

ქიმიური ავარიების შემთხვევების პრევენცია და მზადყოფნა (CAPP)

მასშტაბური ავარიები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ზემოქმედებენ გარემოზე

ბიულეტენის მიზანია ოპერატორებისა და სამთავრობო მარეგულირებლების მიერ ევროპის მასშტაბური ავარიების შემთხვევების ანგარიშგების სისტემაში (European Major Accident Reporting System, eMARS) რეგისტრირებული შემთხვევებიდან უზრუნველყოს დაგროვილი გამოცდილების ადეკვატური შეფასება. მომავალში CAPP (Chemical Accident Prevention & Preparedness)-ის დაგროვილი გამოცდილების ბიულეტენის გამოცემა მოხდება წელიწადში ორჯერ. ბიულეტენის ყოველი გამოცემა კონკრეტულ თემაზე ორიენტირებული.

შემაჯავებელი რეზიუმე

ეს ბიულეტენი ავარიის ანგარიშების ანალიზს, წინა ორ გამოცემასთან შედარებით, ოდნავ განსხვავებული მიდგომით ახდენს, თუმცა უნიკალურობიდან გამომდინარე, წინა ბიულეტენები ორიენტირებული იყო საერთო მიზეზებით გამოწვეულ ავარიებზე. ამ კონკრეტული ბიულეტენის მიზანია შეისწავლოს ავარიები, რომლებსაც ერთნაირი შედეგი – მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური ზიანი – მოაქვს. ამიტომ შესწავლის მიზნით ავარიების გამოვლენა ზოგჯერ მოიცავდა მხოლოდ შედეგების დამატებით კვლევას, იმაში დასარწმუნებლად, რომ ავარიის ეკოლოგიური ზიანი საკმარისად მაღალი იყო ამ კვლევაში ჩასართავად. გარდა ამისა, მიჩნეული იყო, რომ ზიანის ზუსტი ხასიათი შეიძლება გარკვეულწილად საინტერესო ყოფილიყო.

ბიულეტენში შეტანილია ავარია, გამოწვეული ბოროტი განზრახვით ჩადენილი ქმედებით, რასაც შედეგად მოჰყვა ნავთობის ზაზიდან თხევადი ნახშირწყალბადების მნიშვნელოვანი რაოდენობის დაღვრა. არსებითად, სვეცოს დირექტივის კონტექსტში, განზრახ ქმედებები მასშტაბურ ავარიებად არ განიხილება. მიუხედავად ამისა, ეს ავარია მაინც შეირჩა, რადგან ის შეიცავს გამოცდილებას, რომელიც სვეცოს მასშტაბური ავარიების პრევენციისთვისაც გამოსადეგია. გარდა ამისა, ეს გამოცემა შეიცავს ერთ ე.წ. ბუნებრივ-ტექნოგენურ (Natech) მოვლენასაც – სტიქიური უბედურებით გამოწვეულ საწარმოო ავარიას, რომელმაც, აგრეთვე, მნიშვნელოვანი გავლენა იქონია გარემოზე.

გთხოვთ, გაითვალისწინეთ:

უბედური შემთხვევების აღწერილობა და დაგროვილი გამოცდილება აღებულია ევროკავშირის მასშტაბური ავარიების ანგარიშგების სისტემისთვის გადაცემული ანგარიშებიდან:

<https://emars.jrc.ec.europa.eu>
ან <http://emars.jrc.it>

აგრეთვე, სხვა ღია წყაროებიდან. EMARS-ში მოცემულია 800-ზე მეტი ანგარიში ქიმიური ავარიების შესახებ, რომელიც მიწოდებულია ევროკავშირის წევრი ქვეყნების და OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) ქვეყნების მიერ.

ავარია 1
ქიმიკატების ზოგადი წარმოება

მოვლენათა თანმიმდევრობა

ქარხანა, რომელშიც საცურაო აუზისა და წყლის დასამუშავებელი ქიმიკატები იფუთებოდა და ინახებოდა, ხანძრის შედეგად მთლიანად განადგურდა, რამაც წყალსაცავის დაინტერუბა და მლიერი კვამლის გამოყოფა გამოიწვია. ხანძარი ქარხნის უკანა ნაწილში განლაგებულ საწარმოო ზონაში დაიწყო. ნატრიუმის დიქლორიზოციანურატის დიჰიდრატის 1 ტ-იანი ტომარა დახურულ ხრახნიან კონვეიერზე იცლებოდა მიწის დონიდან სტელაჟის დონეზე განლაგებულ საცავ ბუნკერებში. ამის შემდეგ, ქიმიკატი გამოიყენებოდა მცირე ზომის პლასტმასის კონტეინერების შესავსებად, სიმძიმის ძალის ზემოქმედებით, საცალო ვაჭრობისთვის. ხრახნიანი კონვეიერის ელექტრული ძრავა საცავი ბუნკერების ზემოთ იყო განლაგებული. მოწყობილობა უკვე დაახლოებით ერთი საათი მუშაობდა, როცა ოპერატორებმა ჩართული დატოვეს და შეუვინებზე გავიდნენ, რადგან ის აღჭურვილი იყო ავტომატური გადართველებით, რომლებსაც ბუნკერის ავსებისას ბურღი უნდა გამოეთრე. მოწყობებმა დაინახეს, რომ ხრახნიანი კონვეიერის ბურღის მილიდან კვამლი ამოდიოდა. კვამლს 20 მ სიმაღლის ცეცხლოვანი სფერო მოჰყვა. ხანძრის წარმოქმნის სიჩქარის გამო, ქიმიკატი (1-ის ტლიო pH-ით) ახლომდებარე მდინარეში ჩაიღვრა საშუალო ტვირთამწიკის კონტეინერებიდან (intermediate bulk container, IBC), რომლებიც საავარიო მიწაყრილების გაკეთებამდე დაზიანდა. ქარხანა, რომელიც ინციდენტი მოხდა, მთლიანად დაიწვა, თუმცა ადამიანები არ დაზარებულან.

გამომწვევი მიზეზები

როგორც ჩანს, ცეცხლი კონვეიერის პოლიპროპილენის მილის შიგნით გაჩნდა, სავარაუდოდ, ნატრიუმის დიქლორიზოციანურატის დიჰიდრატის (უცნობი მიზეზებით გამოწვეული) მოულოდნელი მექანიკური გადახურების გამო, როდესაც მან თერმული დამლის ტემპერატურას მიაღწია. თუ დამლის ტემპერატურას მიაღწევს, ქიმიური ნივთიერება, რომელიც მყარგავს წარმოადგენს, თვითრეაგირებადი ხდება და სითბოს გამოყოფს. პოლიპროპილენის მილი მანამდე უნდა გახურებულიყო, სანამ დეფორმირებას და დნობას დაიწყებდა, რის გამოც პლასტმასი მყარგავს შეეროდა, ეს კი პლასტმასის აალებას გამოიწვევდა. ჯერჯერობით სასამართლო ექსპერტიზას არ გამოუვლენია მტკიცებულება, რომლითაც გარკვეული დადგინდებოდა, თუ რა გზით მოხდა ხანძრის სწრაფი გავრცელება ან რამ გამოიწვია ცეცხლოვანი სფეროს წარმოქმნა.

