სურსათში ტყვიასთან ასოცირებული რისკის შეფასების ანგარიში

13.07.2018

რისკის შეფასების სამეცნიერო-საკონსულტაციო საბჭო

სამეცნიერო დასკვნა

ტყვია, როგორც კანცეროგენური საფრთხე გარემოში და ადამიანის ყოფაცხოვრებაში

გურანდა ავქოფაშვილი
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ელეფთერ ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის მეცნიერი, მოწვეული ექსპერტი.

ალექსანდრე ღონღაძე
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ელეფთერ ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი, გამოყენებითი კვლევების ცენტრის ხელმძღვანელი, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი, მოწვეული ექსპერტი.

საფრთხის იდენტიფიცირება

ტყვია არის რბილი, მკვრივი და დრეკადი ლითონი, რომელიც არის გარემოს ბუნებრივი დამაბინძურებელი. დღეს ტყვიით დაბინძურების დიდი წილი ანთროპოგენური აქტიურობის შედეგია, რომელიც უკავშირდება სამთამადნო, მეტალურგიული, შენადნობების, ბატარეების წარმოების, საბრძოლო მასალების, კერამიკის, ნავთობის და მრავალი სხვ. გამოყენებას. ამ ყველაფერმა გაზარდა ტყვიის დონე ნიადაგში, წყალსა და ჰაერში. როგორც ცნობილია, 1980 წლიდან ევროპაში სუფთა საწვავის (ტყვიის შემცველობის გარეშე) გამოყენებამ ხელი შეუწყო გარემოში მის შემცირებას. ტყვიის აკუმულაცია ნიადაგში და ზედაპირულ წყლებში მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, ესენია: pH, მინერალურ ნივთიერებათა შემადგენლობა და ორგანული მასის ტიპები. ნიადაგიდან ტყვია აკუმულირდება საკვებ მცენარეებში [1] [2] [3] [4].

ტყვია ადამიანის ორგანიზმში შესაძლოა მოხვდეს საკვებიდან, წყლიდან, ნიადაგიდან, მტვრიდან და ჰაერიდან. ტყვიის დამაზიანებელი ეფექტი ვრცელდება გულ-სისხლძარღვთა, ენდოკრინულ, კუჭ-ნაწლავის, იმუნურ და რეპროდუქციულ სისტემებზე, განსაკუთრებით კი ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. მისი დაბალი კონცენტრაციაც კი უარყოფითად მოქმედებს ტვინის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე, მოზარდებსა და ბავშვებში.

კანცეროგენური კვლევების საერთაშორისო სააგენტოს მიერ არაორგანული ტყვიის ნაერთები შეფასებულია, როგორც შესაძლო კანცეროგენური ნივთიერება ადამიანებისთვის (ჯგუფი 2 A) 2006 წ. 1970 წლიდან ევროპამ და აშშ-მ ერთად დაიწყეს ტყვიის შემამცირებელი ღონისძიებების გატარება საკვებ პროდუქტებსა და ნივთიერებებში (ვინაიდან აღნიშნული პერიოდისთვის აქტიურად გამოიყენებოდა ტყვიის შემცველი საღებავები, ნავთობი, საკვები კონსერვის ქილები და სასმელი წყლის მილები).

საქართველოს მოსახლეობაზე სურსათისმიერი ტყვიის მავნე ზემოქმედების ალბათობისა და სიმძიმის შეფასების საკითხი დადგა აშშ-ის ნიუ-იორკის ჯანდაცვის დეპარტამენტიდან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე. კერძოდ, დოკუმენტში აღინიშნა, რომ საქართველოში დამზადებულ ზოგიერთ სუნელს აქვს ტყვიის მაღალი შემცველობა. იგი ასევე დასტურდება სურსათის ეროვნული სააგენტოს მონაცემებით, რომლის თანახმადაც 2012 წლიდან 2017 წლამდე აღებული სასურსათო პროდუქციის ნიმუშების 2,38% არის ტყვიით დაბინძურებული.

