება, რასაც წარმატება არ მოჰყოლია.

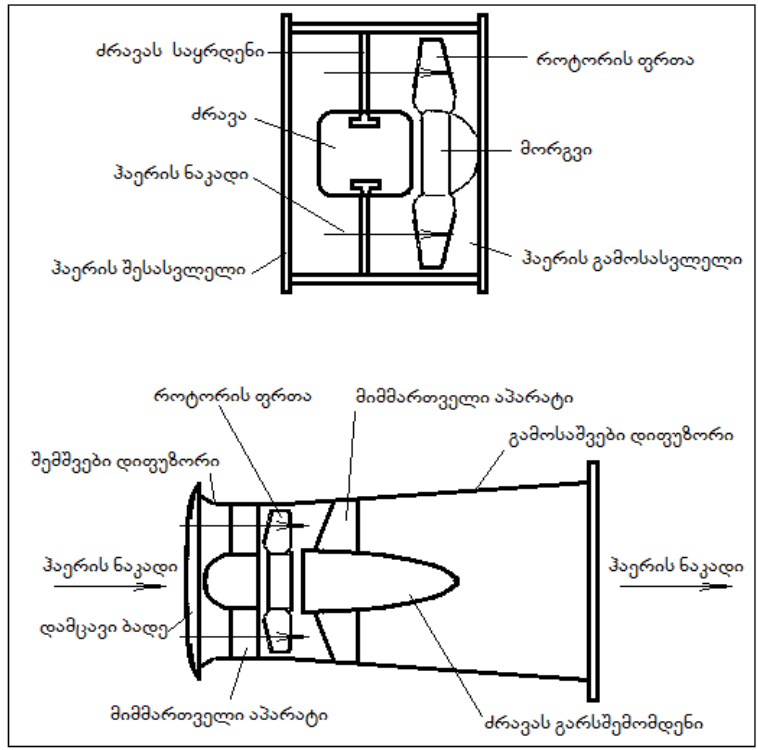
ამგვარად, გაწოვა განივი წესით, გამწოვი დიფუზორების გამოყენებით, ხოლო მიწოდება გრძივი წესით, არის ძირითადი დასკვნა ძლიერი ხანძრის შემთხვევისათვის, რომელიც უნდა გაკეთდეს ბოლო სამი აზრის მიხედვით.

3.5. სავენტილაციო სისტემის კომპონენტები

ყოველი გვირაბის სავენტილაციო სისტემა შედგენილია მრავალი კომპონენტისაგან, რომელთა შორის აღსანიშნავია: ვენტილატორი, ჰაერის რეგულატორი

(მომდენი ან გამწოვი დიფუზორი), ძრავა, საკონტროლო-საზომი და მართვის მოწყობილობები.

თავდაპირველად გვირაბებში უპირატესად ცენტრიდანული ვენტილატორები გამოიყენებოდა. ბოლო 30 წელიწადში ღერძულმა ვენტილატორმა უფრო მეტი ყურადღება დაიმსახურა. ღერძული ვენტილატორი, როგორც ჭავლური მოწყობილობა გამოიყენება გრძივი ვენტილაციის შემთხვევაში და 100%-ით რევერსირებად ვენტილატორად გამოიყენება მეტროს სავენტილაციო სისტემაში. ამასთან ერთად, სავენტილაციო ნაკადის მოძრაობის მიმართულების ელექტრულად შეცვლის შესაძლებლობა გახდა მნიშვნელოვანი ცეცხლისა და კვამლის მართვის მიზნით.



ნახ. 3.13. ღერძული ვენტილატორი.

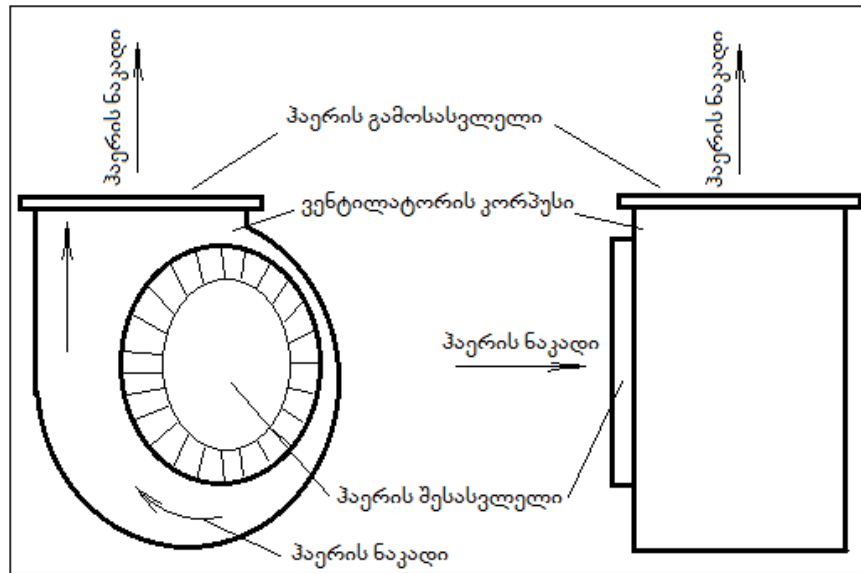
3.5.1 ვენტილატორები

ვენტილატორი არის მანქანა, რომელიც აეროდინამიკური მოქმედების შედეგად აღძრავს ჰაერის უწყვეტ ნაკადს. ვენტილატორს აქვს მბრუნავი როტორი, რომელზედაც დამაგრებულია ფრთები. ეს უკანასკნელები მოქმედებენ რა ჰაერზე, ანიჭებენ მას სიჩქარესა და წნევას. ვენტილატორი არის უცვლელი მოცულობის მანქანა, ამიტომ მის მიერ მიწოდებული ჰაერის მოცულობა მუდმივია ჰაერის სიმკვრივისაგან დამოუკიდებლად.

გვირაბების სავენტილაციო სისტემებში გამოიყენება ვენტილატორის ორი ძირითადი ტიპი: ღერძული და ცენტრიდანული. ვენტილატორის ტიპის შერჩევა ხდება საჭირო წარმადობისა და სტატიკური წნევის მიხედვით, შერჩევისას აგრეთვე მხედველობაში ღებულობენ გვირაბის კონფიგურაციას, სავენტილაციო შენობის შიდა სივრცეს.

3.5.2 ღერძული ვენტილატორი

ღერძული ვენტილატორი წარმოქმნის როტორის კორპუსის წარმოსახვითი გრძივი ღერძული ხაზის პარალელურ ჰაერის ნაკადს, რომლის სიჩქარის რადიალური მდგენელი ნულის ტოლია. როტორის კორპუსი ცილინდრულია და მასში როტორი ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას თავისი ღერძის ირგვლივ (ნახ. 3.13). გვირაბში გამოყენებულ ვენტილატორს უნდა ჰქონდეს მოსალოდნელი მაღალი სტატიკური წნევის განვითარების შესაძლებლობა და უნდა გაუძლოს მოსალოდნელ ტემპერატურას ხანძრის შემთხვევაში. როგორც აღინიშნა, ნაკადის რევერსირება ხშირად საჭირო ხდება გვირაბებში, ამიტომ ვენტილატორებს უნდა ჰქონდეს მისი შესაძლებლობა.



ნახ. 3.14. ცენტრიდანული ვენტილატორი.

3.5.3 ცენტრიდანული ვენტილატორი

ცენტრიდანულ ვენტილატორში ჰაერის მიწოდება ხდება მბრუნავი თვლის ღერძული მიმართულებით, შემდეგ ჰაერის ნაკადის მიმართულება იცვლება ღერძულიდან ცენტრიდანულში. აღნიშნულის გამო ვენტილატორის გამოსასვლელზე ჰაერის ნაკადი შემავალ ნაკადთან 90° -იან კუთხეს ქმნის. ორსაფეხურიანი ცენტრიდანული ვენტილატორი ორმაგი სიგანისაა და მას ორივე მხრიდან აქვს ჰაერის შესასვლელი, ხოლო გამოსასვლელი ამ შემთხვევაშიდაც ერთია.

3.5.4 გამწოვი დიფუზორი

ზოგჯერ მას ამორტიზატორს უწოდებენ, მისი დანიშნულებაა ჰაერის ნაკადის მართვა, რაც ხორციელდება დიფუზორის აეროდინამიკური წინააღმდეგობის ცვალებადობით. ის არეგულირებს ჰაერის ნაკადს იმის მსგავსად, რასაც ონკანი (სარქველი) აკეთებს წყალსადენის სისტემაში. გვხვდება ნამუშევარი ჰაერის გამწოვი და კვამლის გამწოვი დიფუზორები. ორივე მათგანში შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს გასაწევ-გამოსაწევი

და მბრუნავი ფრთები. მბრუნავი ტიპი შესაძლებელია იყოს ერთფრთიანი და მრავალფრთიანი. ყველა შემთხვევაში გამწოვი დიფუზორები გაანგარიშებული და დამზადებული უნდა იყოს მოსალოდნელი წნევისა და ტემპერატურისათვის. დისტანციურად მართვადი გამწოვი დიფუზორი, როგორც აღინიშნა, არის ძალზე ეფექტური წვის პროდუქტების გვირაბიდან ასარინებლად.

3.5.5 ძრავა

გვირაბის ვენტილატორების უმრავლესობა აღჭურვილია ელექტრული ძრავებით, შესაძლებელია ერთსა და იმავე ვენტილატორზე შერჩეული იქნეს სხვადასხვა ძრავა, აღნიშნულით მიიღწევა მწარმოებლობის გაზრდა ან შემცირება საჭიროების მიხედვით.

3.5.6 მართვის სისტემა

გვირაბის სავენტილაციო სისტემების მართვა შესაძლებელია ხელით ან ავტომატურად. ხელით მართვისას შესაძლებელია ლოკალური (ადგილზე) და დისტანციური მართვა. ამ დროს ოპერატორი მუდმივად უნდა იმყოფებოდეს მართვის ცენტრში. სრულად ავტომატიზებული მართვის სისტემები შესაძლებელია მუშაობდნენ ოპერატორის ზედამხედველობის გარეშე, მაგრამ, როგორც წესი, ამ შემთხვევაშიდაც იმყოფება ოპერატორი მართვის ცენტრში, რომელიც ყურადღებას აქცევს და უზრუნველყოფს მართვის სისტემის შეუფერხებელ მუშაობას.

3.5.7 ნაგებობები

ვენტილატორებისა და დამხმარე მოწყობილობების განსათავსებლად საჭიროა სათანადო ნაგებობები. აღნიშნულ ნაგებობებს მიეკუთვნებიან: სავენტილაციო შენობები, ჭაურები, არხები, ნახვრეტები. სავენტილაციო ჭაურებში შესაძლებელია დამონტაჟებული იქნეს ვენტილატორები ან მოქმედებდნენ ამ უკანასკნელთა გარეშე. ჭავლური ვენტილაციის შემთხვევაში ვენტილატორების განსათავსებელი ნაგებობა საჭირო არაა.

ყველა ნაგებობა ისეთი უნდა იყოს, რომ არსებობდეს მოწყობილობათა დათვალირების, მომსახურების, რემონტისა და მონტაჟ-დემონტაჟის შესაძლებლობა.

3.5.8 ტექნოლოგია

გვირაბების ვენტილაციის ტექნოლოგია განსაკუთრებით განვითარდა ბოლო 50 წლის განმავლობაში. აღნიშნული განვითარება უზრუნველყო მართვის ახალმა პრინციპებმა, ახალმა მიდგომამ, ცნობარებმა და სტანდარტებმა, რომლებსაც წარმატებით იყენებენ ვენტილაციის ინჟინრები.

1973 წელს ბრიტანეთის ჰიდრომექანიკური კვლევების ასოციაციამ (BHRA - the British Hydromechanics Research Association), რომელიც ახლა არის ბრიტანეთის ჰიდრომექანიკური კვლევების ჯგუფი (BHR Group Limited), მოაწყო საავტომობილო გვირაბების პირველი საერთაშორისო სიმპოზიუმი (First International Symposium on Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels) კენტის უნივერსიტეტში (the University of Kent at

Canterbury). ეს იყო პირველი მსგავსი ღონისძიება, სადაც ერთმანეთს შეხვდნენ ვენტილაციის ინჟინრები მთელი მსოფლიოდან და განიხილეს სათანადო თემები. აღნიშნული ღონისძიება გაგრძელდა, ჯერ ტარდებოდა ყოველ 3 წელიწადში ერთხელ, ხოლო ახლა ტარდება ყოველ 2 წელიწადში ერთხელ და გახდა ის ადგილი, სადაც ხდება ვენტილაციის სფეროში სიახლეების განხილვა. აღნიშნული ღონისძიებები ჩატარდა 1974, 1976, 1981, 1982, 1985, 1988, 1991, 1994, 1997, 2000, 2003, 2006, 2009, 2011, 2013), ჯერ-ჯერობით ბოლო, მე-16 სიმპოზიუმი ჩატარდა 2015 წლის 15-17 სექტემბერს ქსიეტლში, აშშ.

ბოლო წლებში დიდი გამოხმაურება ჰპოვა რუმინეთში გამართულმა მულტიდისციპლინურმა საერთაშორისო სიმპოზიუმებმა საერთო სახელით SIMPRO, რომელიც ტარდება 2 წელიწადში ერთხელ პეტრომანის უნივერსიტეტის ბაზაზე. 2014 წლიდან აღნიშნული კონფერენციების მუშაობაში როგორც საერთაშორისო სამეცნიერო კომიტეტის წევრი, ჩართულია ამ სტრიქონების ავტორი.

3.6. ანალიზი

პირველი კომპიუტერული საანალიზო მეთოდი გვირაბების ვენტილაციაში დამუშავებული იქნა ერთგანზომილებიანი ქსელის მოდელის სახით, რომელიც მანამდე გამოყენებული იყო მშენებელი ინჟინრების მიერ წყლის ნაკადებისათვის. ერთგანზომილებიანი ქსელის მოდელი არის შედარებით მარტივი და როცა იგი მიმართულია გვირაბში ჰაერის ნაკადებზე, შესაძლებელია სასარგებლო შედეგების მიღება. ყველაზე მნიშვნელოვანი ამ მხრივ აღმოჩნდა მეტროს მოდელი (SES - Subway Environment Simulation Model), რომელიც დამუშავდა როგორც აშშ-ის ტრანსპორტის დეპარტამენტის მიერ დაფინანსებული კვლევითი გრანტის ნაწილი 1975 წელს. აღნიშნულ სამუშაომდე გვირაბების ვენტილაციაში ყველა გაანგარიშება ხდებოდა ხელით.