მნიშვნელოვანი დასკვნები

- ზიანის შემცირების ღონისძიებები, რომლებიც ახლომდებარე წყალსაცავებში ჩადენების პრევენციისთვის ჩატარდა, არასაკმარისი აღმოჩნდა.
- ქლორწყალბადმყავისა და სხვა ქიმიური ნივთიერებების საშუალო ტვირთამწიკის კონტეინერები, რომლებიც ეზოში, უშუალოდ ქარხნის შენობის მიმდებარედ ინახებოდა, ხანძარმა დაზიანა და მათი შიგთავსი გადმოიღვრა, რაც შესაძლოა წყლის დაინტერუბის ერთ-ერთი წყარო ყოფილიყო.

ეკოლოგიური ზიანი

- მდინარის დაბინძურება, გარემოს დაცვის სააგენტოს მიერ, მათი ინციდენტთა კლასიფიკაციის საერთო სკემის მიხედვით, 1-ელ კატეგორიად (დიდი ეკოლოგიური ზიანის გამოწვევი ინციდენტი) კლასიფიცირდა.
- მდინარის 6 კმ-იან მონაკვეთზე 2500-ზე მეტი თევზი დაიღუპა.
- შეფასების მიხედვით, მდინარეს 4-7 წელი დასჭირდება იმისათვის, რომ ინციდენტამდელ მდგომარეობას დაუბრუნდეს.

დაგროვილი გამოცდილება

- ოპერატორი უნდა იცნობდეს სადრენაჟო სისტემის გეგმას და უნდა იცოდეს, თუ როგორ შეიძლება მათი მასალა წყლის ნაკადში აღმოჩნდეს.
- ავარიის შედეგად ზიანის შესამცირებლად, რეკომენდირებულია საწყობებში ქიმიური ნივთიერებების განცალკევება, ხანძარსაწინააღმდეგო განყოფილებების ზომების შემცირება.
- ასევე, ხანძრის პრევენცია ყოველთვის ეფექტური არ არის მეორადი (მაგ., ეკოლოგიური) შედეგების პრევენციის თვალსაზრისით.
- როგორც აღმოჩნდა, ნატრიუმის დიქლორიზოციანურატის დიჰიდრატის გაეროს კლასიფიკაცია არ იძლევა ნივთიერების რეაქციული ბუნებისა და შესაძლო საფრთხის შემცველი პირობების ზუსტ აღწერილობას. კლასიფიკაციის სისტემაში, ის არ არის შეტანილი 4.1 განყოფილებაში – თვითრეაქციული, ვინაიდან მას მყარგავი თვისებები აქვს. ის რომ თვითრეაქციულად ყოფილიყო კლასიფიცირებული, მასზე იქნებოდა შეზღუდვა 50 კგ ან უფრო მცირე ზომის შეფუთვაში ტრანსპორტირებისათვის, და არ იქნებოდა ხელმისაწვდომი 1000 კგ-იან საშუალო ტვირთამწიკის დრეკად კონტეინერებში (flexible intermediate bulk container, FIBC), ე.წ. „ბიგ-ბეგებში“.

[EMARS ავარია № 534.]

MAHB-ბიულეტენი

უსაფრთხოების ტექნიკის შეფასება მოქალაქეთა დაცვისა და უსაფრთხოების ინსტიტუტი ევროპის კომისია 21027 ისპრა (VA), იტალია <http://ipsc.jrc.ec.europa.eu/>



European Commission

(გაგრძელება მე-3 გვერდზე...)

ნომერი 3
ივნისი, 2013

JRC83668

მასშტაბური ავარიები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ზემოქმედებენ გარემოზე

საკვანძო სიტყვები

გარემოზე ზემოქმედება

გარემოს დაბინძურება

კალაპოტი

სახანძრო დანიშნულების წყლის ჩადინება

დაბინძურება

ბუნებრივ-ტექნოგენური (Natech)

მდინარეები

დინების საწინააღმდეგოდ

ტოქსიკური გამონაბოლქვი

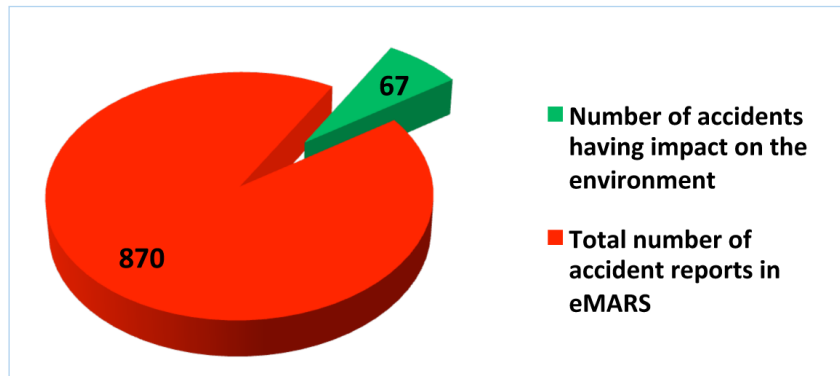
დაბინძურებული სახანძრო დანიშნულების წყალი

შედეგების შემსუბუქება

საერთო ფაქტორები

თითოეული შემთხვევის ეკოლოგიური შედეგების უნიკალურობიდან გამომდინარე, ეკოლოგიური ზიანის დიაგნოზისა თუ ტიპის ერთიანად შეჯამება შეუძლებელია. თუმცა, ამ ავარიების ეკოლოგიურ ზემოქმედებასთან დაკავშირებით, შესაძლებელია ზოგიერთი საერთო ელემენტის გამოყოფა, როგორც არის:

- მაგალითად, 48 ავარია (80%) წყლის რესურსებთან ახლოს მოხდა, რომლებიც შემთხვევების შედეგად ძლიერ დაბინძურდა. გარდა ამისა, ამ ზემოქმედების ეფექტები უცაბედი და პირდაპირი იყო.
- კიდევ ერთი აღსანიშნავი მსგავსება არის ის, რომ ობიექტების ოპერატორებს არ ან თითქმის არ შეეძლოთ წყლის გარემოს (მდინარეები, ზღვა) დაბინძურების შეჩერება ან შედეგების შემსუბუქება, რაც იმით აიხსნება, რომ მათ დროულად ვერ შენიშნეს დამაბინძურებლის დაკარგვა ან ისინი არ ფლობდნენ ადეკვატურ საშუალებებს დაწყებული გადინების შესაჩერებლად.
- ხშირად, ავარიების ანგარიშებში მითითებული იყო, რომ საკმარისი არ იყო ან ვერ მიიღეს რისკების შეფასების სათანადო პროცედურები ეკოლოგიურ შედეგებთან დაკავშირებული რისკების გამოვლენისა და შემცირებისთვის.
- ზოგ შემთხვევაში დაბინძურება გამოწვეული იყო დაბინძურებული სახანძრო დანიშნულების წყლის ჩადინებით (EMARS ავარია № 803, № 157, № 167, № 529 და № 563). ზოგ შემთხვევაში მმართველობამ არ იცოდა, რომ სადრენაჟო სისტემა პირდაპირ უკავშირდებოდა მიმდებარე წყლის ობიექტს, ნაცვლად იმისა, რომ მისგან განცალკევებული ყოფილიყო.



მასშტაბური ავარიები გარემოზე მნიშვნელოვანი გავლენით eMARS-ში

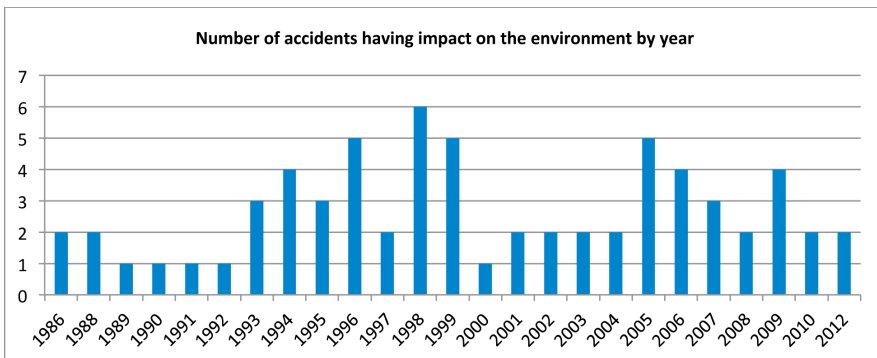
მასშტაბური ავარიები ბუნებრივ გარემოზე მნიშვნელოვანი გავლენით

ამ ბიულეტენის მომზადებისას, შევისწავლეთ eMARS ავარიის 60-ზე მეტი ანგარიში, რომლებიც გარემოს დაცვის საკითხებთან არის დაკავშირებული. ამ ანგარიშებიდან შეირჩა შემთხვევათა საბოლოო ჯგუფი, სადაც შევიდა ავარიები, რომლებმაც სხვადასხვა ეკოლოგიური რეციპიენტის, როგორცაა წყალი და ნიადაგი, მნიშვნელოვანი დაბინძურება გამოიწვია, რაც ხშირად დიდ ტერიტორიებს მოიცავდა.

როგორც ზემოთ მოყვანილ წრიულ დიაგრამაზეა ნაჩვენები, დადგენილია, რომ eMARS-ის მასშტაბური ავარიების მონაცემთა ბაზაში დაფიქსირებული ანგარიშების დაახლოებით 7% გარემოზე მცირე ან დიდ ზემოქმედებას ახდენდა. აღნიშნულ შემთხვევათა უმრავლესობაში, ბუნებრივი წყლის ობიექტები, მაგალითად, მდინარეები, დამბები ან ზღვა, დაბინძურდა სადრენაჟო სისტემის გარემოს კომპონენტებთან პირდაპირი კავშირის, ან სამაშველო ოპერაციებში გამოყენებული სახანძრო დანიშნულების წყლის გაშვების გამო. ამ შემთხვევების დაახლოებით 80% აჩვენებს, რომ გაუონილი საშიში ნივთიერებები შეიძლება ადვილად აღწევდეს მიმდებარე წყლის რესურსებს.

მაგალითად, გარემოში გადინება შეიძლება მოხდეს, თუ შესაძლებელია რეზერვუარები არ არის გარშემორტყმული ჯებირებით, ან თუ ისინი არსებობს, ჯებირები არ არის აგებული ისე, რომ მოაგროვოს სახანძრო დანიშნულების წყალი და გაუძლოს ძლიერ ნალექებს.

აქ მოყვანილი სვეტებიანი დიაგრამა აჩვენებს, რომ ეკოლოგიური ზიანის გამომწვევი მასშტაბური ავარიები რეგულარული სიხშირით ხდება ბოლო 25 წლის განმავლობაში და რაიმე გამოკვეთილი ისტორიული ტენდენცია არ არსებობს.



მასშტაბური ავარიები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ზემოქმედებენ გარემოზე

ავარია 2 ნავთობქიმიური

მოვლენათა თანმიმდევრობა

ნავთობგადამამუშავებელი ნავსადგურში ნავთობტანკერის დატვირთვისას, დაჯანგულმა მილმა გაჟონვა დაიწყო და 478 ტ მასული დაიღვარა, საიდანაც 180 ტ ახლომდებარე მდინარეში ჩაიღვარა. წყლის ზედაპირზე ნახშირწყალბადების არსებობა შეინიშნა ბარჯაზე მყოფმა პირმა, რომელმაც განგაში ატეხა. თავად გაჟონვა მხოლოდ 5 საათის შემდეგ აღმოაჩინა ინსპექტორმა, რომელმაც გაჟონვის უბანი გამოავლინა 500 მ-ით ზემოთ იმ ადგილიდან, სადაც ნახშირწყალბადები აღმოაჩინეს და მისი იზოლირება მოახდინა. უსაფრთხოების ზომის სახით, დაღვრის შემდეგ, ზოგიერთ სანაპიროზე საზოგადოებრივი შეზღუდვები დაწესდა და მდინარის შესართავში თევზაობა აკრძალა. მდინარის ნაპირის 90 კმ-იანი დაბინძურებული ზოლის გაწმენდის სამუშაოებში სამხსევარი თვის მანძილზე 750 ადამიანზე მეტი მონაწილეობდა (აიღეს 6170 ტ ნარჩენები, რომელიც იქვე შეინახეს განადგურებამდე).