საფრთხის დახასიათება

ტყვია ნაცრისფერი, მოლურჯო-მოთეთრო ფერის მეტალია, რომელიც მცირე რაოდენობით გვხვდება დედამიწის ქერქში. იგი მენდელეევის პერიოდული სისტემის 4A ჯგუფის ელემენტებს მიეკუთვნება. მისი ატომური ნომერია 82 და ატომური მასა 207.2 გ/მოლ. ტყვია იშვიათად გვხვდება ბუნებაში თვითნაბადი მეტალის სახით. როგორც წესი, ტყვია გავრცელებულია ორ ან მეტ სხვა ელემენტთან ერთად, ტყვიის ნაერთების სახით. ეს არის ძალიან ელასტიური და ჭედადი ლითონი. იგი შედარებით ცუდი ელექტროგამტარია. ტყვია ძალიან მდგრადია კოროზიის მიმართ, ამასთან ტყვია ჰაერის ზემოქმედების შედეგად შავდება [1].

ტყვიის ჟანგვითი რიცხვია +2 და +4. თუმცა, გარემოში გავრცელებულია +2. არაორგანული ტყვიის ნაერთები, როგორიცაა ტყვიის ფოსფატი და ტყვიის კარბონატი, შეიცავს ტყვიას +2 ჟანგვითი რიცხვით.

ტყვია წარმოქმნის ორგანულ და არაორგანულ ფორმებს. გარემოში ტყვიის არაორგანული ნაერთები უფრო დომინირებს, ვიდრე მისი ორგანული ნაერთები. ორგანული ტყვიის ნაერთებია 3-ალკილ-ტყვია და ტეტრაალკილ-ტყვია არიან უფრო ტოქსიკურები, ვიდრე მისი არაორგანული ფორმები. ადამიანის და ცხოველების ორგანიზმში ორგანული ტყვიის ნაერთები მეტაბოლიზმს განიცდის და გარდაიქმნება ტყვიის არაორგანულ ფორმებად.

ტყვია იწვევს ძვლების დემინერალიზაციას, განსაკუთრებით ორსულობისას, ლაქტაციის და ოსტეოპოროზის დროს. ტყვია ადვილად ტრანსფერირდება (გადადის) დედიდან შვილზე ძუძუთი კვების და მუცლად ყოფნის დროს.

ტყვიის მავნე ეფექტი ვრცელდება ადამიანის ორგანიზმის თითქმის ყველა სისტემაზე (გულ-სისხლძარღვთა, თირკმლის, ენდოკრინული, კუჭ-ნაწლავის, იმუნური და რეპროდუქციული სისტემები). თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ტყვიისთვის მნიშვნელოვანი სამიზნე მაინც ცენტრალური ნერვული სისტემაა. მისი დაბალი ექსპოზიციის (ზემოქმედების) დონეც კი უარყოფითად აისახება ტვინის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მოზარდებსა და ბავშვებში ძნელდება კოგნიტური განვითარება და ქვეითდება ინტელექტუალური შემეცნების უნარი [5] [6].

ტყვიის განსაზღვრის გზები და მეთოდები

დამაბინძურებლების განსაზღვრის საიმედოობაში დიდ როლს ასრულებს სინჯის შერჩევა, მომზადება და ანალიტიკური პროცედურები. თანამედროვე ხელსაწყოები, კერძოდ: ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრი, ატომურ ემისიური სპექტრომეტრი, მას სპექტრომეტრი და რენდგენო ფლუორესცენციური სპექტრომეტრი, რომლებიც იძლევიან იმის საშუალებას, რომ ნიმუშში გაიზომოს მძიმე ლითონები.

აღნიშნული ხელსაწყოებიდან ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტრის ემპირიული ლიმიტი საანალიზო ხსნარში ტყვიის განსაზღვრისას შეადგენს 0,5 მკგ/ლ-დან 0,1 მკგ/ლ-მდე. ეს მეთოდი, ამავდროულად, იაფი ხელმისაწვდომობითაც გამოირჩევა.