გვირაბების ვენტილაციის ანალიზი შედარებით გაუმჯობესდა გამოთვლითი ჰიდროდინამიკის მეთოდის გამოყენებით (CFD - Computational Fluid Dynamic), რომელიც მანამდე დიდი ხნის განმავლობაში გამოიყენებოდა ავიაციაში. გვირაბების ვენტილაციაში აღნიშნული მეთოდის გამოყენება დაიწყო ბოლო 20 წლის განმავლობაში. აღნიშნული მეთოდით შესწავლილი იქნა გვირაბში ხანძრის განვითარების სხვადასხვა სცენარები. ხანძრის ანიმაციური წარმოდგენა ადვილად გასაგებს და თვალნათლივს ხდის ვენტილაციის გავლენას გვირაბებიდან კვამლისა და გაცხელებული აირების არინებაზე. ამასთან ერთად აღსანიშნავია, რომ მოდელირების შედეგები უნდა განიხილოს სათანადო ცოდნით აღჭურვილმა სპეციალისტმა, რათა არ მოხდეს მათი არასწორი ინტერპრეტაცია.

3.7. ცნობარები, წესები, სტანდარტები და სახელმძღვანელოები

ამჟამად სახეზეა მრავალრიცხოვანი ცნობარები, რომელიც გამოქვეყნებულია პროფესიული ასოციაციების მიერ და უზრუნველყოფენ გვირაბის ვენტილაციის

სათანადოდ განხილვას. აღნიშნული დოკუმენტების მოკლე ჩამონათვალი მოცემულია ცხრილში 3.1.

ცხრილი 3.1

ცნობარები გვირაბების ვენტილაციასა და სახანძრო უსაფრთხოებაში

ცნობარის დასახელება	სათანადო თავი	გამომშვები
მეტროს დაპროექტების ცნობარი, 1 ნაწილი. პრინციპები და გამოყენება.	მთელი ცნობარი	ინჟინრების ასოციაცია (1975)
გვირაბების საინჟინრო ცნობარი.	თავი 19, „გვირაბის ვენტილაცია“, თავი 20, „სახანძრო უსაფრთხოება“	ბიკელი (Bickel) და სხვ. (1996)
2011 ცნობარი (ASHRAE) - კლიმატკონტროლის გამოყენება.	თავი 15 „დახურული საავტომობილო ნაგებობები“	ოვენი (Owen) (2011)
ცნობარი „სახანძრო დაცვა“.	სექციები 21.7 და 21.11.	აშშ-ის ეროვნული სახანძრო დაცვის ასოციაცია (2011)
გვირაბების სახანძრო დაცვის ცნობარი.	მთელი ცნობარი	ბირდი და კარველი (2012)
სახანძრო დაცვა ავტომობილებსა და გვირაბებში.	მთელი ცნობარი	Alba Fachverlag (2005)

მეტროს დაპროექტების ცნობარი, რომელიც მოამზადა ინჟინრების ასოციაციამ და გამოქვეყნდა 1975 წელს, როგორც უკვე აღინიშნა, დამუშავდა აშშ-ის ტრანსპორტის დეპარტამენტის მიერ დაფინანსებული კვლევითი გრანტით. აღნიშნული ცნობარი შეფასებითი ხასიათისაა და დაწვრილებით აღწერს დაპროექტების პროცესს.

თითქმის იმავე პერიოდში, აშშ-ის სახანძრო უსაფრთხოების ეროვნულმა ასოციაციამ (NFPA), დააფინანსა მეტროს გვირაბებისათვის სახანძრო უსაფრთხოების სტანდარტის დამუშავება. NFPA 502T-საცდელი სტანდარტი შემოღებული იქნა 1972 წელს, 1975 წელს გაუქმდა, 1980 წლიდან NFPA-ს კომიტეტმა გადაამუშავა დოკუმენტი, როგორც რეკომენდებული პრაქტიკა და დაამატა თავი ჰაერის მართებულ სტრუქტურებზე, რომელიც შემოღებული იქნა სამოქმედოდ 1981 წელს NFPA-ს ყოველწლიურ შეხვედრაზე, რაც კონფერენციის მსგავსი ღონისძიებაა. ამ პერიოდიდან სტანდარტის დასახელებაა NFPA 502.

მცირე შესწორება შეიტანეს 1987 წლის გამოცემაში წყლით მომარაგებასთან დაკავშირებით. 1992 წელს დაემატა ახალი რეკომენდებული პრაქტიკა.

1996 წლის გამოცემაში შეტანილია თავი გვირაბებში ტოტალური რევიზიის შესახებ. აგრეთვე დაემატა მოთხოვნები გვირაბებში ახალი მასალების გამოყენების რევიზიის შესახებ და კარგი სტრუქტურისადმი წაყენებული მოთხოვნების შესახებ.

1998 წლის გამოცემა დამუშავდა საავტომობილო ტრანსპორტისა და გზატკეცილების სახანძრო უსაფრთხოების კომიტეტთან (Technical Committee on Motor Vehicle and Highway Fire Protection) ერთად. კერძოდ, კრიტიკულად გადაამუშავდა თითქმის ყველა თავი და დაემატა ახალი მე-7 თავი, რომელშიდაც შევიდა კვლევების შედეგები ვენტილაციის სახანძრო უსაფრთხოების ტესტირებასთან დაკავშირებით აშშ-ის გვირაბში „მემორიალი“, რომელიც იყო მიტოვებული გვირაბი დასავლეთ ვირჯინიაში, აღიჭურვა ყველანაირი სავენტილაციო სისტემებით, გამოხში აპარატურით და მოხდა სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრების ტესტირება.

2001 წლის გამოცემაში საგანგებო განათებაზე და საგანგებო გასასვლელებს შორის ოპტიმალური მანძილებზეა ყურადღება გამახვილებული. აგრეთვე მოხდა რედაქციული ხასიათის მნიშვნელოვანი შესწორებები. განმარტებულია აგრეთვე გვირაბის სიგრძეზე დამოკიდებით ნორმის გამოყენება.

2004 წლის ვერსიაში არის მოთხოვნები ბეტონისა და არმატურის მიმართ, საგანგებო განათების მიმართ, საგანგებო გასასვლელებს შორის მანძილთან დაკავშირებით. ამავე გამოცემის დანართ A-ში მოცემულია ახალი კვლევების შედეგები მსოფლიო მასშტაბით.

2008 წლის გამოცემა ამატებს სპეციალურ მოთხოვნებს ხანძრის ტესტებზე გვირაბის სტრუქტურულ ელემენტებთან მიმართებაში და შეიცავს განმარტებებს საგზაო გვირაბების კატეგორიებად დაყოფასთან დაკავშირებით; აგრეთვე განიხილავს საკითხებს სათანადო ვენტილაციის, საიმედო გარემოსა და სახიფათო ტვირთების ტრანსპორტირების რევიზიის შესახებ; სადისკუსიო თემების რევიზია არის აგრეთვე დანართ E-ში ხანძრის საქრობი ფიქსირებული სისტემების სახით.

დაბოლოს, 2011 წლის გამოცემაში უფრო დასაბუთებული მოთხოვნებია გვირაბის (უსაფრთხოების) სისტემების მიმართ გვირაბების კატეგორიის მიხედვით. დამატებულია მე-9 თავი წყლით ხანძრის საქრობი სისტემების შესახებ. დოკუმენტში აგრეთვე დამატებული არის სისტემის კონტროლისა და პერიოდული ტესტირების შესახებ მასალა, აგრეთვე განახლებულია დანართი სიცოცხლისა და მატერიალური ფასეულობების გადასარჩენ დაპროექტების ფაქტორებზე.

მნიშვნელოვანია აღნიშნული სტანდარტის ყველა მოთხოვნა. აქ მოვიტანთ ამონარიდებს, რომლებიც მკაფიოდ აჩვენებენ, რომ: 1. ბოლო მოდერნიზაციის შემდეგაც რიკოთის გვირაბის სავენტილაციო სისტემა არ შეესაბამება სტანდარტის მოთხოვნებს; 2. ჩაქვი-მახინჯაურის ტყუპ საავტომობილო გვირაბებში უნდა მოეწყოს საგანგებო ვენტილაციის სისტემა.

აშშ-ის ეროვნული სახანძრო დაცვის ასოციაციის 502 სტანდარტის 11.1 პუნქტი მოითხოვს საგანგებო სავენტილაციო სისტემისა და გვირაბის ექსპლუატაციის ისეთნაირ დაგეგმვას, რომ მაქსიმალურად იქნეს გამოყენებული გვირაბის ჩვეულებრივი რეჟიმის სავენტილაციო სისტემა, გვირაბში მომხდარი ხანძრის შედეგების, ნამწვი და ტოქსიკური აირებისა და კვამლის კონტროლისა და გვირაბიდან არინებაზე.

240 მ-ზე ნაკლები სიგრძის გვირაბის შემთხვევაში აღნიშნული სტანდარტის 11.1.1 პუნქტი ითვალისწინებს ინჟინრული ანალიზის საფუძველზე უსაფრთხოების დაგეგმვას ბუნებრივი ფაქტორების, ტრანსპორტის სახეობის, მოძრაობის ხასიათისა და სხვა მსგავსი მაჩვენებლების მიხედვით და არ ითვალისწინებს საგანგებო ვენტილაციის მოწყობის აუცილებლობას. ამ უკანასკნელი აზრადან ცხადია, რომ 240 მ-ზე გრძელ გვირაბს, კერძოდ, ჩაქვი-მახინჯაურის ტყუპ გვირაბებს ესაჭიროებათ საგანგებო სავენტილაციო სისტემა.

საავტომობილო ტრანსპორტის მსოფლიო ასოციაცია (ძველი დასახელება - საგზაო კონგრესების მუდმივმოქმედი საერთაშორისო ასოციაცია), რომელიც ცნობილია ლათინური აბრევიატურით PIARC, ბოლო 40 წლის განმავლობაში სისტემატურად აქვეყნებს ტექნიკურ მოხსენებებს გვირაბების ვენტილაციასთან და უსაფრთხოებასთან დაკავშირებით. სახანძრო უსაფრთხოებაზე აღნიშნულმა ასოციაციამ გამოაქვეყნა ძალზე მნიშვნელოვანი დოკუმენტები, რომლებიც მოცემულია ცხრილში 3.2.

ცხრილი 3.2

საგზაო კონგრესების მუდმივმოქმედი საერთაშორისო ასოციაციის (PIARC-ის) მიერ გამოაქვეყნებული ტექნიკური მოხსენებები გვირაბების ვენტილაციაზე და უსაფრთხოებაზე

PIARC-ის პუბლიკაცია	მოხს. N	შენიშვნა
მოხსენებები მსოფლიო საგზაო კონგრესებზე		
<i>Report to the XVth World Road Congress, Mexico City</i>	-	Road Tunnels Committee, 1975
<i>Report to the XVth World Road Congress, Vienna</i>	-	Technical Committee of Road Tunnels, 1979
<i>Report to the XVth World Road Congress, Sydney</i>	-	Technical Committee of Road Tunnels, 1983
<i>Report to the XVth World Road Congress, Brussels</i>	-	Technical Committee of Road Tunnels, 1987
<i>Report to the XVth World Road Congress, Marrakech</i>	19.05. B	Technical Committee of Road Tunnels, 1991
<i>Report to the XVth World Road Congress, Montreal</i>	20.05. B	Technical Committee of Road Tunnels, 1995
<i>Report to the XVth World Road Congress, Kuala Lumpur</i>	21.05. B	PIARC, 1999
ტექნიკური მოხსენებები		
Classification of Tunnels, Existing Guidelines and Experiences, Recommendations	05.03. B	PIARC, 1995
<i>Road Tunnels: Emissions, Environment, Ventilation</i>	05.02. B	PIARC, 1996a
<i>Road Safety in Tunnels</i>	05.04. B	PIARC, 1996b
<i>Fire and Smoke Control in Road Tunnels</i>	05.05. B	PIARC, 1999
<i>Pollution by Nitrogen Dioxide in Road Tunnels</i>	05.09. B	PIARC, 2000
<i>Road Tunnels: Vehicle Emissions and Air Demand for Ventilation</i>	05.14. B	PIARC, 2004
Systems and Equipment for Fire and Smoke Control in Road Tunnels	05.16. B	PIARC, 2007a
<i>Integrated Approach to Road Tunnel Safety</i>	2007R07	PIARC, 2007b
Road Tunnels: A Guide to Optimising the Air Quality	2008R04	PIARC, 2008a

Impact upon the Environment		
<i>Road Tunnels: An Assessment of Fixed Fire Fighting Systems</i>	2008R07	PIARC, 2008b
<i>Human Factors and Road Tunnel Safety Regarding Users</i>	2008R17	PIARC, 2008c
<i>Tools for Road Tunnel Safety Management</i>	2009R08	PIARC, 2009
<i>Road Tunnels: Operational Strategies for Emergency Ventilation</i>	2011R02	PIARC, 2011

3.8.1 ტესტირება

ბოლო 20 წლის განმავლობაში ჩატარდა მნიშვნელოვანი გამოკვლევები გვირაბებში ხანძრის ნატურალური მიმდინარეობის შესახებ. ზემოაღნიშნულმა კვლევითმა პროგრამებმა „ეურეკამ“ (EUREKA Programme, Studiengesellschaft Stahlanwendung, 1995) და მასაჩუსეტსის გზების დეპარტამენტის მიერ ჩატარებულმა MTFVTP ტესტმა მოგვცა უზარმაზარი უპირატესობა გვირაბებში ხანძრის განვითარების სცენარებთან დაკავშირებით. აღნიშნულმა დაკვირვებებმა მკაფიოდ აჩვენა სათანადოდ დაპროექტებული და დამონტაჟებული ვენტილაციის შესაძლებლობები გახურებული აირებისა და კვამლის გვირაბებიდან არინების საქმეში.