გამომწვევი მიზეზები

12 დუიმის (~300 მმ) დიამეტრის მქონე, თერმოსაიზოლაციო მასალით შემოფენილი დაზიანებული მილსადენი შეადგენს მილების სტელაჟის ნაწილს, რომელიც ორ დონეზე განლაგებული 20 მილისაგან შედგება. დაზიანებული მილის მონაკვეთის გამოკვლევამ გამოავლინა დაახლოებით 16 სმ სიგრძისა და 1 სმ სიგანის სიგრძივი ნარალი, აღმოჩენილი ლოკალური კოროზიის მიმდებარედ, თბოსაიზოლაციო მასალის ქვეშ. წყალმა, რომელიც ნავთობის მილსადენის ვერტიკალურად ზემოთ მდებარე გახვრეტილი მილიდან ჩამოედინებოდა, გაჟონა დაზიანებულ თერმოსაიზოლაციის შრეში და ჯერ ფოლადის კოროზია, შემდეგ კი მილის გახვრეტა გამოიწვია.

მნიშვნელოვანი დასკვნები

- ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნისთვის მიღებული იყო მილის შემოწმებისა და ტექნომასხურების პროგრამა, იმპროცედურის შესაბამისად, რომელიც შემუშავებული იყო ინსპექციისა და ტექნომასხურების სხვადასხვა სიხშირის დასადგენად, მილის კონფიგურაციის ტიპისა და დაზიანებისადმი პოტენციური მგრძობელობის მიხედვით. თუმცა ამ პროგრამაში სუსტად იყო შეფასებული სპეციალური ტექნიკური სამუშაოების მნიშვნელობა იმ მილზე, რომელზეც გაჟონვა მოხდა, მიუხედავად რიგი გამაფრთხილებელი ნიშნებისა, რასაც წინა თვეებში მილების მოცემულ ჯგუფზე ჰქონდა ადგილი და მიუხედავად

ამ მილებიდან რომელიმე დაზიანების პოტენციურად სერიოზული შედეგებისა, თუ გაკეთვალისწინებთ მდინარის ნაპირთან სიახლოვეს.

- რეზერვუარიდან საკონტროლო ოთახთან დაკავშირებული სათანადო უკუკავშირის სისტემის არარსებობა, რომელიც ჩატვირთვის განმავლობაში რეზერვუარში ნავთობის დონეს აჩვენებდა, შემთხვევის ყველაზე მნიშვნელოვანი მიზეზი იყო. საკონტროლო ოთახს რამდენიმე საათის განმავლობაში არ მიეწოდა ინფორმაცია იმის შესახებ, რომ ნავთობი რეზერვუარს არ აღწევდა.

ეკოლოგიური ზიანი

- მოქცევა-უკუკვებისა და ნაკადების ეფექტის გამო, 180 ტ ნავთობი მდინარის შესართავის ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნაპირებზე გაიფანტა.
- ამ დაბინძურებამ მთელ არეალში დიდი რაოდენობით ფრინველების დაღუპვა გამოიწვია.
- რამდენიმე ტონა მკვდარი ცხოველი აღირიცხა ავარიის შემდგომ დღეებში.

დაგროვილი გამოცდილება

- დაზიანებული მილსადენის ბოლო ინსპექცია შემთხვევამდე 4 წლით ადრე ჩატარდა. მილსადენის ინსპექცია და მონიტორინგი უფრო ხშირად უნდა ჩატარებულიყო.
- წყლის ან/და მიმდებარე ტერიტორიის ვიზუალური დათვალიერება ან რეგულარული სინჯები არ ტარდებოდა, რაც შეიძლებოდა ეფექტური ყოფილიყო შემთხვევამდე სათანადო დროით ადრე ნახშირწყალბადების გაჟონვის განსაზღვრის თვალსაზრისით.
- არ იყო დაყენებული უსაფრთხოების ბარიერი, რომელიც შეძლებდა დაებლოკა ან შეეწელებინა მდინარეში ჩამავალი ნახშირწყალბადების ნაკადის ინტენსივობა.
- საკონტროლო ოთახში მყოფი ოპერატორები დარწმუნებულები უნდა იყვნენ, რომ რეზერვუარში გაგზავნილი რაოდენობა ნამდვილად აღწევს მას (მაგ., დონეების კონტროლის სისტემა).

[EMARS ავარია № 701]
დამატებითი ინფორმაცია: <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/IMPEL-2009-5438.html>
წყლის ნახშირწყალბადებით დაბინძურების ეფექტები: <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/CD-rom-250-fiches-7211.html> № 56-2

რეკომენდაციები

თუ სახიფათო ობიექტი წყლის რესურსებთან ახლოს მდებარეობს, ოპერატორი დარწმუნებული უნდა იყოს, რომ სადრენაჟო სისტემა არ დაუშვებს საშიში ნივთიერებების პირდაპირ წყლის ობიექტებში ჩადინებას.

რისკების შეფასება უნდა ითვალისწინებდეს ამინდის ექსტრემალური მოვლენების შესაძლებლობას და მათ შედეგებს.

ოპერატორები, უსაფრთხოების მართვის სისტემაში, უნდა ითვალისწინებდნენ პოტენციურ გადინებას გარემოში, მაგალითად, ტექნომასხურების დაგეგმვისას, ინსპექტირებისას და აუდიტის დასკვნებზე გამომხატურებისას.

იქ, სადაც მნიშვნელოვანი დაღვრის პოტენციალი არსებობს, შედეგების შემსუბუქების მიზნით, უნდა აიგოს დამცავი ბარიერები.

სევესოს ხელმძღვანელობამ სახიფათო საწარმოო საქმიანობების მონიტორინგი უნდა აწარმოოს ტექნოლოგიური ბლოკის არსებობის მთელი ციკლის მანძილზე, დაპროექტიებიდან (თუ ეს შესაძლებელია) ექსპლუატაციიდან მის გაყვანამდე. დანადგარის ექსპლუატაციიდან თანდათანობითმა გაყვანამ შესაძლოა ობიექტის ოპერატორის მხრიდან ყურადღების მოდუნება განაპირობოს, განსაკუთრებით, თუ სევესოს დირექტივა წყვეტს მასზე მოქმედებას.

როდესაც ავარიის პოტენციური გამომწვევი ახალი გამოვლენილია (მაგალითად, დატბორვა წყალდიდობის დროს, უსაფრთხოების დარღვევა და ა.შ.), ოპერატორმა ობიექტზე რისკების ხელახალი შეფასება უნდა განიხილოს.

ზოგიერთ ობიექტზე არსებობს პრევენციული ღონისძიებები, რომელთა განხილვაც ავტომატურად უნდა მოხდეს, რათა თავიდან იქნას აცილებული მნიშვნელოვანი გადინება გარემოში. მაგალითად, ავარიის შედეგების შესამცირებლად, მიზანშეწონილია საწყობში არსებული ქიმიკატების განცალკევება და მათი შიდა სახანძრო განყოფილებების ზომების შემცირება.