ინდუქციური მას სპექტრომეტრი თანამედროვე და უახლესი ხელსაწყოა. მას შეუძლია ძალიან მაღალი სპექტრის ხაზი მოგვცეს, რომელიც მერყეობს 10^5-დან 10^6-ის ფარგლებში და თითოეული სინჯის განსაზღვრას ანდომებს დაახლოებით 3 წუთს. გასათავლისწინებელია, რომ ამ მეთოდით განსაზღვრისას ტყვიასთან ერთად შესაძლებელია განისაზღვროს სხვა ელემენტებიც (ვერცხლისწყალი, კადმიუმი, დარიშხანი და სხვ.). შესაბამისად, აღნიშნული მეთოდი მნიშვნელოვნად ზოგავს დროს და გაწეულ შრომით დანახარჯებს. თუმცა ეს მეთოდი საკმაოდ ძვირადღირებულია, რადგან გამოიყენება მაღალი სისუფთავის არგონის გაზი.

რენდგენო ფლუორესცენციური სპექტრომეტრი, სხვა მეთოდებთან შედარებით დაბალი მგრძნობიარობისაა და იგი მერყეობს 10 მგ/კგ-ის ფარგლებში. აღნიშნული მეთოდი წარმატებით შეიძლება იქნას გამოყენებული მისი სიიაფისა და სისწრაფის გამო.

ტყვიის შემცველობა ჰაერში

ატმოსფეროში ტყვია ძირითადად ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად ხვდება. საუბარია ლითონების, სამრეწველო პროდუქციის, ელექტროენერგიისა და სამშენებლო პროდუქტების წარმოებაზე. ჰაერში ტყვიის შემცველობის საშუალო წლიური მაჩვენებელი არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 მკგ/$მ^3$. იგი დადგენილია ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის (WHO) მიერ.

ატმოსფეროში ტყვია საკმაოდ ფართოდ არის გავრცელებული. ჩვეულებრივ, დახურულ შენობაში იგი 0,3-0,8-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე მის გარეთ. 1950-იან წლებში ტეტრაეთილ ტყვიის შემცველმა საწვავმა შეცვალა ატმოსფეროში ტყვიის კონცენტრაცია. დამაბინძურებელი ემისიების კონცენტრაციები მკვეთრად იზრდებოდა 1970 წლამდე, სანამ არ მიიღეს რამდენიმე რეგულაცია საწვავში ტყვიის შემცველობასთან დაკავშირებით. შესაბამისი კანომდებლობის მიღების შემდეგ ევროპაში შემცირდა ტყვიის მავნე ემისიების გამოფრქვევა ატმოსფეროში, სადაც ტყვიის დაგროვების მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენს პირომეტალურგიული პროცესი (ფერადი ლითონების წარმოების დროს).

ტყვია ატმოსფეროში ძირითადად არსებობს $PbSO_4$ და $PbCO_3$ სახით. თუმცა, ჰაერში მისი ქიმიური ფორმების შემადგენლობა დამოკიდებულია დამაბინძურებელ წყაროზე. ქვანახშირის წვისას წარმოქმნილი ტყვიის ემისიები ატმოსფეროში გვხვდება $PbCl_2$, PbO, PbS და უხსნადი მინერალური ნაწილაკების სახით, ხოლო ნავთობის წვის შედეგად ძირითადად PbO გამოიყოფა.

ტყვიის ნაწილაკების ზომა დამოკიდებულია წყაროზე. მაგალითად, საავტომობილო გამონაბოლქვში მისი ზომა მერყეობს 0,1-დან 1,0 მმ-მდე. ატმოსფეროში ტყვიის აეროზოლები გარდაიქმნებიან ქიმიური და ფიზიკური პროცესების დროს და ნალექების ზემოქმედების

შედეგად გადაადგილდებიან ხმელეთის და წყლის ეკოსისტემებში. ძლიერად დაბინძურებულ ატმოსფერულ ჰაერში ტყვიის შემცველობა 10 მკგ/მ^3-ზე მეტს შეადგენს [7].

ტყვიის შემცველობა წყალში

საერთაშორისო სამეცნიერო ანგარიშებიდან ნათლად ჩანს, რომ ზღვის წყალში მნიშვნელოვნად იცვლება ტყვიის კონცენტრაცია. ოკეანის წყლებში ტყვიის კონცენტრაცია შეადგენს 0,03 მკგ/ლ, ხოლო ჩრდილოეთ ყინულოვან ოკეანეში 0,003 მკგ/ლ-ს. მდინარის წყლებში ტყვიის შემცველობა საშუალოდ მერყეობს 0,08 მკგ/ლ. ფარგლებში.