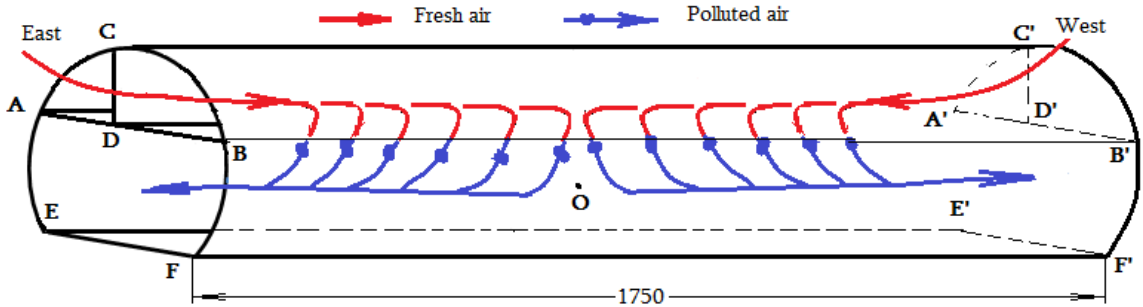
3.8.2 ვენტილაციის განვითარება მომავალში

ვენტილაციის მომავალი დაკავშირებულია ანალიზური მეთოდებისა და ინსტრუმენტების განვითარებასთან. აღნიშნული მიღწევადია ახალი მოდელების დამუშავებით და მათი გამოცდით. ძირითადი ყურადღება უნდა გამახვილდეს უსაფრთხოებაზე, რომელსაც კიდევ უფრო გადამწყვეტი მნიშვნელობა მიენიჭება მომავალში. ავარიული ვენტილაციის მნიშვნელობა და შეფასება იქნება უფრო ადეკვატური, რომლითაც გამოიკვეთება მისი წილი გვირაბის უსაფრთხოების ინტეგრირებულ მაჩვენებელში. უნდა იარსებოს შესაძლებლობამ სახანძრო უსაფრთხოების ნებისმიერი შემოთავაზებული სისტემის დანარჩენ სისტემებზე გავლენის შესაფასებლად. მაგალითად, სახანძრო უსაფრთხოების შემოთავაზებული სისტემა თავის თავში უნდა მოიცავდეს ავარიულ ვენტილაციას, მარშრუტზე გასვლას და ხანძრის ჩაქრობას დაფიქსირებულ კერაზე. გარდა ამისა, სისტემის კონკრეტული გაუმჯობესებები უნდა იყოს მომავალში, რომლებიც ხანძრებთან გამკლავებაში დაგვეხმარება. მათ რიცხვში შედის, ხანძრის დროული აღმოჩენისა და მისი ადგილმდებარეობის დადგენის უფრო უკეთესი სისტემების დამუშავება, რომლებიც წარმატებით იმოქმედებენ გვირაბის პირობებში და უსაფრთხოების ზომების დროულ ამოქმედებას ხელს შეუწყობენ. ხანძრის განვითარების სხვადასხვა სცენარების შესწავლა მიწისქვეშაში მონაწილე მასალებისა და ხანძრის სიმძლავრის მხედველობაში მიღებით. თეორიულმა ანალიზმა და გვირაბებში ჩატარებულმა ბოლო ექსპერიმენტულმა და ნატურულმა გამოკვლევებმა აღნიშნულის საჭიროება გამოკვეთა.

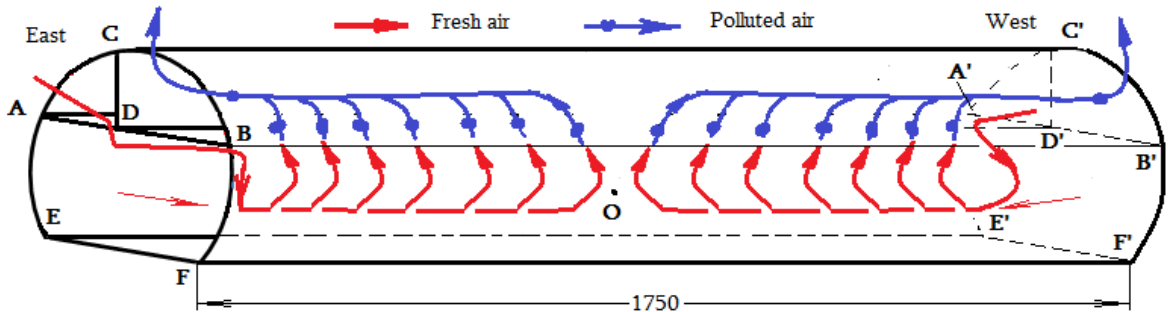
4. რიკოტის გვირაბის ვენტილაცია

4.1. ვენტილაციის სქემა მოდერნიზაციის შემდეგ

რიკოთის გვირაბი არის ორმხრივი მოძრაობის. რიკოთის საავტომობილო გვირაბში გამოყენებულია ნახევრად განივი სავენტილაციო სისტემა. ნახ. 4.1-ზე წარმოდგენილია რიკოთის გვირაბის მოდერნიზებული ვენტილაციის სქემა მუშაობის ჩვეულებრივ რეჟიმში, ხოლო 4.2-ზე ვენტილაციის სქემა სახანძრო რეჟიმში.



ნახ. 4.1. რიკოთის საავტომობილო გვირაბის ჩვეულებრივი სამუშაო რეჟიმის ნახევრად განივი მომდენი სავენტილაციო სისტემა: გვირაბის თაღური ნაწილი მთელ სიგრძეზე გაყოფილია ACD-A'C'D' ჩვეულებრივი რეჟიმის და DCB-D'C'B' საგანგებო რეჟიმის სავენტილაციო არხებად; ACD-A'C'D' არხში აღმოსავლეთის და დასავლეთის პორტალებთან დამონტაჟებულია ჩვეულებრივი რეჟიმის ღერძული ვენტილატორები, რომლებიც თაღის გადახურვის 124 ცალი სავენტილაციო ღიობის მეშვეობით სუფთა ჰაერს აწვდიან სატრანსპორტო ზონაში, საიდანაც გაჭუჭყიანებული ჰაერი პორტალების მეშვეობით უბრუნდება ატმოსფეროს. ჩვეულებრივ სამუშაო რეჟიმში, გვირაბის სატრანსპორტო ზონაში, გაჭუჭყიანებული ჰაერის მდინარეა ხდება გვირაბის ცენტრიდან (O წერტილიდან) პორტალებისაკენ.



ნახ. 4.2. რიკოთის საავტომობილო გვირაბის ნახევრად განივი ტრანსფორმირებული სავენტილაციო სისტემა საგანგებო რეჟიმში: სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება ACD-A'C'D' ჩვეულებრივი რეჟიმის სავენტილაციო არხის მეშვეობით პორტალებიდან 96 მ მანძილზე არსებული 8 მ² განივი კვეთის ფართობის ღიობებიდან პირდაპირ სატრანსპორტო ზონაში ACD და A'C'D' კვეთებში დამონტაჟებული ვენტილატორების მეშვეობით, გაჭუჭყიანებული ჰაერის გაწოვა ხდება DCB-D'C'B' საგანგებო რეჟიმის სავენტილაციო არხის მეშვეობით, რომელშიდაც ჰაერი მოხვდება 15 ცალი 8 მ² ფართობის იმ კონკრეტული ღიობებიდან, რომლებიც იქნება გაღებული ხანძრის კერის ადგილმდებარეობის მიხედვით.

4.1.1 გვირაბის გეომეტრია:

1. სიგრძე -1750 მ;

2. სიმაღლე - 7,23 მ;
3. სიგანე - 10 მ;
4. სავალი ნაწილის სიგანე - 8 მ;
5. თაღური ნაწილის ზომები: $CD=2,11$ მ; $AB=AD+DB+$ კედლის სისქე $=3,50+4,76+0,20=8,46$ მ; არხის ფართობები: $S_{ACD}= 5$ მ², $S_{CBD}= 7,68$ მ²;
6. ჩვეულებრივი რეჟიმის სავენტილაციო არხის მოწყობილობები: ორივე პორტალიდან 100 მ მანძილზე დამონტაჟებულია ჰერმეტიკული კარები, რომელიც დისტანციურად იკეტება საგანგებო რეჟიმის დროს; (0,50X0,35 მ) 0,175მ² ფართობის 124 ცალი სავენტილაციო ღიობი იწყება ჰერმეტიკული კარების მიღმა და 12 მ ბიჯით ფარავს სავენტილაციო არხის მთელ სიგრძეს; ამგვარად როგორც აღმოსავლეთის, ისე დასავლეთის ფრთაზე გვაქვს 62-62 ცალი სავენტილაციო ღიობი; ყველა მათგანი გაღებულია თანაბრად, ნომინალური ფართობის 50%-ით და მყარად არის დაფიქსირებული მაჩვენებელზე (0,25X0,35 მ); ორივე პორტალიდან 100 მ მანძილზე დამონტაჟებულ კარებამდე, არის საგანგებო რეჟიმის დროს გამოსაყენებელი თითო სავენტილაციო დიდი ზომის ღიობი 8მ² (4X2 მ). საგანგებო შემთხვევაში იკეტება სავენტილაციო ჰერმეტიკული კარები, სუფთა ჰაერი პორტალიდან 96-ე მეტრში სავენტილაციო არხიდან ამ უკანასკნელი 8მ² ფართობის ღიობით ხვდება გვირაბის სავალ ნაწილში და მისი მდინარეობა ხდება პორტალებიდან გვირაბის ცენტრალური ნაწილისაკენ;
7. საგანგებო რეჟიმის სავენტილაციო არხში მოწყობილია 15 ცალი სავენტილაციო ღიობი, რომლებიც იწყება პორტალიდან 96 მ მანძილზე და ვრცელდება გვირაბის მთელ სიგრძეზე 96 მ ბიჯით.

რიკოთის გვირაბის ჩვეულებრივი სამუშაო რეჟიმის დროს ჰაერის მიწოდება ხდება გვირაბის თაღში $ACD-A'C'D'$ ჩვეულებრივი რეჟიმის მომდენი სავენტილაციო არხის გავლით, აღმოსავლეთისა და დასავლეთის პორტალებიდან 200 კვტ სიმძლავრის ღერძული ვენტილატორების მეშვეობით, რომელთა ბრუნთა რიცხვის ცვალებადობა შესაძლებელია 400-1000 ბრ/წთ ფარგლებში.

ვენტილაციის სისტემა გრძივ-განივი (ნახევრად განივი), რომლის დროსაც ჰაერის მიწოდება ხდება გრძივი, ხოლო გაწოვა განივი პრინციპით. კერძოდ, სუფთა ჰაერის შემოდინება ხდება პორტალებიდან, დაახლოებით ყოველ 20 მ მანძილზე გაჭუჭყიანებული ჰაერი სატრანსპორტოზონიდანგაიწოვება სავენტილაციო ფანჯრების მეშვეობით, რომელიც შემდეგ ტრანსპორტირდება სავენტილაციო არხის მეშვეობით, რომელიც მოწყობილია გვირაბის თაღურ ნაწილში.

სავენტილაციო ფანჯრები ჭერში ო რრიგად განლაგებულია ჭადრაკულად, 40 ფანჯარა თითოეულ რიგში. ფანჯრების კვეთის რეგულირება ხორციელდება შიბერების საშუალებით ხელით. ბოლომდე გაღებული ფანჯრის განივი კვეთის ფართობი $S_f = 0,5\text{მ}^2; (0,5 \times 1,0)$ მ.

4.2. ჰაერის ხარჯი

ჰაერის ხარჯი უნდა რეგულირდებოდეს ტრანსპორტის მოძრაობის ხასიათისა და გვირაბში სატრანსპორტო საშუალებების რიცხვის მიხედვით. შესაძლებელია აგრეთვე ვენტილატორების სრული გათიშვა ღამის საათებში, როცა ტრანსპორტის ტიცხვი მინიმალურია. აღნიშნული კეთდება ელექტროენერჯის დაზოგვის მიზნით. მაგალითად

მეტეხის გვირაბში ღამის 2-3 საათის პერიოდში ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიურობა მცირდება 14-ჯერ მოძრაობის საშუალო და 23-ჯერ მაქსიმალურ ინტენსიურობასთან შედარებით. საშუალო და მაქსიმუმი აღებულია დღე-ღამის მიხედვით.

ჰაერის ხარჯი რიკოტის გვირაბისათვის შესაძლებელია იცვლებოდეს 50 მ³/წმ და 240 მ³/წმ ფარგლებში (თითოეულ ფრთაზე). იმის გათვალისწინებით, რომ რიკოტის გვირაბში გვაქვს ორი ფრთა - აღმოსავლეთისა და დასავლეთის, ჰაერის მთლიანი ხარჯის ცვალებადობის ფარგლებია 100 - 480 მ³/წმ. პირველ შემთხვევაში ყოველი ფანჯრიდან მოხდება 1.25 მ³/წმ ჰაერის გაწოვა, ხოლო მეორე შემთხვევაში გასაწოვი ჰაერის ხარჯია - 6.0 მ³/წმ.

4.3. ავტომობილების მოძრაობის ინტენსიურობა

ავტომობილების მოძრაობის ინტენსიურობა შემდეგია: მსუბუქი ავტომობილების რიცხვი (საშუალოდ 78%, ხოლო მაქსიმუმი 90%) გაცილებით აღემატება დანარჩენს. მსგავსი ტენდენცია ახასიათებს სხვა ქვეყნების საავტომობილო გვირაბებსაც, რომლებშიც ავტობუსებისა და სატვირთო მანქანების პროცენტული მაჩვენებელია 16% საერთო რიცხვიდან, ხოლო დიზელის ძრავებიანი ავტომობილების პროცენტული მაჩვენებელია 6% საერთო ნაკადის მიხედვით.

რიკოტის გვირაბის სავენტილაციო სისტემა დაპროექტებული და შესრულებულია ავტომობილების მაქსიმალური რიცხვისათვის 600 ავტომობილი საათში მითითებული პროცენტული მაჩვენებლების გათვალისწინებით.

4.3.1 ნახშირბადის მონოოქსიდის შემცველობა გვირაბის სავენტილაციო ჰაერში ავტომობილების რიცხვის მიხედვით

გაზომილ იქნა ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაცია რიკოტის გვირაბის სატრანსპორტო ზონაში და სავენტილაციო არხში. კვლევების მიზანი იყო: 1. ავტომობილების მოძრაობის ინტენსიურობის გავლენის შესწავლა გვირაბის სავენტილაციო ჰაერში ნახშირბადის მონოოქსიდის შემცველობაზე; 2. სატრანსპორტო ზონის სიგრძის მიხედვით CO -ს კონცენტრაციის ცვალებადობის ხასიათის დადგენა.

პირველ შემთხვევაში დაკვირვება ხდებოდა გვირაბის ცენტრალურ ნაწილში (56+00 და 56+50 პიკეტებში), გაზომვებს შორის, შესაბამისად, 10 და 15 წუთის დაყოვნების ინტერვალით. დროის შესაბამისი შუალედისათვის ხდებოდა მანქანების რიცხვის განსაზღვრა. შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.1.

აღსანიშნავია, რომ საავტომობილო გვირაბში ჰაერის გარემოს გაჭუჭყიანება თეორიულად, ანგარიშის გზით უფრო რთულად დასადგენია სხვა საწარმოო პროცესებით სავენტილაციო ჰაერის დაბინძურებასთან შედარებით, რადგან ზოგად შემთხვევაში დაჭუჭყიანების გამომწვევი მიზეზი სტაციონარულია, მაშინ, როცა ავტომობილი მოძრაობის დროს ნამუშევარი გაზების შედგენილობა დიდადაა დამოკიდებული პრაქტიკულ სრულ წვაზე, გამოყენებული საწვავის ხარისხსა და ხარჯზე, ავტომობილის ტექნიკურ მდგომარეობაზე, მოძრაობის რეჟიმზე, გზის საფარზე და სხვა მრავალ მიზეზზე. აღნიშნულის გამო ნატურული დაკვირვებები თითქმის ერთადერთი საშუალებაა

სავენტილაციო ჰაერის გაჭუჭყიანების შესასწავლად და მისი პრევენციის ღონისძიებების დასამუშავებლად.