ბლოკი, რომელშიც ავარია მოხდა (წყარო: ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) № 34351 და Gendarmerie Nationale)

ავარია 3

პესტიციდების, ბიოციდებისა და ფუნგიციდების წარმოება და შენახვა

მოვლენათა თანმიმდევრობა

პესტიციდების საწყობში, სადაც დაახლოებით 1350 ტ სასოფლო-სამეურნეო პესტიციდები და ქიმიკატები ინახებოდა, ხანძარი გაჩნდა. შუალაშიდან ცოტა ხნის შემდეგ, ობიექტზე მყოფმა მუშამ საწყობში ცეცხლი შენიშნა და სახანძრო სამსახურს შეატყობინა. ხანძრის ჩასაქრობად და სხვა ახლომდებარე საწყობების დასაცავად 400-მდე მეხანძრე გაიგზავნა. ცეცხლის ალმა, რამდენიმე წუთის განმავლობაში, 4500 მ² ანგარის მესამედი დაწვა. ხანძარმა საწყობი მთლიანად გაანადგურა.

საშიშიგამონაბოლქვიზაზელისაგლომერაციას მოედო და 10 000 – 15 000 მ³ წყლის უდიდესმა ნაწილმა, რომელიც ხანძრის ჩასაქრობად გამოიყენებოდა, ძლიერ დაბინძურებულმა, მდინარე რაინს მიაღწია, დაახლოებით 30 ტ ძლიერ ტოქსიკურ პესტიციდებთან ერთად. რაინის დაბინძურების მთავარი მიზეზი ფოსფოროგანული პესტიციდები იყო, როგორცაა დისულფოტონი, თიომეტონი, ეტრიმფოსი და პროპეტამფოსი. ასევე, დაიდგარა ვერცხლისწყლის შემცველი ფუნგიციდები.

გამომწვევი მიზეზები

გამომძიებლების მიერ ავარიის მიზეზების რეკონსტრუქციის მიხედვით, სავარაუდოდ, გამომწვევი ბერლინური ლაჟვარდის პლასტმასის ფირის თერმული შეფუთვა იყო (წყარო: Humi, B. (Amt für Umweltschutz und Energie, Kantons Basel-Landschaft, Liestal, Schweiz – სანდოხის ავარია. ორგანული მიკროდამაბინძურებლები წყლის გარემოში, ევროპის მესუეთე სიმპოზიუმის მასალები, რომი, იტალია, 20-22 ოქტომბერი, 1987, გვ. 128-131 DOI:10.1007/978-94-009-2989-0_19, ჟურნ. Springer 1988). სავარაუდოდ, ცეცხლი რამდენიმე საათის განმავლობაში შეუმჩნევლად ზეუტავდა, სანამ ძლიერ ააღებოდა. სიჩქარე, რომლითაც ცეცხლი გავრცელდა, მიუთითებს, რომ ქაფოვანი ცეცხლმაქრები არ იყო ეფექტური და, რომ დიდი რაოდენობით წყალი იქნა გამოყენებული (400 ლიტრი წამში). სახანძრო ბრიგადა, გარდა იმისა, რომ საწყობში ცეცხლის ჩაქრობას ცდილობდა, ასევე, ცდილობდა, სივრცულ შენარჩუნებინა მეზობელ საწყობში, სადაც ნატრიუმი ინახებოდა და, ამავე დროს, ნატრიუმი წყალში არ მოხვედრილიყო.

მნიშვნელოვანი დასკვნები

- საერთაშორისო განგაში რაინზე დილის 3 საათზე დაიწყო. თუმცა, გარკვეული გაუგებრობა მოხდა კომუნიკაციის მხრივ და წერილობითმა შეტყობინებამ სტრასბურგამდე მხოლოდ 23:40-ზე მიაღწია.
- წყლის მიმღები ნაგებობები მარცხენა სანაპიროზე, ზაზელსა და სტრასბურგს შორის, დროულად არ ჩაიკეტა.
- იმ დროისათვის მოქმედი კანონმდებლობა სუსტი იყო საშიში ნივთიერებების

კრიტიკული დაღვრის თავიდან ასაცილებლად (ზრძანებულება მასშტაბური ავარიებისგან დაცვის შესახებ, MAO (Major Accidents Ordinance): http://www.admin.ch/ch/e/rs/rs814_012.html).

ეკოლოგიური ზიანი

- მდინარე რაინის სერიოზულად დაბინძურდა და 250 კმ მონაკვეთი წითლად შეიღება. მარკურული საღებავის – „როდამინი B“ – საშუალებით, დაბინძურება ადვილად შესამჩნევი იყო წითელი შეფერილობის გამო.
- 10 დღეში დაბინძურებამ, რაინის გავლით, ჩრდილოეთის ზღვას მიაღწია.
- გამოთვლებით, ნახევარი მილიონი თევზი დაიღუპა, ხოლო ზოგიერთი სახეობა მთლიანად ამოწყდა.
- რაინის გასწვრივ, ნიდერლანდებამდე, წყლის ყველა მომრედეგულმა, 18 დღემდე პერიოდის განმავლობაში, შეწყვიტა წყლის ამოღება სასმელი წყლის წარმოებისთვის.
- სახანძრო დანიშნულების წყლის დაგროვების ადეკვატური სისტემების არარსებობამ და ობიექტიდან რაინში ზედაპირული წყლის სწრაფმა დრენაჟმა მდინარის წყლის მასშტაბური დაბინძურება გამოიწვია.

დაგროვილი გამოცდილება

- საწყობებში ქიმიური ნივთიერებები სათანადოდ უნდა იყოს განვალკვეებული და სახანძრო განყოფილების ზონა უნდა შემცირდეს.
- წყლის ბუნებრივ რესურსებთან ახლოს განლაგებულ საწყობებში გათვალისწინებული უნდა იყოს მეორადი (მაგ., ეკოლოგიური) შედეგები.
- საჭიროა სახანძრო დანიშნულების წყლის მართვა და დასაგროვებელი წყლის მოცულობის განსაზღვრა, დაბინძურების სავარაუდო ხასიათის გათვალისწინებით (pH, ტოქსიკურობა, აალებადობა და ა.შ.).
- საჭიროა დროული და ეფექტური სასაფრთხო სისტემები, რომლებიც დინების მიმართულებით ქვევით განლაგებული დასახლებებისთვის სწორი ინფორმაციის მიწოდებას უზრუნველყოფს, რაც მათ შესაბამისი ზომების მიღების საშუალებას მისცემს.

[EMARS ავარია № 803. იხილეთ, აგრეთვე, EMARS ავარია № 48 და № 563.]