წყლის სისტემებში ტყვია იმყოფება იონურ ფორმაში, რაც ზრდის მის მობილობას და ბიოშეღწევადობას ორგანულ კომპლექსებში გახსნილ ჰუმინურ მატერიასთან. თუ მას დავუმატებთ კოლოიდურ ნაწილაკებს, მაგალითად რკინის ოქსიდს, წარმოიქმნება ძლიერი ბმა, რაც იონურ ტყვიას ხდის ნაკლებად მოძრავს (ვიდრე თავისუფალი იონის შემთხვევაში). დაბალი ლიმიტირებული შეღწევადობით და მობილობით ხასიათდება თიხისა და მკვდარი ორგანიზმების ნარჩენები.

წყალში ტყვიის არსებობის შემთხვევაში მისი გაკონტროლება ხდება შემდეგი პარამეტრებით: pH, მარილიანობა, სორბციული და ბიოტრანსფორმაციული პროცესების ანალიზი. შეიძლება აღინიშნოს ისეთი ფაქტორები, როგორიცაა დაბინძურების წყაროები, ნალექებში ტყვიის შემცველობა, ტემპერატურა და ორგანული ნივთიერებების ტიპი და რაოდენობა.

ტყვია, როგორს წესი, იმყოფება მჟავა გარემოში (მაგ. $PbSO_4$, $PbCl_2$). წყალშიც გვხვდება ტეტრამეთილ ტყვიის ნაერთები, რაც ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგია.

ტყვიის შემცველობა განსხვავებულია სასმელ წყალსა და ზღვის წყალში. სასმელ წყალში ტყვია შეიძლება იყოს ორვალენტიანი კათიონური იონების სახით (Pb^{2+}), როცა pH 7,5-ზე დაბალია, მაგრამ იგი ტუტე გარემოში წარმოქმნის კარბონატულ ფორმებს $PbCO_3$. ტყვიის კარბონატის და ტყვიის ქლორიდის კომპლექსები ძირითადად განიცდის ფორმირებას ზღვის წყალში.

ატმოსფერულ ნალექებში ტყვიის შემცველობის დასაშვები ნორმები 30-45 მგ/კგ-მდე მერყეობს, ხოლო დაბინძურებული მდინარეების დანალექებში მისი შემცველობა 700-დან 2500 მგ/კგ-მდეა.

წყლის სიხისტისა და მაღალი pH-ის დროს მცირდება ტყვიის ადსორბცია. ტყვია იღექება $Pb(OH)^+$ და $PbHCO_3^+$ სახით. დაბალი pH-ის დროს კი პირიქით-ტყვია უარყოფითად შთაინთქმება ადსორბენტის ზედაპირზე. ცნობილია, რომ ტყვია წყლის სისტემებში ყველაზე დიდი რაოდენობით ხვდება რკინის, ტყვიის პროდუქციის, ფერადი ლითონების შენადნობების წარმოებისას, აგრეთვე ლითონების მოპოვებისას, საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ჩამდინარე წყლების ჩადინებისას. წყლის ორგანიზმებისთვის ტყვიის მარილები ტოქსიკურია, რაც დამოკიდებულია წყლის სიხისტეზე, pH და მარილიანობაზე. შავი ზღვის აუზის მდინარის წყლებში ტყვიის საშუალო კონცენტრაცია 0,014-1,46 მკგ/ლ-მდეა [8] [9] [10].