ცხრილი 4.1
ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა დროში
ავტომობილების რიცხვის მიხედვით

დრო (სთ, წთ)	ავტომობილების რიცხვი				CO -ს კონცენტრაცია, მგ/მ ³
	ბენზინი		დიზ ელი	სულ	
	მსუბუქი	ავტობუსი და სატვირთო	ავტო ბუსი და სატვირთო		
ჰკ56+00, 840მდასავლეთისპორტალიდან					
14.55–15.05	42	5	2	49	94
15.05–15.15	55	9	4	68	125
15.15–15.25	46	11	2	59	119
15.25–15.35	37	4	4	45	94
15.35–15.45	52	14	7	73	125
15.45–15.55	43	9	2	54	125
15.55–16.05	41	7	4	52	50
ჰკ56+50, 890მდასავლეთისპორტალიდან					
12.10–12.15	20	5	2	27	38
12.15–12.20	23	4	2	29	44
12.20–12.25	24	3	2	29	44
12.25–12.30	23	8	2	33	69
12.30–12.35	27	15	7	49	106
12.35–12.40	22	2	1	25	56
12.40–12.45	28	6	2	36	63
12.45–12.50	31	5	3	39	56
12.50–12.55	21	5	1	27	106
12.55–13.00	35	7	2	44	125
13.00–13.05	24	6	2	32	150
13.05–13.10	28	9	4	41	81
13.10–13.15	28	6	2	36	119
13.15–13.20	25	6	2	33	81

ცხრილში 4.2 მოცემულია CO -ს კონცენტრაციის ცვალებადობის ხასიათი სატრანსპორტო ზონის სიგრძის მიხედვით პორტალიდან გვირაბის ცენტრალური ნაწილის მიმართულებით.

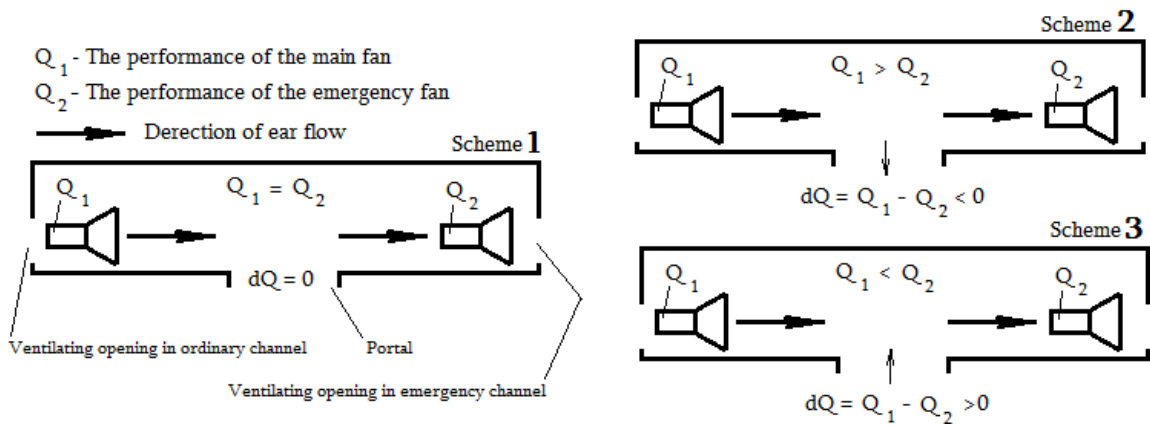
ცხრილი 4.2
CO -ს კონცენტრაციის ცვალებადობა გვირაბის სიგრძის მიხედვით

დრო (სთ, წთ)	პიკეტი	დაშორება დასავლეთის პორტალიდან, მ	CO, მგ/მ ³	შენიშვნა
	-	10	კვალი	
	-	70	3	
	-	130	6	
	50+00	240	13	
	51+00	340	20	
	56+00	840	105	საშუალო მაჩვენებელი 7 დაკვირვებიდან
	56+50	890	81	საშუალო მაჩვენებელი 14 დაკვირვებიდან

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაცია პორტალიდან გვირახის სიღრმეში განუხრელად მატულობს, რაც მოსალოდნელიც იყო.

4.4. სავენტილაციო სისტემის კრიტიკული ანალიზი

ნახაზებიდან ჩანს, რომ საგანგებო რეჟიმში, გვირახის სატრანსპორტო ზონაში, ჰაერის ნაკადის მოძრაობის მიმართულება იცვლება ჩვეულებრივ სამუშაო რეჟიმთან შედარებით. არ არის სასურველი აღნიშნული იმ შემთხვევაში, თუ შესაძლებელია საგანგებო რეჟიმის ამოქმედება სავენტილაციო ნაკადის მოძრაობის მიმართულების შეცვლის გარეშე. გარდა ამისა, როგორც ცნობილია, ჩართვიდან მაქსიმუმ 180 წმ-ის განმავლობაში საგანგებო ვენტილაციის სისტემა უნდა გავიდეს სრულ ოპერატიულ რეჟიმზე. ასე სწრაფად სრულ ოპერატიულ რეჟიმზე გასვლა პრაქტიკულად განუხორციელებელია, ჰაერის მცირე სიჩქარის გამო სატრანსპორტო ზონაში. 4,7 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი მატერიალური წერტილი 180 წმ-ში მიაღწევს გვირახის პორტალიდან 0 წერტილამდე (ნახ. 4.1), ხოლო ჰაერის ნაკადზე აღნიშნულის გავრცელება დაუშვებელია. ჰანოს უნივერსიტეტის კვლევებში (Chung *et all.*, 2004) აღნიშნულია, რომ, სავენტილაციო ჭავლის მოძრაობის უცვლელი მიმართულების პირობებში, 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის დროს, 1,45 კმ სიგრძის გვირახში 15 წთ-ის განმავლობაში არ მოხდა გვირახის სრული ვენტილაცია ჭავლური ვენტილატორების გამოყენებით.

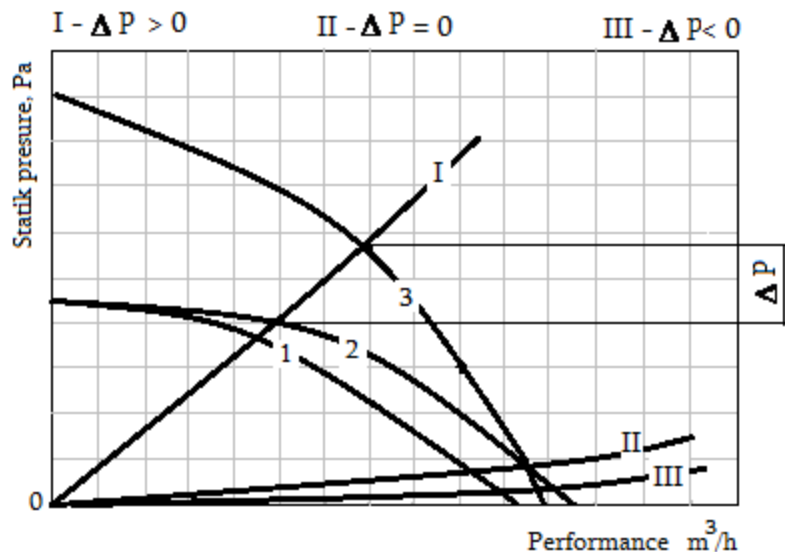


ნახ. 4.3. ძირითადი და საგანგებო ვენტილატორების მიმდევრობით ჩართვის პრინციპული სქემა რიკოთის გვირაბის პორტალებთან: 1 - ძირითადი და საგანგებო ვენტილატორები ერთნაირი მწარმოებლობით ხასიათდება; 2 - უფრო მეტი მწარმოებლობა აქვს ძირითად ვენტილატორს; 3 - უფრო მეტი მწარმოებლობა აქვს საგანგებო ვენტილატორს.

ამგვარად, რიკოთის გვირაბის სავენტილაციო სისტემის პირველი ხარვეზი არის საგანგებო ვენტილაციის ამოქმედების შემთხვევაში, სატრანსპორტო ზონაში ჰაერის ნაკადის მოძრაობის მიმართულების შეცვლის აუცილებლობა და საგანგებო ვენტილაციის სრულ ოპერატიულ რეჟიმზე გასვლის შეუძლებლობა 180 წმ-ის განმავლობაში.

მეორე ხარვეზი არის აშშ-ის NFPA 502 სტანდარტის დარღვევა, რომელიც ყველაზე უფრო სრულყოფილი სტანდარტია დღესდღეობით. კერძოდ, სტანდარტი პირველ რიგში მოითხოვს საგანგებო სავენტილაციო სისტემისა და გვირაბის ექსპლუატაციის ისეთნაირ დაგეგმვას, რომ მაქსიმალურად იქნეს გამოყენებული გვირაბის ჩვეულებრივი რეჟიმის სავენტილაციო სისტემა, გვირაბში მომხდარი ხანძრის შედეგების, ნამწვი და ტოქსიკური აირებისა და კვამლის კონტროლისა და გვირაბიდან არინებაზე.

რიკოთის გვირაბის პირობებში კი ჩვეულებრივი რეჟიმის სავენტილაციო სისტემა არ გამოიყენება სახანძრო საგანგებო რეჟიმის დროს. აღნიშნულის დასამტკიცებლად შევნიშნოთ, რომ ნებისმიერი პორტალის ჩვეულებრივი რეჟიმისა და საგანგებო ვენტილატორები ერთმანეთის მიმართ მიმდევრობით არიან სავენტილაციო ქსელში ჩართული. აღნიშნული შესაძლებელია წარმოვადგინოთ ნახ. 4.3-ზე მოცემული მარტივი სქემის სახით, რომელიც ძალაშია ნებისმიერი პორტალისათვის.



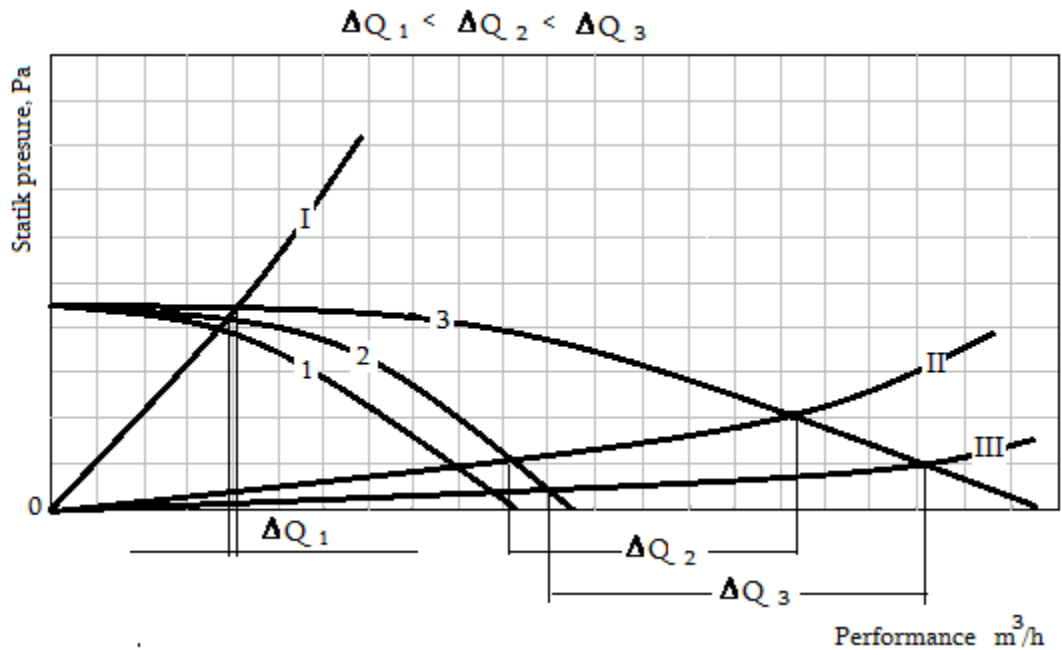
ნახ. 4.4. რიკოთის გვირაბის ძირითადი და საგანგებო ვენტილატორების ჯამური მახასიათებელი მათი მიმდევრობით მოქმედების დროს: 1 - ძირითადი ვენტილატორის აეროდინამიკური მახასიათებელი; 2 - საგანგებო ვენტილატორის აეროდინამიკური მახასიათებელი; 3 - ორივე ვენტილატორის ჯამური მახასიათებელი; I - გარე ქსელის მახასიათებელი, რომლის დროს ორივე ვენტილატორის ერთობლივი მუშაობით განვითარებული წნევა მეტია დიდი ვენტილატორის სტატიკურ წნევაზე - $\Delta P > 0$; II - გარე ქსელის მახასიათებელი, რომლის დროს ორივე ვენტილატორის ერთობლივი მუშაობით განვითარებული წნევა არ აღემატება დიდი ვენტილატორის სტატიკურ წნევას - $\Delta P = 0$; III - გარე ქსელის მახასიათებელი, რომლის დროს ორივე ვენტილატორის ერთობლივი მუშაობით განვითარებული წნევა ნაკლებია დიდი ვენტილატორის სტატიკურ წნევაზე - $\Delta P < 0$.

რიკოთის საავტომობილო გვირაბის შემთხვევაში ადგილი აქვს ნახ. 4.3-ზე მოცემულ მე-3 სქემას. შესაბამისად, ხანძრის შემთხვევაში გვირაბიდან მოხდება ჰაერის გაწოვა Q_2 ხარჯით, რაც განპირობებული იქნება საგანგებო ვენტილატორის მუშაობით. აღსანიშნავია, რომ იმავე ხარჯთან გვექნება საქმე, თუ ძირითადი ვენტილატორი საერთოდ არ იქნება დამონტაჟებული მოცემულ გვირაბში.

რიკოთის საავტომობილო გვირაბის სავენტილაციო სისტემის მე-3 ხარვეზი გამომდინარეობს მეორედან. კერძოდ, იმის გამო რომ უკვე დამონტაჟებულია როგორც ძირითადი, ისე საგანგებო ვენტილატორები ორივე პორტალთან, გინივრულია შეიცვალოს მათი მუშაობის მიმდევრობითი სქემა, რომელიც მოცემულია ნახაზზე 4.1, პარალელური სქემით (ნახ. 4.2).

ამგვარად, როგორც 4.5 ნახაზიდან ჩანს, თუ რიკოთის გვირაბის აეროდინამიკური მახასიათებელი იქნება ციცაბო (I), მაშინ ძირითადი და საგანგებო ვენტილატორების პარალელურ რეჟიმში ჩართვა ნაკლებად ეფექტური იქნება, ხოლო თუ აეროდინამიკური მახასიათებელი იქნება დამრეცი (II ან III), მაშინ ვენტილატორების პარალელური ამოქმედება დიდი ეფექტის მომცემი იქნება. რიკოთის გვირაბი, ჩვენი დაკვირვებების თანახმად, მცირე აეროდინამიკური წინაღობით ხასიათდება და მისი მახასიათებელი

ციცაბო არ არის. შესაბამისად, ძირითადი და საგანგებო ვენტილატორების პარალელურ რეჟიმში ჩართვა მაღალეფექტური იქნება.