მსგავსი მოვლენები:

- ავარია ანავერსას საწარმოში, კორდობა, მექსიკა, 1991
 - ნივთიერებების გაფონვა მდინარე სუნგარში (http://en.wikipedia.org/wiki/2005_Jilin_chemical_plant_explosions <http://homepage.env.dtu.dk/stt/teaching/Example%20for%204%20page%20homework.pdf> http://www.unep.org/PDF/China_Songhua_River_Spill_draft_7_301205.pdf)
- მეტი ინფორმაცია სახანძრო დანიშნულების წყლების გაფონვის შესახებ: <http://a0768b4a8a31e106d8b0-50dc802554e-b38a24458b98ff72d550b.r19.cf3.rackcdn.com/pmho600bbud-e-e.pdf>

ბანსფილდში ხანძრისა და აფეთქებების შედეგად, PFOS (Perfluorooctane Sulfonate)-ის შემცველი სახანძრო წყლის ჩადინებამ გრუნტის წყლების მასშტაბური დაბინძურება გამოიწვია (<http://www.buncefieldinvestigation.gov.uk/reports/index.htm#final>)

ავარია 4 საწვავის საცავი

მოვლენათა თანმიმდევრობა

2010 წლის 23 თებერვალს, დილით ადრე, საწვავის საცავში დიდი რაოდენობით მინერალური ზეთის დაღვრა მოხდა, რაც განზრახ ქმედებით იყო გამოწვეული. ნახშირწყალბადების, დიზელისა და მძიმე თხევადი საწვავის დაახლოებით 2600 ტ ნარევი ქარხნის დასატვირთი ნავმისადგომის მიღებიდან გადმოღვარეს. ამ მომენტთან, მთავარი სანიაღვრე არხის გავლით მეზობელი ქალაქის გამშენი სადგურის მიღწევის შემდეგ, პროდუქტი ახლომდებარე მდინარე ლამბროში ჩაიღვრა, რამაც აღნიშნული მდინარის, ასევე, მდინარე პოს მასშტაბური დაბინძურება გამოიწვია.

გამომწვევი მიზეზები

ნახშირწყალბადების გამოშვება დიზელისა და მძიმე თხევადი საწვავისთვის განკუთვნილ დასატვირთი ნავმისადგომზე განლაგებული დასატვირთი სახელოდან მოხდა, რომელიც პირდაპირ უკავშირდებოდა დამატებით რეზერვუარს საწვავის დეპოში. გამომწვეული ნივთიერებები ქარხნის შიდა საკანალიზაციო სისტემაში ჩაიღვრა, საიდანაც API (American Petroleum Institute)-ის ნავთობის სეპარატორში გადავიდა და მისი გადაცემა გამოიწვია. პროდუქტების ნაწილმა გვერდი აუარა ზიანის მინიმიზაციის ბარიერებს გაჯერების მაღალი ღონის გამო და ნავთობის სეპარატორში პირდაპირ დეპოს ეზოდან მოხვდა. შესაბამისად, ნივთიერება ავზი-სეპარატორიდან მთავარი სარქველის გავლით, რომელიც მუდმივად ღია იყო, შედეგების ლიკვიდაციის მიზნით ჰიდრაულიკური ბარიერიდან გამდინარე წყლის გამოსაშვებად, ქარხნის გარეთ მდებარე სანიაღვრე არხში გადავიდა. სანიაღვრე არხი მუნიციპალიტეტის მთავარ საკანალიზაციო კოლექტორთან არის დაკავშირებული. ამ გზით, ნახშირწყალბადების ნაკადი, საბოლოოდ, ახლომდებარე ქალაქის გამშენი სადგურში მოხვდა, საიდანაც მიმდებარე მდინარეში ჩაიღვრა.

მნიშვნელოვანი დასკვნები

- პროდუქტი, სავარაუდოდ, გადმოვიდა დატვირთვის სახელოდან, თითოეული რეზერვუარის ძირში განლაგებული შევსების სარქველის გახსნის (რომელიც, ჩვეულებრივ, დაკეტილია) და ელექტრული ტუმბოების აქტივაციის (რომელიც, ჩვეულებრივ, გამორთულია) გზით. შემთხვევის გამომძიებელმა ოფიციალურმა პირებმა გააკეთეს დასკვნა, რომ დაღვრა ზოროტი განზრახვით ჩადენილი ქმედების შედეგი იყო. პოლიციის აზრით, საბოლოოდ მომწყოში პირისთვის გადამამუშავებელი ქარხნის მუშაობა ნაცნობი უნდა ყოფილიყო, იმისათვის, რომ ნავთობის რეზერვუარის

მასშტაბური ავარიები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ზემოქმედებენ გარემოზე

მთავარი სარქველის გახსნა და მისი შიგთავსის გამოშვება მოხერხებინა.

- გაწმენდა განსაკუთრებულ სირთულეებთან იყო დაკავშირებული, ვინაიდან მდინარე ლამბრო სწრაფად მიედინებოდა და ადიდებული იყო ერთიგვანი წვიმების შემდეგ. ნაკადი მეტისმეტად ძლიერი იყო იმისათვის, რომ ბარიერებს ნავთობი შეეჩერებინათ, რომელიც ერთ დღეზე გაცილებით ნაკლებ დროში 50 კმ-ზე გავრცელდა საწვავის დეპოსა და მდინარე პოს შორის. სამოქალაქო დაცვის დეპარტამენტმა ხუთდღიანი განგაში გამოაცხადა იტალიის უმსხვილეს სამდინარო გზაზე და აკრძალა წყლის ამოღება ქალაქი პიაჩენცა და მისი შემდგომი ტერიტორიებიდან. მენავეებს განსაკუთრებული სიფრთხილისკენ მოუწოდეს, რადგან ნავთობის ლაქა ადვილად აალებდა.
- ქარხანა დეკლასიფიკირებული იყო ერთი წლით ადრე, მას შემდეგ, რაც ოპერატორმა მიიღო დეკლარაცია სვესოს დირექტივის მე-6 მუხლის შესაბამისად, საქმიანობის მონახლოებულ სამუდამო შეჩერებას და ობიექტის აღდგენასთან დაკავშირებით. მე-18 მუხლის შესაბამისად ჩატარებულმა შემდგომმა ინსპექციამ დაადსტურა, რომ ნივთიერებათა რაოდენობა დაფარვის კრიტერიუმებს არ აკმაყოფილებდა. თუმცა, შემთხვევამ აჩვენა, რომ ობიექტზე შესაძლოა ნივთიერებების გაცილებით დიდი რაოდენობა იყო. რეალურად, დიზელის საწვავი დაიღვარა სამი რეზერვუარიდან – ორი მათგანი 2500 კუბური მეტრის მოცულობის, რომელთაგან ერთი სავსე იყო, მესამე კი უფრო მცირე მოცულობის იყო. ინციდენტის შემდეგ დაიწყო სისხლისსამართლებრივი გამოძიება ნავთობკომპანიის მიმართ, სვესოს დირექტივის შესაძლო დარღვევაზე, სხვა დარღვევებთან ერთად.