ტყვიის შემცველობა ნიადაგში

ნიადაგების ტყვიით დაბინძურება გამოწვეულია სამრეწველო მავნე ემისიებით და ტყვიით გამდიდრებული საწვავით. ტყვიის ყველაზე ძლიერი გამავრცელებლები გარემოში არიან ელექტროენერგიის წარმოების ობიექტები, აგრეთვე მეტალებისა და ნახშირის მომპოვებელი ქარხნები. არა დაბინძურებულ ნიადაგებში ტყვიის საშუალო მნიშვნელობა 10-დან 30 მგ/კგ-მდე მერყეობს. ზოგადად, ნიადაგში ტყვია არ არის ისეთივე „მოძრავი“, როგორც წყალში. მის მობილობაზე გავლენას ახდენს ნიადაგის pH, ორგანული ნივთიერებების შემცველობა და ჰუმინური მჟავების არსებობა. ნიადაგში არსებობს ძლიერი ასოციაცია ტყვიის ჰიდროქსიდებსა და სხვა ჰიდროქსიდებს შორის, ისეთების როგორებიცაა რკინისა და მანგანუმის ჰიდროქსიდები.

მაღალი მჟავიანობის პირობებში იზრდება ტყვიის ხსნადობა. ტყვია ძლიერად ადსორბირდება ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების მიერ. ნიადაგში ტყვიის ადსორბირებას ხელს უწობს ზედაპირული წყლები. მცენარეებში ტყვიის შემცველობა უმეტესად ატმოსფერულ მოვლენებზეა დამოკიდებული. მცენარე ნიადაგიდან ტყვიას ფესვთა სისტემის მეშვეობით ითვისებს. ნიადაგიდან ტყვიის მხოლოდ 0,005-დან 0,13% -მდეა მცენარისთვის ხელმისაწვდომი. ფესვების მიერ ტყვიის აბსორბცია პასიურია, ასე რომ ათვისების კოეფიციენტი საკმაოდ დაბალია. ფოთლებში ტყვიის შემცველობა ხშირად კორელაციურ კავშირშია ატმოსფეროში მის კონცენტრაციასთან. ფეროშენადნობი ქარხნების სიახლოვეს არსებულ ნიადაგებში ტყვიის შემცველობა საშუალოდ 60 000 მგ/კგ-მდე მერყეობს [1] [9] [10] [11] [12] [13].

ტყვიის აღმოჩენის შემთხვევები საკვებში

ტყვია საკვებში არის წარმოდგენილი, როგორც მისი დამაბინძურებელი. კვლევებით დასტურდება, რომ ბოლო ათწლეულის განმავლობაში საკვებში შემცირდა ტყვიის კონცენტრაცია, რაც ტყვიის შემცველი საწვავის მოხმარებიდან ამოღებას უნდა უკავშირდებოდეს. ტყვია აღმოჩენილია შემდეგი სახის პროდუქტში: პური, ორცხობილა, წვნიანები, ბოსტნეული, ხილი, სასმელი წყალი, უალკოჰოლო და ალკოჰოლიანი სასმელები, შაქარი და ტკბილეული. შემდეგ კატეგორიად იყოფა ის პროდუქცია, რომელიც ტყვიის ზემოქმედებას ახდენს ორგანიზმზე, ესენია: 1. სასმელები; 2. ბურღულეული და საკონდიტრო ნაწარმი; 3. ხილი და ბოსტნეული; 4. მარილი, სანელებლები, სოუსები და საწებლები; 5. დამატკბობლები, თაფლი და ტკბილეული; 6. ხორცი და მისი პროდუქტები; 7. რძე და რძის პროდუქტები; 8. კვერცხი; 9. მცენარეული ცხიმები.

ტიბეტში, ჩინეთში და ინდოეთში სამკურნალოდ იყენებენ ტრადიციულ მცენარეულ პრეპარატებს, რომლებიც შესაძლოა შეიცავდეს ტყვიასა და სხვა მძიმე ლითონებს. მსოფლიოს სხვადასხვა ადგილში ინტოქსიკაციის გამომწვევ პრეპარატებზე საკმაო რაოდენობითაა კვლევები ჩატარებული, რომელთა საფუძველზე დადგინდა, რომ აზიურ ტრადიციულ მცენარეულ პრეპარატებში ტყვიის საშუალო შემცველობა 0,36 მგ/კგ-ს შეადგენს. მათი მოხმარების შემთხვევაში კვირაში ადამიანი პოტენციურად იღებს 0,03 მგ-დან 192 მგ-მდე ტყვიას [1] [2].