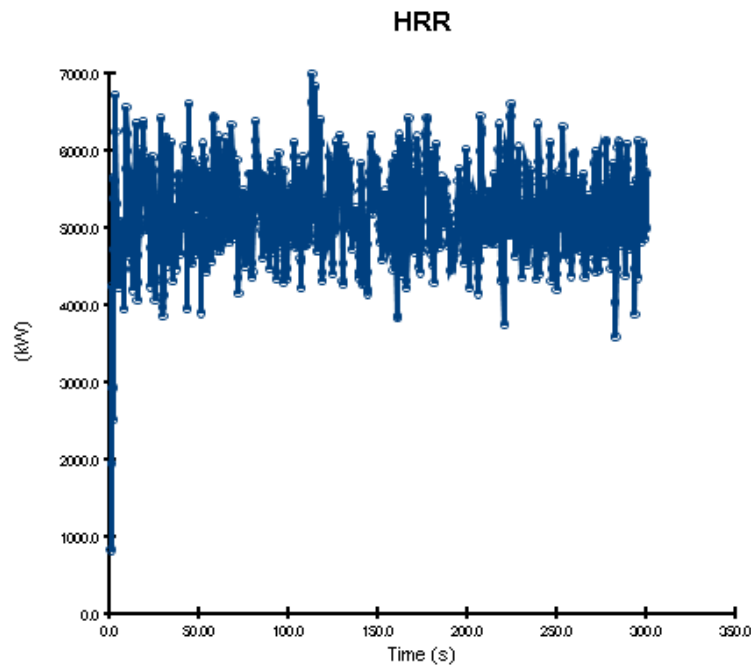
ნახ. 4.5. რიკოთის გვირაბის ძირითადი და საგანგებო ვენტილატორების ჯამური მახასიათებელი მათი პარალელურად მოქმედების დროს: 1 - ძირითადი ვენტილატორის აეროდინამიკური მახასიათებელი; 2 - საგანგებო ვენტილატორის აეროდინამიკური მახასიათებელი; 3 - ორივე ვენტილატორის ჯამური მახასიათებელი; I, II, III - გარე ქსელის სხვადასხვა მახასიათებლები, რომელთა დროს განსხვავებულია ერთობლივი მუშაობით განპირობებული ჰაერის ხარჯი.

4.5. საავტომობილო გვირაბებში საგანგებო სიტუაციის მართვა

თანამედროვე სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ყველაზე მზარდ სექტორს საავტომობილო ტრანსპორტი წარმოადგენს. საავტომობილო საგზაო ინფრასტრუქტურა განუხრელად ვითარდება როგორც არსებულის რეკონსტრუქციის, ასევე ახალი საავტომობილო მაგისტრალების მშენებლობის გზით. საგზაო ინფრასტრუქტურის გაფართოებას თან ახლავს სატრანსპორტო გვირაბების ქსელის გაფართოება. შეიმჩნევა სატრანსპორტო გვირაბების სიგრძის გაზრდის ტენდენცია. ცხადია ასეთ პირობებში განსაკუთრებულად მწვავედ დგება სატრანსპორტო გვირაბებში ხანძრების შედეგად წარმოქმნილი საგანგებო სიტუაციის შეფასებისა და მართვის პრობლემა. საჭირო ხდება

ოპერატიული და ადეკვატური ღონისძიებების გატარება მოსალოდნელი ზიანის თავიდან ასაცილებლად, ან მინიმუმამდე შესამცირებლად.

გვირაბებში ხანძრის განვითარების სცენარები შესწავლილია კომპიუტერული მოდელირების გზით, რაც ჩვენი აზრით, შედარებით ნაკლები დანახარჯებით, სწრაფად ცვლადი სიტუაციების ადეკვატური პროგნოზის საშუალებას იძლევა. სატრანსპორტო გვირაბი წარმოდგენილია სივრცეში შეზღუდული გაბარიტების მქონე ერთი მიმართულებით გავრცობილი რთული საინჟინრო ნაგებობის სახით, სადაც კონცენტრირებულია სატრანსპორტო ნაკადი. ეს გარემოება განაპირობებს გვირაბში წარმოქმნილი საგანგებო სიტუაციის მართვის სპეციფიკურ ბუნებას - მართვას შეზღუდულ სივრცეში.



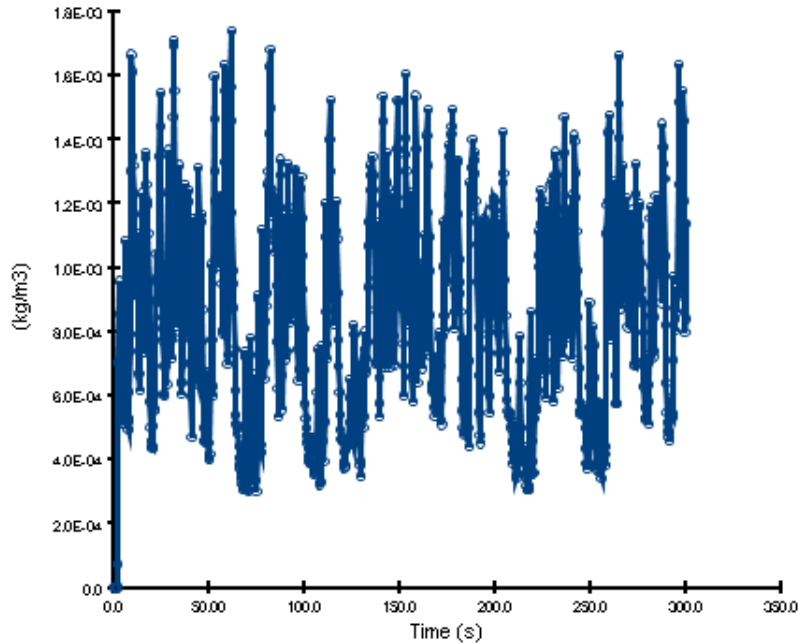
ნახ. 4.6. ხანძრის კერაზე გამოყოფილი ენერჯის ცვალებადობა მოდელირების მიხედვით
ხანძრის კერაზე ნახშირბადის მონოოქსიდის გენერაცია წარმოდგენილია ნახ. 4.9-ზე, ხოლო ტემპერატურის ცვალებადობა ნახ. 4.10-ზე. მოდელირების ანალოგიური შედეგები მოცემულია დანართში.

საგანგებო სიტუაციის შეფასებისათვის შემოთავაზებულია ხანძრის განვითარების სივრცით და დროით მასშტაბებზე დაფუძნებული კრიტერიუმები, რომლებიც უჩვენებენ ადამიანების სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისათვის ხიფათის შემცველი სივრცითი ზონების ცვალებადობას დროის მიხედვით. ხიფათის შემცველი ზონების დახასიათება ხდება სითბოს, კვამლისა და ტოქსიკური ნივთიერებების გენერაციის მიხედვით, ხოლო თვით ზონების დადგენა ხდება ისეთი ფაქტორების მიხედვით, როგორებიცაა: გვირაბის გეომეტრიული მახასიათებლები, ვენტილაციისა და ხანძრის პარამეტრები.

გვირაბის ვენტილაციის მოდელირება ხანძრის გავლენის გათვალისწინებით ხდება დენადთა დინამიკის მოდელირების (დდმ-ის) სპეციალური პროგრამით „პიროსიმი“.

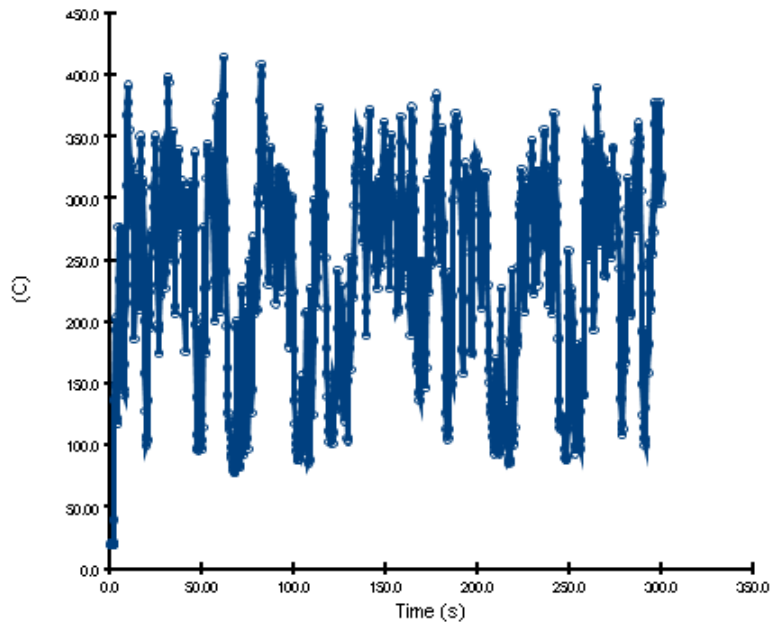
დამოდებული გვირაბის ზომები - 7*8*670 მ; პორტალებს შორის წნევათა სხვაობა - 15 პა; ხანძრის სიმძლავრე - 5 მგვტ; ხანძრის ლოკაციის ადგილი - გვირაბის გეომეტრიული ცენტრი; წვადი ნივთიერება - ბენზინი. ნახ. 4.6-ზე მოცემულია ხანძრის კერაზე გამოყოფილი ენერგიის ცვალებადობა.

1-CO

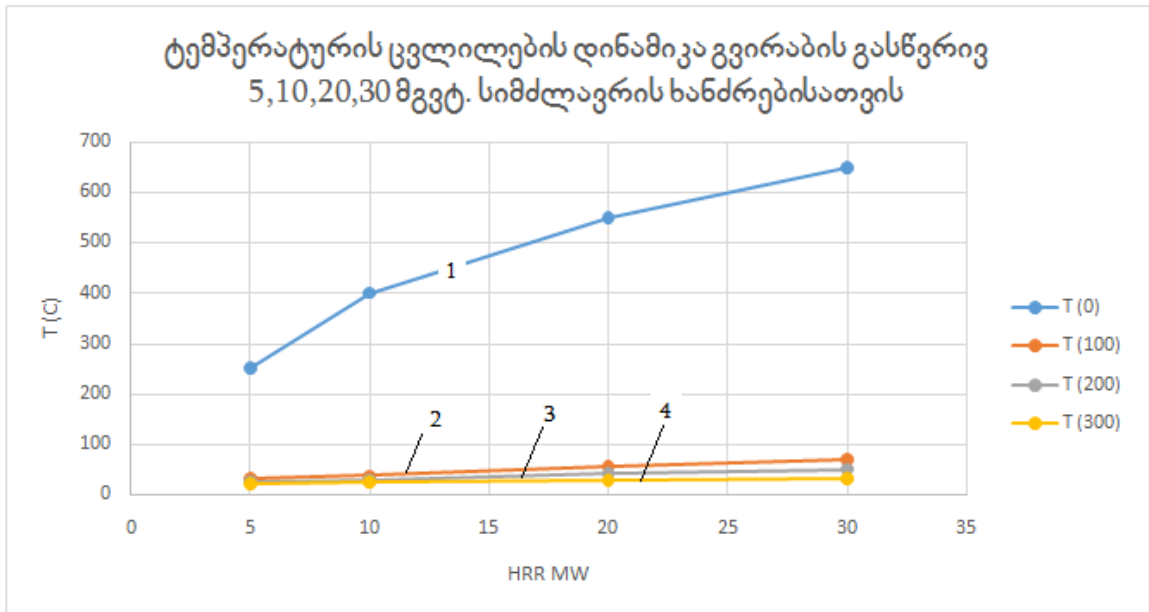


ნახ. 4.7. ნახშირბადის მონოოქსიდის გამოყოფის ცვალებადობა ხანძრის კერაზე კომპიუტერული მოდელირების შედეგების მიხედვით

1-T

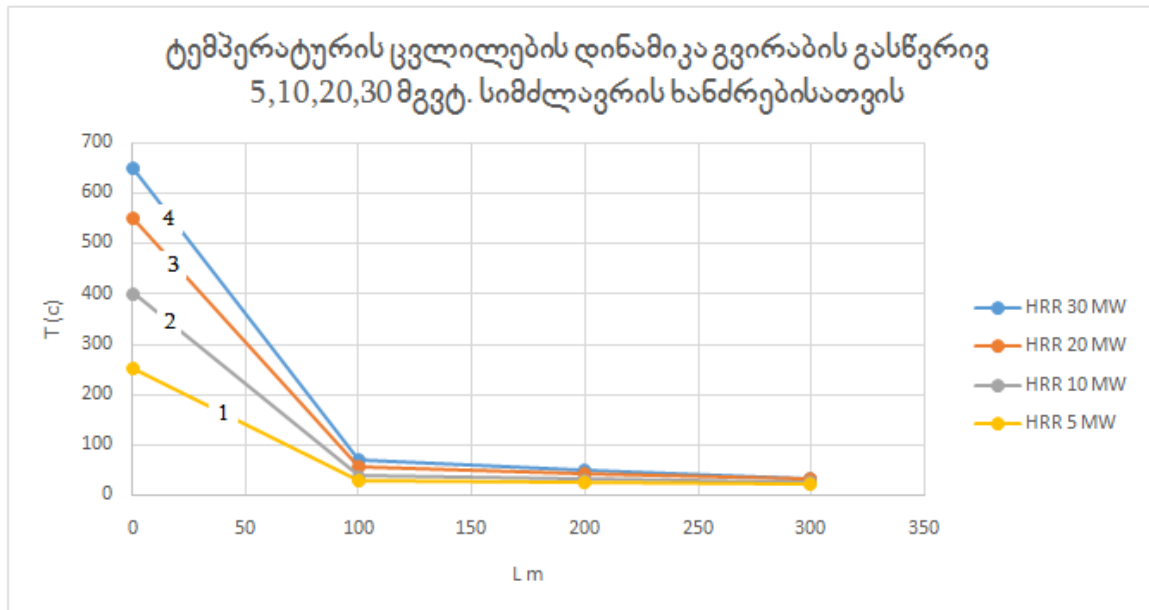


ნახ. 4.8. ტემპერატურის ცვალებადობა ხანძრის კერაზე კომპიუტერული მოდელირების შედეგების მიხედვით



ნახ. 4.9. ტემპერატურის ცვალებადობა გვირაბში ხანძრის სიმძლავრის მიხედვით მოდელირების შედეგებით: 1 - ხანძრის კერა; 2, 3, 4 - ხანძრის კერიდან დაშორება 100მ, 200 მ, 300 მ

მიღებული შედეგები განალიზებულია „ექსელის“ სტანდარტული პროგრამით და მოცემულია ნახაზებზე 4.11, 4.12, 4.13 და 4.14.