ეკოლოგიური ზიანი

- ნავთობის დაღვრამ ახლომდებარე წყლის ობიექტები დააზიანა. მდინარე პო იტალიის უმსხვილესი წყლის ობიექტია, რომელსაც ათასობით ფერმერი ნათესების სარწყავად იყენებს. პოს დელტის ჭაობები წარმოადგენს ნაკრძალსაც, სადაც ბინადრობს მცენარეთა 1000-ზე მეტი სახეობა და 300 სხვადასხვა ფრინველი, რომელთაგან ზოგიერთი გადაშენების პირას არის. ცნობების მიხედვით, დაღვრამ ათეულობით ფრინველისა და ცხოველის დაღუპვა გამოიწვია და ევროპის ერთ-ერთი უგრძესი მდინარის სხვადასხვა მონაკვეთზე საგანგებო მდგომარეობა გამოცხადდა.
- ნახშირწყალბადების (ნავთობი/თხევადი საწვავი) ნარევის რაოდენობა წყლის ობიექტებში გამოიყო. წყლის ხარისხზე მათი გავლენა სხვადასხვა იყო. თუმცა, გავლენა განსაკუთრებით მძიმე იყო პირველ მდინარეზე (ლამბრო) და შედარებით მსუბუქი – მეორე მდინარეზე (პო). დაბინძურების დონემ თანდათანობით დაიწია, როდესაც დამაბინძურებელი ნივთიერებები ნაკადმა ზღვისკენ წაიღო.
- ქალაქის გამწმენდი სადგურიდან დაახლოებით 1250 ტ ნავთობპროდუქტი იქნა ამოღებული, ხოლო 300 ტ – დეპოს ეზოებიდან, ანუ სულ, გამწმენდი სადგურის ზემო მონაკვეთში, 1550 ტ პროდუქტი იქნა

ამოღებული. დანარჩენი 1050 ტ ნავთობის ნაწილი, რომელიც ქალაქის გამწმენდი სადგურის ქვემოთ მდინარეში ჩაიღვარა (დაახლოებით 550 ტ), საავარიო სამსახურის მიერ აგებული ბარიერული სისტემების მეშვეობით იქნა ამოღებული.

- დაახლოებით 500 ტ ნავთობი მდინარეებში გაიფანტა ქალაქის გამწმენდი სადგურსა და ზღვას შორის, სადაც მდინარეების კალაპოტის საერთო სიგრძე 300 კმ-ს აღემატებოდა.

დაგროვილი გამოცდილება

- დატვირთვის ნავმისადგომებზე ან/და მათ სატუმბ ალჭურვილობაზე ან ალჭურვილობის ავტომატური სენსორული მოწყობილობის სისტემებზე (დისტანციური მართვით), მაგალითად, ნახშირწყალბადების ტრანსპორტირების ტუმბოებზე, დაყენებული უნდა იყოს სათანადო ტექნიკური სისტემები, როგორც არის რეზერვუარებში დონეების კონტროლის ავტომატური სისტემა ან ავტომატური ჩამკეტი სისტემები.
- ობიექტის ექსპლუატაციიდან გამოყვანის შემთხვევაში, არასამუშაო საათებში დაცვის პერსონალის მომსახურების გარდა, უნდა დაყენდეს შეღწევის საწინააღმდეგო სიგნალიზაციის სისტემები, რათა თავიდან იქნას აცილებული საცავიდან გატაცების ან ქურდობის აქტები ან მოხდეს საგანგებო მოქმედებების დაუყოვნებლივ აქტივაცია არარეგულარულ საათებში გახსნისას.
- მიღებული უნდა იყოს ეკოლოგიურ ზიანთან დაკავშირებული რისკების გამოვლენისა და შემცირების

პროცედურები, როგორცაა უშუალოდ რეზერვუარის გამოსასვლელთან განლაგებული სარქველის დაკეტვა ნახშირწყალბადების არსებობისას.

- უნდა არსებობდეს მანუალური ჩამკეტი სისტემის ტექნომსახურების პროცედურები, განსაკუთრებით, ავზი-სეპარატორის გამოსასვლელთან განლაგებული სარქველის ჩაკეტვასთან დაკავშირებული პრობლემების გათვალისწინებით.
- ეს, აგრეთვე, წარმოადგენს შესვენებას, რომ სვესოს ხელმძღვანელობამ უნდა განაგრძოს სახიფათო ინდუსტრიული აქტივობების ზედამხედველობა, ექსპლუატაციიდან თანდათანობით გამოყვანის შემთხვევებშიც კი, ვინაიდან კომპანიის ოპერატორების მიერ ყურადღება დუნდება, როდესაც სვესოს მეთვალყურეობა წყდება.

[EMARS ავარია № 756, იხილეთ, აგრეთვე, EMARS ავარია № 48]



სემესტრის დევიზი

„ნუ ააფეთქებ
– კარგი
პლანეტა ძნელი
საკონველია“

ციტირება Time-ში

MAHB-ბიულეტენი

კონტაქტი

დამატებითი ინფორმაციისათვის ამ ბიულეტენთან დაკავშირებით, რომელიც მასშტაბური ინდუსტრიული ავარიებიდან მიღებულ გამოცდილებას ეხება, მიმართეთ მისამართზე:

zsuzsanna.gyenes@jrc.ec.europa.eu

ან emars@jrc.ec.europa.eu

უსაფრთხოების ტექნიკის შეფასების განყოფილება
ევროპის კომისია
ერთობლივი კვლევითი ცენტრი
მოქალაქეთა დაცვისა და
უსაფრთხოების
ინსტიტუტი
Via E. Fermi, 2749

21027 ისპრა (VA), იტალია

<http://mahb.jrc.ec.europa.eu>

თუ თქვენი ორგანიზაცია ჯერ არ იღებს MAHB-ბიულეტენს, გთხოვთ, დაუკავშირდეთ: emars@jrc.ec.europa.eu. გთხოვთ, მიუთითოთ თქვენი სახელი და თქვენი ორგანიზაციის ბიულეტენის მიმღები საკონტაქტო პირის ელექტრონული ფოსტის მისამართი.