ტოქსიკოკინეტიკა

ტყვიის აბსორბცია კუჭ-ნაჭლავის ტრაქტის მეშვეობით დამოკიდებულია სხვადასხვა მახასიათებლებზე და შინაგანი ნივთიერებების ფიზიკო-ქიმიურ თვისებებზე. ტყვიას შეიცავს მეტალო-პროტეინები და პეპტიდები, რომელიც ტრანსფორმირდება და დროთა განმავლობაში აკუმულირდება რბილ ქსოვილებსა და ძვლებში. ტყვია პირველ რიგში გამოიყოფა შარდისა და განავლის მეშვეობით. მისი ნახევარდაშლის პერიოდი (ადამიანის სისხლში და ძვლებში მოხვედრის შემდეგ) შეადგენს დაახლოებით 30 დღეს. ორგანიზმიდან სრულ გამოდევნას სჭირდება პერიოდი 10-დან 30 წლამდე [1].

აბსორბცია

საჭმლის მომნელებელი სისტემის მიერ ტყვიის აბსორბციაზე გავლენას ახდენს სხადასხვა (მათ შორის ფიზიოლოგიური) ფაქტორები, როგორებიცაა: ასაკი, კვება, ნუტრიციული კალციუმის და რკინის არსებობა, ორსულობა, აგრეთვე ნაწილაკების ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლები (ზომა, ხსნადობა და ტყვიის სახეობები).

ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ ტყვიის აბსორბცია უფრო მაღალია ბავშვებში, ვიდრე მოზრდილებში. კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ სისხლში ტყვიის აბსორბციის პროცენტული მაჩვენებელი დედის და 6-დან 11 წლის ასაკამდე მისი შვილების ორგანიზმში დაახლოებით ერთნაირია. განსხვავებული კვებისას ტყვიის შთანთქმა მერყეობს 3%-დან 21%-მდე, ხოლო წყლის მეშვეობით ტყვიის მიღების შემთხვევაში ორგანიზმი შთანთქავს მის 63%. რკინის დაბალი შემცველობა და მისი დაბალი შეთვისების უნარი ბავშვების სისხლში ზრდის ტყვიის კონცენტრაციას. დიეტური კალციუმის მიღება გავლენას ახდენს ტყვიის შთანთქმაზე. ბავშვებში კალციუმის დეფიციტის დროს ტყვიის აბსორბცია უფრო მაღალია, ვიდრე კალციუმის სიჭარბის დროს.

მოზრდილებში კალციუმი გავლენას ახდენს ტყვიის შთანთქმის უნარზე. რძე წარმოადგენს კალციუმის ერთ-ერთ ძირითად წყაროს და ტყვიის ტოქსიკურობის პროფილაქტიკის მიზნით რეკომენდირებულია მისი მიღება. თუმცა, იგი ზრდის ტყვიის შეთვისების მაჩვენებელსაც. რძეში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ტყვიის მარილებისა და

ტყვიის აბსორბციის სხვადასხვა მექანიზმებს. კერძოდ, ლაქტოზა ხასიათდება შეზღუდული ეფექტით, თუმცა ლაქტოფერინი შესაძლოა ზრდიდეს ტყვიის და სხვა ორვალენტიანი კათიონების (კადმიუმი, სპილენძი, მანგანუმი, თუთია) შეთვისების უნარს [2].

ინჰალაციური ზემოქმედება

ინჰალაციური გზების მეშვეობით ტყვიის შთანთქმა დამოკიდებულია მისი შემცველი ნაწილაკების ზომასა და ხსნადობაზე. შედარებით დაბალი სიმკვრივის ნაწილაკები გვხვდება ტყვიის შემცველ ორთქლსა და მტვერში, რომლებსაც გააჩნია ოდნავ განსხვავებული დეპოზიცია. რესპირაციული ფრაქციის მახასიათებლებისთვის დაბალი აეროდინამიკური დიაპაზონი გააჩნია.