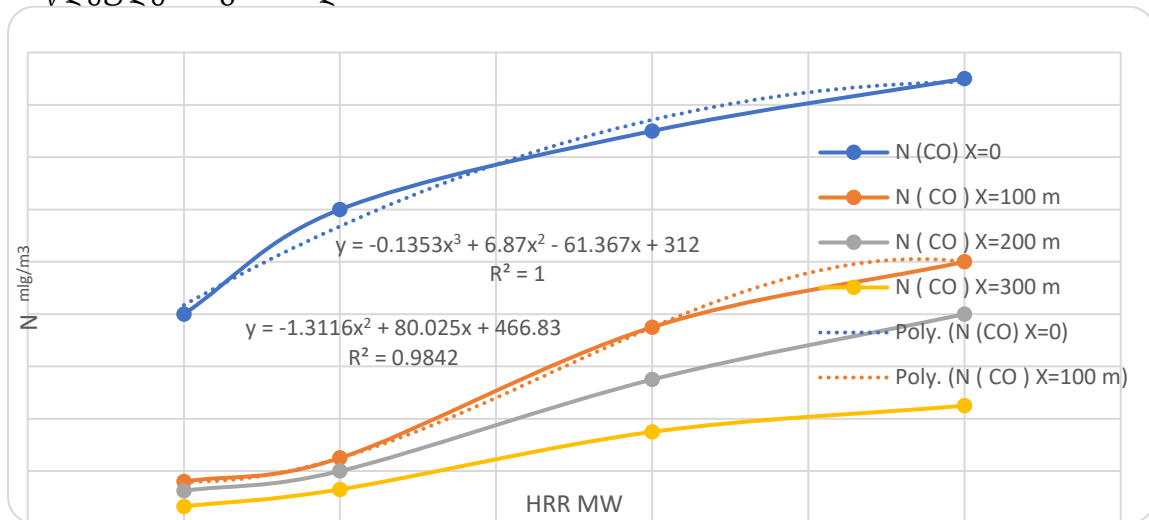


ნახ. 4.10. ტემპერატურის ცვალებადობა გვირაბის სიგრძის მიხედვით სხვადასხვა სიმძლავრის ხანძრისათვის მოდელირების შედეგებით: 1, 2, 3, 4 - შესაბამისად 5, 10, 20 და 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძარი

ხანძრების შედეგად მიყენებული ზარალის მთავარ შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს ადამიანთა შესაძლო მსხვერპლი, ან მათი ჯანმრთელობის გაუარესება.

მოცემულია გვირაბებში ხანძრების შედეგად განვითარებული საგანგებო სიტუაციების შეფასებისა და მართვისათვის ისეთი კრიტერიუმების დადგენისა და შემოტანის საკითხები, რომლებიც ერთის მხრივ დაახასიათებს ხანძრების დროს გვირაბის შეზღუდულ სივრცეში ადამიანის სასიცოცხლო გარემოს ტრანსფორმაციის სივრცით და დროით მასშტაბებს, ხოლო მეორეს მხრივ ეფექტურს გახდის საგანგებო სიტუაციების მართვას.

მაგალითისათვის საკმარისია მოვიტანოთ 1999 წელს სენ-გოტარდის საავტომობილო გვირაბში მომხდარი ხანძრის შედეგები, როდესაც 190 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის პირობებში მისი დაწყებიდან დაახლოებით ერთ წუთში გვირაბში სუფთა ჰაერი პრაქტიკულად აღარ არსებობდა. ხანძრის კერაზე ტემპერატურა აღწევდა 1000 °C. დაიღუპა 39 ადამიანი. ანალოგიური ხანძრები მსოფლიოს გვირაბებში ბოლო ათწლეულებში გახშირდა.

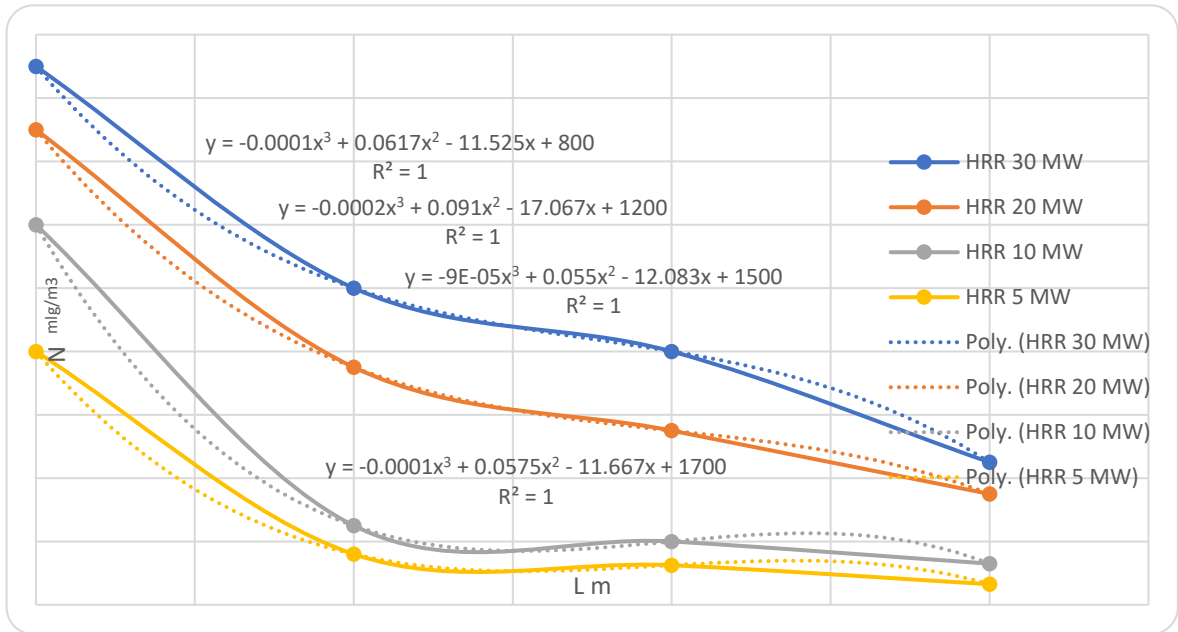


ნახ. 4.11. ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა გვირაბის გასწვრივ მოდელირების შედეგების მიხედვით: წყვეტილით მოცემულია „ექსელის“ პროგრამის მიერ გასაშუალებული მრუდები ხანძრის კერაზე და მისგან 100 მ მანძილზე

ხანძრის სახიფათოობის ხარისხის შეფასება ხდება გვირაბის ვირტუალური დაყოფით სივრცით ზონებად, სადაც ყოველი ზონის საზღვრების, ანუ მათი სივრცითი მასშტაბების დადგენა მოხდება ხანძრის შედეგად ადამიანის ჯანმრთელობაზე მოქმედი დამაზიანებელი ფაქტორების გავლენის გათვალისწინებით, მათი მნიშვნელობისა და ინტენსიურობის მხედველობაში მიღებით. ხანძრის გავლენით გვირაბში განვითარებული საგანგებო სიტუაციის დროს ასეთ ძირითად ფაქტორებად განვიხილავთ ტემპერატურული ველისა და ტოქსიკური პროდუქტების სივრცით განაწილებას, რომელთა დინამიკა განპირობებულია წვის პროცესების დროში განვითარებით.

ცხადია, რომ ზონებად დაყოფისას განმსაზღვრელი უნდა იყოს ადამიანის ჯანმრთელობის მდგომარეობის ხარისხის შეფასების აღიარებული გრადაცია - 5 დონიანი შეფასება, რომელიც წარმოდგენილია 3.3 ცხრილში და რომლით სარგებლობისათვის აუცილებელი პირობაა გვირაბებში ხანძრის განვითარების ადეკვატური სცენარების ხელმისაწვდომობა.

სატრანსპორტო გვირაბი წარმოდგენილია სივრცეში შეზღუდული გაბარიტების მქონე ერთი მიმართულებით გავრცობილი რთული საინჟინრო ნაგებობის სახით, სადაც კონცენტრირებულია სატრანსპორტო ნაკადი. ეს გარემოება განაპირობებს გვირაბში წარმოქმნილი საგანგებო სიტუაციის შეფასებისა და მართვის სპეციფიკურ ბუნებას, რაც ნიშანდობლივია შეზღუდული სივრცისათვის.



ნახ. 4.12. ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაციის ცვალებადობა გვირაბის გასწვრივ მოდელირების შედეგების მიხედვით: წყვეტილით მოცემულია „ექსელის“ პროგრამის მიერ გასაშუალებული მრუდები 30, 20, 10 და 5 მგვტ სიმძლავრისათვის

გვირაბში საგანგებო სიტუაციის შეფასებისათვის ამოცანის დასმა მოითხოვს არსებითი ფაქტორების გამოყოფას ფენომენოლოგიური მონაცემებისა და არსებული სტანდარტების გათვალისწინებით. ასე მაგალითად, გაეროს ევროპული ეკონომიკური კომისიის რეკომენდაციებით გვირაბების სავენტილაციო რეჟიმების გაანგარიშება უნდა მოხდეს არანაკლებ 30 მგვტ სიმძლავრის ხანძრის პირობებში ფუნქციონირებისათვის, რომლის ტემპერატურა შეადგენს $600^{\circ} K$.

სატრანსპორტო საშუალების წვის პროცესი უნდა განვიხილოთ აპრიორულად ყველაზე უფრო დამძიმებული საგანგებო სიტუაციის შემთხვევისათვის. მაგალითად, საგანგებო სიტუაციის უარესი რეჟიმი საავტომობილო გვირაბში დადგება, როდესაც ხანძარი მოხდება გვირაბის შუა ნაწილში ბუნებრივი და ხელოვნური ვენტილაციის არ არსებობის დროს. ცხადია, რომ ყველა სხვა რეჟიმის სივრცითი და დროითი მასშტაბები შესაძლებელია აღიწეროს სათანადო საწყისი და სასაზღვრო პირობების გათვალისწინებით.

წარმოდგენილ კვლევებს საფუძვლად დაედო მსუბუქი ავტომობილის ხანძრის დროს პიკური და სრული თბური ენერჯიის გამოყოფის სტატისტიკური მონაცემები,

რომლებშიც ხანძრების სიმძლავრე არ აჭარბებს 5 მგვტ. გაეროს ევროპული კომისიის მონაცემების თანახმად კი ასეთი ხანძრები განთავსებულია გრადაციის 1 საფეხურზე.

ზემოაღნიშნული სტატისტიკური მასალა დამუშავდა ხანძრის აღმავალი ფაზის დროს აღძრული სითბური ნაკადის სივრცული განაწილებისა და წვის შედეგად ავტომობილის მასის დანაკარგის საშუალო მნიშვნელობის მხედველობაში მიღებით. აღნიშნული განპირობებულია იმით, რომ გვირაბში ადამიანთა ევაკუაციისათვის საჭირო დრო პრაქტიკულად ვერ გადააჭარბებს ხანძრის აღმავალი ფაზის ხანგრძლივობას ძლიერი ხანძრების დროს.

ცხრილი 4.4

საგანგებო სიტუაციის დროს გვირაბის დაყოფა სივრცით და დროით ზონებად მოსალოდნელი ზიანის მიხედვით

N	1 ზონა	2 ზონა	3 ზონა	4 ზონა	5 ზონა
სივრცითი მასშტაბი ზონების მიხედვით, მ	ზონის წირითი სიგრძე - L ₁	ზონის წირითი სიგრძე - L ₂	ზონის წირითი სიგრძე-L ₃	ზონის წირითი სიგრძე - L ₄	ზონის წირითი სიგრძე - L ₅
დროითი მასშტაბი, წთ	T ₁ <T ₃₀₃	T ₁ <T ₂ <T ₃₀₃	T ₂ <T ₃ <T ₃₀₃	T ₃ <T ₄ <T ₃₀₃	T ₄ <T ₅ <T ₃₀₃
დაზიანების ხარისხი	უმძიმესი	მძიმე	საშუალო	სუსტი	უმნიშვნელო

4.4 ცხრილში მოცემულია: ხანძრის კერიდან გვირაბის ღერძულა ხაზის ორივე მიმართულებით წირითი ზომები L₁; L₂; L₃; L₄; L₅; დაზიანების ხარისხის დადგომის შესაბამისი დრო - დროითი მასშტაბი T₁; T₂; T₃; T₄; T₅;T₃₀₃; დაზიანების ხარისხის შეფასება: უმძიმესი - შედეგი არის ლეტალური; მძიმე - დაზიანებული ჯანმრთელობა აღარ აღდგება სრულად; საშუალო - შესაძლებელია მკურნალობით ჯანმრთელობის აღდგენა; სუსტი - ჯანმრთელობა აღდგება ხანმოკლე მკურნალობით; უმნიშვნელო - ჯანმრთელობა აღდგება პირველადი დახმარებით.

ექსპერიმენტული გასაშუალებული შედეგებისა და კომპიუტერული მოდელების საფუძველზე, შესაძლებელია დამაზიანებელი ფაქტორების რაოდენობრივ შეფასებაზე დაფუძნებით, სივრცითი და დროითი კრიტერიუმების მიღება. გვირაბებში ხანძრის დროს ჯანმრთელობის დამაზიანებელი ფაქტორებს წარმოადგენს: ანომალური ტემპერატურული ველი, სითბური გამოსხივება, მტვრისებრი ჭვარტლი, ტოქსიკური აირები, როგორებიცაა CO NO_x, HC, SO_x და სხვ. ვინაიდან წვის პროდუქტებში CO -ს კონცენტრაცია განმსაზღვრელი მაჩვენებელია ტოქსიკურობის თვალსაზრისით, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია დამაზიანებელი ფაქტორებიდან განვიხილოთ ორი ძირითადი: ანომალური ტემპერატურული ველისა და ნახშირბადის მონოოქსიდის კონცენტრაციის სივრცული განაწილება გვირაბში.

ადამიანის ჰიპერთერმული შოკის დადგომის საშუალო დროის ცვალებადობა გარემოს ტემპერატურის მიხედვით წარმოდგენილია 4.5 ცხრილში, ხოლო 4.6 ცხრილში - ტოქსიკური შოკის მიღებისათვის საჭირო საშუალო დრო CO -ზე გადაანგარიშებით.

ცხრილი 4.5

ჰიპერთერმული შოკის დადგომის საშუალო დრო ადამიანისათვის

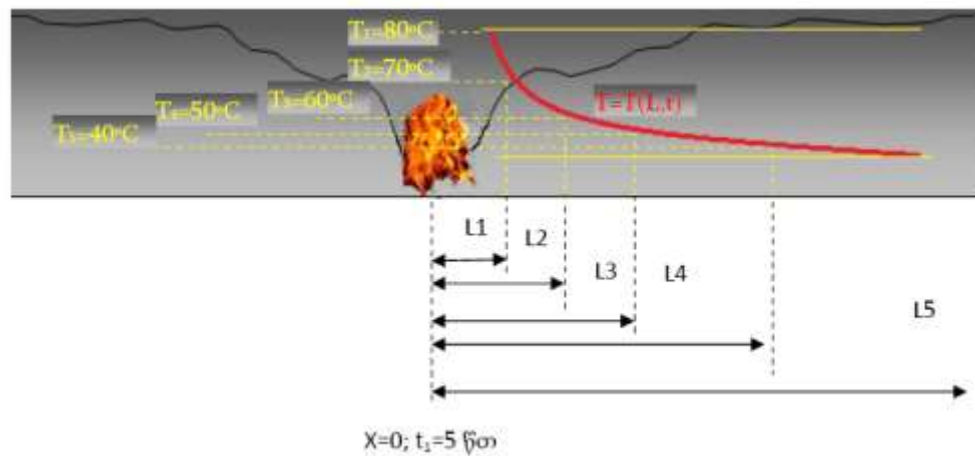
გარემოს ტემპერატურა, $^{\circ}C^*$	80	75	70	65	60	55	50	45	40
ადამიანის გამძლეობის ზღვარი, წთ	1	3	5	7	10	30	40	1000	14000

*ფარდობითი ტენიანობის ცვალებადობის ფარგლები: 50-100%.