European
Commission

მასშტაბური ავარიები, რომლებიც მნიშვნელოვნად ზემოქმედებენ გარემოზე

ავარია 5 ზოგადი ქიმიკატების წარმოება

მოვლენათა თანმიმდევრობა

2002 წლის აგვისტოსა და სექტემბრის დასაწყისში, მდინარე ვლტავას ადიდებისას, Spolana-ის ქიმიური ქარხნის შენობები დაიტბორა. ობიექტის დატბორვისას, წყალმა ორ სხვადასხვა შენობაში შეაღწია და დატბორა საავარიო სადრენაჟო ჭები, რომელშიც თხევადი ქლორის რეზერვუარები იყო მოთავსებული. შედეგად, ქლორი ჰაერსა და წყალში მოხვდა.

გამომწვევი მიზეზები

კონტეინერები წყლის ნაკადმა ასწია, რამაც მიწების გახეთქვა და რეზერვუარზე ბუდის მოგლეჯა გამოიწვია. ქლორის საცავის რეზერვუარები ქლორს სხვადასხვა რაოდენობით შეიცავდნენ. ზოგი მხოლოდ დაცლის შემდეგ დარჩენილ აირად ქლორს შეიცავდა, ზოგი მოვლულობის 20%-მდე იყო სავსე, ხოლო ერთი რეზერვუარი პრაქტიკულად სავსე იყო. მას შემდეგ, რაც დაიტბორა წყლით, რომელიც „ასი წლის განმავლობაში წყლის დონეს“ 1,3 მ-ით აჭარბებდა, ცარიელი და შედარებით მსუბუქი რეზერვუარები ამომგდები ძალის ზემოქმედებით აიწია და მათი ჩვეული პოზიციებიდან გადაადგილდა. ამომგდები ძალა იმდენად ძლიერი იყო, რომ მათი ზემოქმედებით რეზერვუარების ზემოთ მდებარე სავალი ბილიკები (იხ. ქვემოთ) დეფორმირდა და აიწია. სავსე რეზერვუარის ჩამკეტი სარქველები სავალი ბილიკს წამოედო, რომელმაც მთლიანად მოგლეჯა ისინი, რადგან სავალი ბილიკი ზემოთ იწევდა. სავსე რეზერვუარიდან სარქველების მოგლეჯამ ქლორის მასიური გაჟონვა გამოიწვია.

მნიშვნელოვანი დასკვნები

- სტიქიური უბედურების მასშტაბებისა და დროის პროგნოზირება სწორად არ მოხდა.
- ნიაღვარი მოულოდნელი მიმართულებიდან წამოვიდა, რადგან კომპანიის ობიექტები დაიტბორა მდინარეების ელბასა და ვლტავას შესართავიდან ვლტავას ადიდებით გამოწვეული უკუდინებით წამოსული წყლით.

- პარადოქსია, მაგრამ იმის გამო, რომ აირადი ქლორი ძალიან სწრაფად მოხვდა მდინარეში, მისი ინჰალაციური ზემოქმედების ეფექტი ნაკლები იყო, ვინაიდან უმეტესი ნაწილი წყალში ძალიან სწრაფად გაიხსნა.

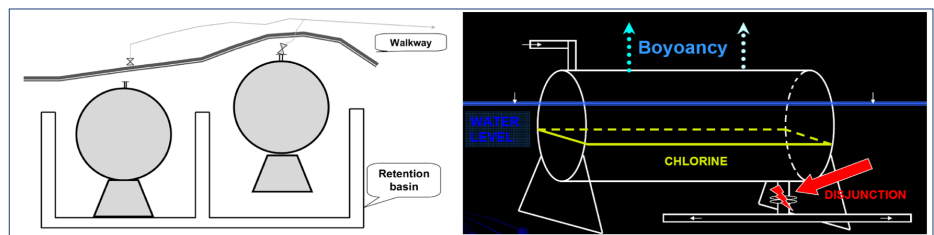
ეკოლოგიური ზიანი

- სულ, მდინარეში 80 ტ ქლორი მოხვდა.
- ავარიის შემდეგ, მდინარე ელბის წყლის ანალიზმა, ასევე, ნალექებისა და მიმდებარე ფერმების ფრინველების სინჯებმა დიოქსინებისა და პოლიქლორირებული დიფენილის (polychlorinated biphenyl, PCB) მომატებული კონცენტრაციები დაადასტურა.

დაგროვილი გამოცდილება

- ძლიერი წყალდიდობის შემთხვევაში, დატბორვით გამოწვეული ბუნებრივ-ტექნოგენური (Natech) ავარიები უფრო მეტად არის მოსალოდნელი იქ, სადაც ობიექტები წყალთან ახლოს მდებარეობს. აქედან გამომდინარე, ეს ობიექტები მზად უნდა იყვნენ მოულოდნელი ძლიერი წყალდიდობებისთვის და მუდმივად იქონიონ განახლებული პროტოკოლები ამგვარ მოვლენებთან დაკავშირებული რისკების კონტროლის მიზნით (იხილეთ, აგრეთვე: ცუნამის გამოცდილება, იაპონია, 2011, <http://www.livescience.com/27776-tohoku-two-years-later-geology.html>).
- სავალი რეზერვუარები/კონტეინერები არ იყო დამაგრებული მიწაზე, ამიტომ ნიაღვარმა მათი აწევა შეძლო. საშიში ნივთიერებების შემცველი სავალი რეზერვუარები/კონტეინერები მიწაზე უნდა იყოს დამაგრებული.
- სავალი ბილიკები ერთმანეთზე იყო გადაბმული, ამიტომ ერთი კონტეინერის აწევას მიმდებარე კონტეინერის აწევაც მოჰყვა. ამგვარი ჯაჭვური რეაქციის თავიდან ასაცილებლად, სავალი ბილიკები განცალკევებული უნდა იყოს.
- აღმოჩნდა, რომ ავარიული მონიტორინგის დეტექტორები ძალიან დაბალ სიმაღლეზე იყო განლაგებული, ამიტომ წყალი ადვილად მიწვდა მათ და ამ კონსტრუქციული შემთხვევის დროს ფაქტობრივად უსარგებლო გახდა. მონიტორინგის დეტექტორები გონივრულ სიმაღლეზე უნდა იყოს განლაგებული, რაც ობიექტის ლოკაციიდან გამომდინარე წყალდიდობის პოტენციური რისკის საფუძველზე გამოითვლება.

[EMARS ავარია № 45 და № 46.]



გამომწვევა

(წყარო: iChemE-ის ზარალის პრევენციის ბიულეტენის გამოცემა 180: „წყალდიდობა Spolana a.s.-ში 2002 წლის აგვისტოში“ და http://www.umweltbundesamt.de/nachhaltige-produktion-anlagen-sicherheit/anlagen/dokumente/wrrl/vortraege_des_2._workshops_in_luebeck/danihelka_luebeck_2008.pdf)