ცხრილი 4.6

ტოქსიკური შოკის მიღების საშუალო დრო ადამიანისათვის

CO -ს კონცენტრაცია, მგ/მ ³	12000	11500-5500	5500-3500	3500-2500	2500-1800	1800-800	800-600
ადამიანის გამძლეობის ზღვარი, წთ	1-2	2-5	10-15	20-30	40-80	60-120	120 - 320



ნახ. 4.13. ტემპერატურული ველის სივრცული დინამიკა ხანძრის დაწყებიდან 5 წთ-ის შემდეგ

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენს მიერ წარმოდგენილი კრიტერიუმების მიხედვით, შესაძლებელია კონკრეტული გვირაბისათვის შედგეს დამაზიანებელი ფაქტორების ზონური განაწილების დინამიკური რუკა, რაც საშუალებას მოგვცემს სათანადო საწყისი და სასაზღვრო პირობებით განპირობებული ხანძრების შემთხვევაში ადეკვატურად განისაზღვროს ადამიანთა ევაკუაციის წესი და ტაქტიკა.

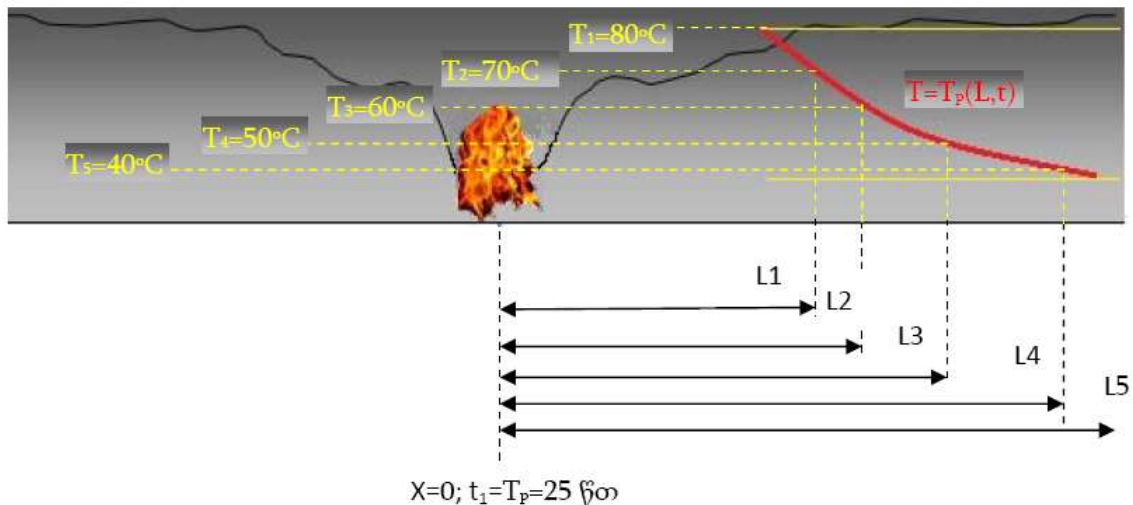
4.13 და 4.14 ნახაზებზე მაგალითისათვის მოცემულია სივრცითი და დროითი კრიტერიუმების შედგენის წესი ტემპერატურული ველის დამაზიანებელი ფაქტორის მიხედვით 4.5 და 4.6 ცხრილების მონაცემების შესაბამისად.

იმავე განაწილებას პიკური დროისათვის $\langle T_p \rangle = 25$ წთ-ის შემთხვევაში ექნება ნახ. 4.14-ზე მოცემული სახე.

ამგვარად, გვირაბებში ხანძრების დროს ადამიანთა ჯანმრთელობის სხვადასხვა ხარისხის დაზიანების პოტენციური საფრთხე შესაძლებელია რაოდენობრივად აღიწეროს გვირაბში ხანძრების განვითარების ფიზიკური და მათემატიკური მოდელირების გზით.

გვირაბებში საგანგებო სიტუაციის შეფასებისათვის შემოთავაზებული ადამიანების შესაძლო დაზიანების ხარისხის სივრცითი და დროითი კრიტერიუმები დაკავშირებულია დამაზიანებელი ფაქტორების სივრცითი და დროითი განაწილების დინამიკურ პროცესთან.

დამაზიანებელი ფაქტორების კლასიფიკაცია მიღებული კრიტერიუმების გამოყენებით გვირაბებში წარმოქმნილი ხანძრების ადეკვატური კომპიუტერული მოდელირების გზით შესაძლებელია საფუძვლად დაედოს შექმნილი საგანგებო სიტუაციის შეფასებასა და მართვას.



ნახ. 4.14. ტემპერატურული ველის სივრცითი დინამიკა ხანძრის დაწყებიდან 25 წთ-ის შემდეგ

შესრულებული კვლევების მიხედვით შემუშავებული პრაქტიკული რეკომენდაციებიდან აღსანიშნავია: 1. რიკოთის გვირაბისათვის - ძირითადი და საგანგებო ვენტილატორების ამოქმედება პარალელურ რეჟიმში, ახლანდელი მუშაობის მიმდევრობითი რეჟიმის მაგივრად; 2. ჩაქვი-მახინჯაურის გვირაბებისათვის - მარცხენა გვირაბში ჭავლურ პრინციპზე დაფუძნებული სავენტილაციო სისტემის აგება და მისი ადაპტირება მარცხენა გვირაბის არეულ სავენტილაციო სისტემასთან; 3. ორივე გვირაბისათვის - მაშველებისა და სხვა პერსონალის სწავლება და კვალიფიკაციის ამაღლება ნაშრომში გადმოცემული ახალი შედეგების მიხედვით.

Analysis ventilation and fires In road tunnels

Professor O.A. Lanchava

Tbilisi 2021

მადლობები:

ნაშრომის ავტორი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი ომარ ლანჩავა, რომელიც არის შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტო პროექტის AR-19-1936 კოორდინატორი, დასახელებით „ტრანსფორმირებადი სისტემების დამუშავება და გამოცდა საავტომობილო გვირაბში სიცოცხლის გადასარჩენად ხანძრის პირობებში“ და აგრეთვე - რუმინეთის ტექნიკურ მეცნიერებათა აკადემიის საპატიო წევრი (იხ. ლინკი <https://astr.ro/prof-univ-dr-ing-omar-lanchava/>) მადლობას უხდის შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს, რომლის ფინანსური მხარდაჭერით შესრულდა წინამდებარე ნაშრომი.

ავტორს თავის სასიამოვნო მოვალეობად მიაჩნია მადლობა გადაუხადოს პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელს, ცნობილ პროფესორს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ემერიტუსს ლეონ მახარაძეს, 400-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომის, 120-ზე მეტი პატენტის, 10 მონოგრაფიის, მრავალი განხორციელებული პროექტის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისათვის 14 სახელმძღვანელოს ავტორს. ფიზიკა-მათემატიკის და საინჟინრო მეცნიერებათა საქართველოს აკადემიების წევრს, მინერალური რესურსების, ეკოლოგიისა და სიცოცხლისუნარიანობის საერთაშორისო აკადემიის წევრს.

ავტორი აგრეთვე მადლობას უხდის:

პროექტის თანახელმძღვანელს, აკადემიურ დოქტორს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ასოცირებულ პროფესორს ნინო არუდაშვილს.

პროექტის ძირითად პერსონალს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის დეკანის მოადგილეს, „შრომის უსაფრთხოებისა და საგანგებო სიტუაციების მართვის დეპარტამენტის“ ხელმძღვანელს, პროფესორ თეიმურაზ კუნჭულიას.

პროექტის ძირითად პერსონალს, აკადემიურ დოქტორს, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ასისტენტს ზაზა ხოკერაშვილს.

პროექტის ძირითად პერსონალს, გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილეს, კომერციული მიმართულების სამეცნიერო-საპროექტო ცენტრის კოორდინატორს დავით ცანავას.

პროექტის ძირითად პერსონალს, საქართველოს ავტობანისა და საავტომობილო გვირაბების უსაფრთხო ექსპლუატაციის უზრუნველმყოფი ორგანიზაციის - შპს „ლოჭინის“ გენერალურ დირექტორს სამსონ სებისკვერაძეს.

ლიტერატურა

- AFAC (2001) *Fire Safety Guidelines for Road Tunnels*. Australasian Fire Authorities Council, EastMelbourne.
- Alba Fachverlag (2005) *Fire Protection in Vehicles and Tunnels for Public Transport*, 1st edn. Alba Fachverlag, Dusseldorf.
- Allison R (1997) Inquiry into the Fire on Heavy Goods Vehicle Shuttle 7539 on 18 November 1996. HMSO, London.
- Amunsen FH (2000) Data on Large Tunnel Fires. *Preliminary Report. Norwegian .Public Road Administration, Oslo, 20 April 2000. Report prepared for the OECD study on transport of dangerous goods through tunnels.*
- ASHRAE (2007) *Handbook-Systems and Equipment*. New York.
- Associated Engineers (1975) *Subway Environmental Design Handbook*, vol. 1. *Principles and Applications*. Report No. UMTA-DC-06-0010-74-1. Transit Development Corporation, US Department of Transportation, Washington, DC.
- ASTRA (2001) *Ventilation of Road Tunnels*. Selection of System, Design and Operation, Swiss Federal Roads Office (ASTRA), Bern.
- Apte VB Green AR and Kent JH (1991) *Pool fire plume flow in a large-scale wind tunnel*. In: *Fire Safety Science - Proceedings of the 3th International Symposium*, University of Edinburgh.
- Atkins WS (1996) *Quantified Risk Assessment — Central Line Ventilation*. Report No. M4055.550. London Underground.
- Bajwa C Mintz T Huczek J Axler Kand Das K(2009) FDS simulation of the Newhall Pass tunnel fire. *NFPA World Safety Conference, Chicago, IL, USA, 8-11 June 2009*.
- Beard A Carvel R (2012) *The Handbook of Tunnel Fire Safety*, 2st edn. Thomas Telford, London.
- Bendelius AG and Hettinger JC (1988) Ventilation of the Sydney Harbour Tunnel. In: *Proceedings of the 6th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels*. BHRA Fluid Engineering, Durham.
- BHRA (1974) Proceedings of the 1st International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels (ISAVVT), Canterbury, 10-12 April 1973. British Hydromechanics Research Association, Fluid Engineering Centre, Cranfield.
- BHRA (1976) Proceedings of the 2nd International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels(ISAVVT), Cambridge, 23-25March 1976. British Hydromechanics Research Association, Fluid Engineering Centre, Cranfield.
- BHRA (1981) Proceedings of the 3rd International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels (ISAVVT), Sheffield,19—21March 1979. British Hydromechanics Research Association, Fluid Engineering Centre, Cranfield.
- BHRA (1982) Proceedings of the 4th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle

- Tunnels (ISAVVT), York, 23-25 March 1982. British Hydromechanics Research Association, Fluid Engineering Centre, Cranfield.
- BHRA (1985) Proceedings of the 5th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels (ISAVVT), Lille, 20—22 May 1985. British Hydromechanics Research Association, Fluid Engineering Centre, Cranfield.
- BHRA (1988) *Proceedings of the 6th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, Durham, 27-29 September 1988*. British Hydromechanics Research Association, Fluid Engineering Centre, Cranfield.
- BHRG (1991) Proceedings of the 7th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels Brighton, 27-29 November 1991. BHR Group, Fluid Engineering Centre, Cranfield.
- BHRG (1994) Proceedings of the 8th International Conference on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels (ISAVVT), Liverpool, 6-8 July 1994. BHR Group, Fluid Engineering Centre, Cranfield.
- BHRG (1997) Proceedings of the 9th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels (ISAVVT), Aosta Valley, 6-8 October 1997. BHR Group, Fluid Engineering Centre, Cranfield.
- BHRG (2000) Proceedings of the 10th International Symposium on the Aerodynamic - and Ventilation of Vehicle Tunnels (ISAWT), Boston, 1-3 November 2000. BHR Group, Cranfield.
- BHRG (2003) Proceedings of the 11th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels (ISAVVT), Luzern, 1-9 July 2003. BHR Group, Cranfield.
- BHRG (2006) Proceedings of the 12th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels (ISAVVT), Portoroz, 11-13 July 2006. BHR Group, Cranfield.
- BHRG (2009) Proceedings of the 13th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels (ISAVVT), New Brunswick, NJ, 14—16 May 2009. BHR Group, Cranfield.
- BHRG (2011) Proceedings of the 14th International Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Tunnels (ISAVT), Dundee, Scotland, UK, 11-13 May 2011. BHR Group, Cranfield.
- Bickel JO and Kuesel TR (1982) *Tunnel Engineering Handbook*, 1st ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Bickel J O Kuesel TR and King EH (1996) *Tunnel Engineering Handbook*, 2nd edn. Chapman and Hall, New York.
- Burns D (2003) External observations of the Daegu underground railway/metro fire disaster 18th February 2003. *Proceedings of the 5th International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, Marseille, France, 6-10 October 2003*.
- Damsgaard E and Svendsen RH (2003) Omkom i voldsom bilbrann. Sprinkletanlegg hindret storre katastrofe i tunnel. Sjanselos mot flammene. *Bergens Tidende*.
- Chow WK et al. (2006) “Case study for performance-based design in Hong Kong.” Project presented at the 6th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods.

- Chung HS Lee YJ Lee GP Kim PO (2004) Effectiveness of positive pressure ventilation system for road tunnel. In: Proceedings of the 10th International Fire Science and Engineering Conference, Interflam 2004, Edinburgh.
- Colcerasa F (2001) Rail-car fire in the Exilles Tunnel (Italy). In: Colombo AG (ed), *NEDIES Project: Lessons Learnt from Tunnel Accidents*. Report of a NEDIES Meeting, 13-14 November 2000. EUR Report, March 2001, pp. 22-24. Available at: <http://nedies.jrc.it>.
- Croatia (1991) Book of Rules on Technical Standards for Design Preparation and Construction of Road Tunnels. Zagreb.
- Czech Republic (2004) *Road Tunnel Equipment*. Prague.
- Czech Republic (2005) *Design of the Road Tunnels*. Prague.
- Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council on Minimum Safety Requirements for Tunnels in the Trans-European Road Network, Brussels, Belgium.
- Eberle G (2001) The Tauern Tunnel incident: what happened and what has to be learned. *Proceedings of the 4th International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, Madrid, Spain*, 2-6 April 2001, pp. 17-30.
- European Union (2004) Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council on Minimum Safety Requirements for Tunnels in the Trans-European Road Network. European Union, Brussels.
- Federal Ministry of Traffic (2002) *Guidelines for Equipment and Operation of Road Tunnels*. Road and Transportation Research Association (RABT), Federal Ministry of Traffic, Berlin.
- FHWA (2004) *Road Tunnel Design Guidelines*. Federal Highway Administration (FHWA), US Department of Transportation, Washington, DC.
- Fialko NM, Prokopov VG, ..., Zimin LB. (2018) Specifics of Changes of the Thermophysical Properties of Supercritical Water at the Flow in Round Heated Tubes. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (3), pp. 117-121.
- Fieldner AC Henderson Y Paul S Sayers RR *et al.* (1927) *Ventilation of Vehicular Tunnels*. Report of the US Bureau of Mines to New York State Bridge and Tunnel Commission, and New Jersey Interstate Bridge and Tunnel Commission, American Society of Heating and Ventilating Engineers (ASHVE), New York.
- Gendler S.G., Sokolov V.A. (2006) The results of ventilation tests during practical use of the Severomujsky railway tunnel. *12th International Symposium on Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels*, Portoroz, pp. 451-461.
- Greece (2003) Design Guidelines for Road Works - Tunnels (Electromechanical Works). Athens.
- Hedefalk J Wahlstrom Band Rohlen P (1998) Lessons from the Baku Underground railway/ metro fire. *3rd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, Nice, France*, 9-11 March 1998.
- Highways Authority (1999) Design Manual for Roads and Bridges, vol. 2. Highway Structure Design Materials, section 2. Special Structures, part 9, BD 78/79. Design of Road Tunnels. Stationery Office, London.
- Howarth DJ (1996) Tunnel fires - the operational challenge. *1st International Conference on Tunnel Incident Management, Korsor, Denmark*, 13-15 May 1996, pp. 233-242.

- Italy (1999) Safety of Traffic in Road Tunnels with Particular Reference to Vehicles Transporting Dangerous Materials. Rome.
- Japan Road Association (1985) *Tunnel Ventilation Design Guidelines*. Japan Road Association, Tokyo.
- Japan Road Association (2001) National Safety Standard of Emergency Facilities on Road Tunnels. Japan Road Association, Tokyo.
- Jones A (1985) The Summit Tunnel Fire. *Incident Report No. IR/L/FR/85126. Health & Safety Executive Research and Laboratory Services Division, Buxton.*
- Ilias N., Lanchava O., Nozadze G. (2017) Numerical modelling of fires in road tunnels with longitudinal ventilation system. *Quality Access to Success*, Vol. 18, S1, pp. 77-80, Bucharest.
- Ingason H Lonnermark A (2005) "Heat Release Rates from Heavy Goods Vehicle Trailers in Tunnels," *Fire Safety Journal*, 40, 646-668.
- Ingason H Li YZ (2010) Model scale tunnel fire tests with longitudinal ventilation. *Fire Safety Journal* No45, 2010.
- KIVI (1993) *Ventilation of Road Tunnels*. Royal Institute of Engineers (KIVI), Amsterdam.
- Kunikane Y Kawabata N Takekuni K and Shimoda A (2002) Heat release rate induced by gasoline pool fire in a large-cross-section tunnel. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Tunnel Fires*. Basel.
- Lacroix D (2001) The Mont Blanc Tunnel Fire: what happened and what has been learned. *Proceedings of the 4th International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels*., Madrid.
- Lanchava O., Ilias N. (2018) Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow in subway. *Journal of Engineering Sciences and Innovation* N3(1), Bucharest, pp. 69-84.
- Lanchava O., Ilias N. (2017) Some issues of thermal calculation of ventilation air for the metro. *Journal of Engineering Sciences and Innovation* N2(2), Bucharest, pp. 92-105.
- Lanchava O.A. (1982) Heat and mass exchange in permanent mine workings. *Journal of Mining Science*, **1** (6), 87-92.
- Lanchava O.A. (1985) Heat and mass exchange in newly driven (1985) mine workings. *Journal of Mining Science*, **1** (5), 99-104.
- Lanchava O., Ilias N., Andras I, Moraru R., Neag I. (2007) On the Ventilation of Transport Tunnels in the Presence of a Strong (Heavy) Fire. *Annals of the University of Petrosani*, Petrosani (Romania), **9** (XXXVI), 1, pp. 219-227.
- Lanchava O., Medzmariashvili E., Ilias N., Khitalishvili G., Lebanidze Z. (2009) Prospects of usage of transforming systems for extinguishing fire in tunnels. *International Scientific Conference "Advanced Lightweight Structures and Reflector Antennas"*, pp. 301-308, Tbilisi.
- Lanchava O., Nozadze G., Bochorishvili N., Lebanidze Z., Arudashvili N., Jangidze M., Tsikarishvili K. (2014) Criteria for evaluation of emergency firefighting in transport tunnels. *"Transport Bridge Europe-Asia"*, *Materials of International Conference*, 29-34, Tbilisi.
- Lanchava O., Nozadze G., Arudashvili N. (2015) ANALIZE OF FATAL FIRES IN TRANSPORT TUNNELS AND MEASURES OF ITS PREVENTING. *Mining Journal* N2 (35), pp. 85-89, Tbilisi (in Georgian).

- Lanchava O., Nozadze G., Arudashvili N. (2016) THE NATURAL AERODYNAMIC OBSERVATION RESULTS OF THE CHAKVI-MAKHINJAURI ROAD TUNNELS. *Mining Journal N1 (36)*, pp. 61-63, Tbilisi (in Georgian).
- Lanchava O., Abashidze G., Tsverava D. (2017) Securing fire safety for underground structures. *Quality Access to Success*, Vol. 18, S1, pp. 47-50.
- Lanchava O., Ilias N., Nozadze G. (2017) Some problems for assessment of fire in road tunnels. *Quality Access to Success*, Vol. 18, S1, pp. 69-72, Bucharest.
- Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M. (2019, A) Heat and hygroscopic mass exchange modeling for safety management in tunnels of metro. *Quality Access to Success*, Vol. 20, S1, pp. 27-33, Bucharest.
- Lanchava O., Ilias N., Nozadze G., Radu S.M., Moraru R.I., Khokerashvili Z., Arudashvili N. (2019, B) FDS MODELLING OF THE PISTON EFFECT IN SUBWAY TUNNELS. *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol. 18, No. 4, pp. 317-325.
- Lanchava O. (2019) Analysis of critical air velocity for tunnel fires controlled by ventilation. *Mining Journal*, N 1 (42), pp. 126-132, Tbilisi.
- Lanchava O Nozadze G Bochorishvili N and others (2014) Criteria for evaluation of emergency firefighting in transport tunnels. *Transport Bridge Europe-Asia, Materials of conference*, Tbilisi.
- Lanchava O Tsikarishvili K (2014) On the necessity to monitor the equipped karst caves with a view to optimal operation (Illustrated by New Athos and Tskhaltubo caves in Georgia). *International Research-to-practice Conference «Integrated Use and Protection of underground spaces»*. Perm, Russia.
- Lanchava O., Ilias N. (2020) Calculation of railway tunnels ventilation. *Journal of Engineering Sciences and Innovation* N5(1), Bucharest, pp. 69-86.
- Lonnermark A Ingason H (2008) The effect of air velocity on heat release rate and fire development during fires in tunnels. In: *Proceedings of the 9th International Symposium on Fire Safety Science, Karlsruhe, 21-26 September 2008*.
- Lotsberg G (1997) Investigation of the Wall-friction, Pressure Distribution and the Effectiveness of Big Jetfans with Deflection Blades in the Fodnes Tunnel in Norway. 9th International Symposium on Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, Aosta Valley, Italy.
- Massachusetts Highway Department (1995) *Test Report - Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program (MTFVTP)*. Massachusetts Highway Department, Boston, MA.
- Maslak W.A., Besrodny K.P., Lebedev M.O., Gendler S.G. (2014) New technical and technological solutions for the construction of subway tunnels in the metropolis. *Mountain Magazine* 5, pp. 57-60.
- Ministry of Public Works (2000) *Safety in the Tunnels of the National Highways Network*. Inter-Ministerial Circular No 2000-63. Ministry of Public Works, Paris.
- Nilsen AR Lindvik PA and Log T (2001) Full-scale lire testing in sub-sea public road tunnels. *Proceedings of the 9th International Interflam Conference, Edinburgh, UK, 17-19 September 2001*, pp.913-924.
- NFPA (1972) NFPA 502T: Tentative Standard for Limited Access Highways, Tunnels, Bridges and Elevated Structures. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- NFPA (1981) NFPA 502: Recommended Practice on Fire Protection for Limited Access Highways, Tunnels,

- Bridges, Elevated Roadways and Air Right Structures. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- NFPA (2011) NFPA 502: Standard for Road Tunnels, Bridges and Other Limited Access Highways. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- NVF (2004) *Safety Concept 2004 for Road Tunnels*. Nordic Road Association (NVF), Oslo.
- NVF Sub-committee 61 (1993) *Ventilation of Road Tunnels*. Report No. 6. Sub-committee 61, Nordisk Vejteknisk Forbund, Helsinki.
- Oka Y (1996) The present status of safety systems for Japanese road tunnels. *Proceedings of the 1st International Conference on Tunnel Incident Management, Korsor, Denmark*.
- Opstad K Stensaas J P Brandt A W (2006) Fire Mitigation in Tunnels, Experimental Results Obtained in the UPTUN Project, 2nd International Symposium on Tunnel Safety & Security, March 15-17, Madrid, Spain.
- Owen MS (2011) *2011 ASHRAE Handbook - Heating Ventilating, and Air-conditioning (HVAC) Applications*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA.
- Parsons Brinckerhoff (1996). *Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program. Interactive CD-ROM and Comprehensive Test Report*. Parsons Brinckerhoff 4D Imaging. Boston.
- Perard M (1996) Statistics on breakdowns, accidents and fires in French road tunnels. *Proceedings of the 1st International conference on Tunnel Incident Management, Koras, Denmark*, 13-15 May 1996.
- PIARC (1995) *Classification of Tunnels, Existing Guidelines and Experiences*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (1996a) *Road Tunnels: Emissions, Ventilation Environment*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (1996b) *Road Safety in Tunnels*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (1999) *Fire and Smoke Control in Road Tunnels*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (1999) *Report to the XXI World Road Congress, Kuala Lumpur, 3-9 October 1999*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (2000) *Pollution by Nitrogen Dioxide in Road Tunnels*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (2004) *Road Tunnels: Vehicle Emissions and Air Demand for Ventilation*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (2007a) *Systems and Equipment for Fire and Smoke Control in Road Tunnels*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (2007b) *Integrated Approach to Road Tunnel Safety*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (2008a) *Road Tunnels: A Guide to Optimizing the Air Quality Impact upon the Environment*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (2008b) *Road Tunnels: An Assessment of Fixed Fire Fighting Systems*. World Road Association

- (PIARC), Paris.
- PIARC (2008c) *Human Factors and Road Tunnel Safety Regarding Users*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (2009) *Tools for Road Tunnel Safety Management*. World Road Association (PIARC), Paris.
- PIARC (2011) *Road Tunnels: Operational Strategies for Emergency Ventilation*. World Road Association (PIARC), Paris.
- Public Roads Administration (1992/2006) *Norwegian Design Guide — Road Tunnels*. Public Roads Administration, Directorate of Public Roads, Oslo.
- Road Tunnels Committee (1975) *Report to the XV World Road Congress, Mexico City, 12-19 October 1975*. World Road Association (PIARC), Paris.
- RTA (NSW) (2006) *Road Tunnel Design Guidance - Fire Safety Design*. Roads and Traffic Authority, New South Wales, Sydney.
- RWS Bawdiest (2005) *Recommendations on Ventilation of Road Tunnels*. RWS Bawdiest, Utrecht.
- Satoh and Miyazaki (1989) *A Numerical Study of Large Fires in Tunnels*. Report of Fire Research Institute of Japan, No 68.
- Schupfer H (2001) Fire Disaster in the tunnel of the Kitzsteinhorn funicular in Kaprun on 11 Nov. 2000. Presented at: *4th International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, Madrid, Spain, 2-6 April 2001*.
- Semmens PWB (1994) *Railway Disasters of the World: Principal Passenger Train Accidents of the 20th Century*, p. 165. Patrick Stephens, London.
- Simcox S Wikes NS (1992). *Computer simulation of the flows of hot gases from the fire at king's Cross Underground station*. Fire Safety Journal 18(1).
- Singstad O (1929) *Ventilation of Vehicular Tunnels*. World Engineering Congress, Tokyo.
- Slovakia (2006) *Guideline on Road Tunnel Safety*. Bratislava.
- Slovakia (2006) *Technical Standards and Requirements for Road Tunnel Design in Slovakia*. Bratislava.
- Slovenia (2008) *Technical Standard for Design of Road Tunnels*. Ljubljana.
- SNR A (2004) *Tunnel 2004 — General Technical Specification for New and Upgrading of Old Tunnels*. Swedish National Road Association (SNRA), Stockholm.
- Spain (1998) *Manual for the Design, Construction and Operation of Tunnels, IOS-98*. Madrid.
- Stryzheus S., Fialko N., Nosovskiy A., ..., Zimin L. (2018) CFD modeling of pseudocritical transitions of supercritical water flowing in channels. *8th International Conference Physics of Liquid Matter: Modern Problems*, Kyiv.
- Technical Committee on Road Tunnels (1979) *Report to the XVI World Road Congress, Vienna, 16-21 September 1979*. World Road Association (PIARC), Paris.

- Thamm B (2004) The new EU directive on road tunnel safety, Proceedings of the international symposium on catastrophic tunnel fires (CTF), SP Swedish National Testing and Research Institute, SP Report.
- Technical Committee on Road Tunnels (1983) *Report to the XVII World Road Congress, Sydney*, 8-15 October 1983. World Road Association (PIARC), Paris.
- Technical Committee on Road Tunnels (1987) *Report to the XVIII World Road Congress, Brussels*, 13-19 September 1987. World Road Association (PIARC)), Paris.
- Technical Committee on Road Tunnels (1991) *Report to the XIX World Road Congress, Marrakech*, 22-28 September 1991. World Road Association (PIARC)), Paris.
- Technical Committee on Road Tunnels (1995) *Report to the XX World Road Congress, Montreal*, 3—9 September 1995. World Road Association (PIARC)), Paris.
- TRRA (2008) *Design Guidelines Tunnel Ventilation*. Transportation and Road Research Association (TRRA), National Roads Administration, Vienna.
- UN Economic Council (2001) *Recommendations of the Group of Experts on Safety in Road Tunnels*. United Nations, UN Economic Council, Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, Geneva.
- UN, Economic and Social Council (2002), Economic Commission for Europe, Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels, *Recommendations of the Group of Experts on Safety in Road Tunnels*. Report TRANS/AC.7/11, Geneva.
- Zimin LB. (2008) Analysis of the efficiency of heat pump systems for utilization of sewage heat for heat supply of social facilities. *Industrial Heat Technology*, pp. 77-85.