5 მიკრონი ზომის ნაწილაკები ლორწოვანი გარსის მეშვეობით გადაიტანება ტრაქეაში და ბრონქებში, ტრანსფორმირდება სასუნთქი და საყლაპავი გზების მეშვეობით, შეწოვა კი შესაძლებელია განხორციელდეს კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მეშვეობით. შედარებით პატარა ნაწილაკები რესპირატორულ ტრაქტში მოხვედრისას აბსორბირდებიან ექსტრაკულოვანი დაშლის მეშვეობით ან ალვეოლარული მაკროფაგების მიერ. ინჰალაციურ გზებში აბსორბირდება მათში მოხვედრილი ტყვიის საბმიკრონული ნაწილაკების 95%. კანის მიერ ტყვიის შთანთქმა გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე სასუნთქი და საყლაპავი გზების მეშვეობით.

განაწილება

ტყვიის განაწილება ხდება სხვადასხვა ქსოვილებში. სისხლში იგი აღმოჩენილია წითელ უჯრედებში (ერითროციტებში). სისხლში ტყვიის დონის მომატება წრფივადაა დამოკიდებული შრატის დონესთან. ეს დამოკიდებულება ორსულობის დროს ძლიერდება. ინ ვიტრო მონაცემებმა აჩვენა, რომ ნაყოფის გემოგლობინს აქვს უფრო მეტი უნარი მჭიდროდ შეითვისოს ტყვია, ვიდრე ზრდასრულ ადამიანს. თუმცა მექანიზმი, რომლის მეშვეობითაც ტყვია გადალახავს უჯრედულ მემბრანას არ არის სრულად ახსნილი და შესწავლილი. აგრეთვე შესაძლებელია კალციუმი და ტყვია იზიარებდნენ გამტარიანობის გზებს, რომელიც შესაძლებელია იყოს Ca^{2+} შეთვისების არხი. ტყვია ნაწილდება ერითროციტების მიერ აქტიური ტრანსპორტირების გზით.

საყლაპავი გზით ტყვია გადადის კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, შემდეგ კი ღვიძლში, საიდანაც იგი ხვდება სისხლში. სისხლის მეშვეობით კი იწყება გრძელ მანძილზე მისი ტრანსფორმაცია თირკმელებში, ძვალ-სახსროვან სისტემაში, ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში, ტვინში, რბილ ქსოვილებში და სხვ.

სასუნთქი გზებიდან ტყვია ხვდება ფილტვებში, შემდეგ სისხლში, სისხლიდან კი ნაწილდება ღვიძლში, თირკმელებში, ძვლებში, ტვინში, კანში, რბილ ქსოვილებში და ა.შ. ტყვიის გამოყოფა ორგანიზმიდან მიმდინარეობს შარდისა და ფეკალიების მეშვეობით.

კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მენოპაუზის დროს ქალებში ტყვია ისევე შეიწოვება და ნაწილდება სისხლში და ძვლებში, როგორც ორსულ ქალებში [14].

ტყვია ძვლებში და შარდში

ძვლებში ტყვიის კონცენტრაცია მიუთითებს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში მისი ათვისების პროცესზე და მთლიანად ორგანიზმის „დატვირთვაზე“ ამ ნივთიერებით. ძვლებში ტყვიის კონცენტრაცია შესაძლებელია განისაზღვროს არაინვეზიური in vivo მეთოდით, რომელიც დამყარებულია X-ray ფლუორესცენციურ მეთოდზე.

ძვლებში ტყვია ძირითადად ისაზღვრება კვირისტავში, ბარძაყის და ქუსლ-ტერფის ძვლებში. ტყვია ასევე ფორმირდება კბილებში. ამიტომ ეპიდემიოლოგიური კვლევისას მნიშვნელოვანია მათში ტყვიის კონცენტრაციის გაზომვა. კბილებში ტყვიის შემცველობა შესაძლებელია ინდექსად გამოვიყენოთ ამ ლითონის ორგანიზმზე ზემოქმედების თვალსაზრისით.

შარდში ტყვიის არსებობა მიუთითებს, რომ ორგანიზმი „დატვირთულია“ ამ ნივთიერებით.

ტყვიის შემცველობა თმაში

ბიომონიტორინგის კვლევისას ზოგჯერ თმაში ხდება ტყვიის კონცენტრაციის შესწავლა, თუმცა, როგორც პოტენციური დამაბინძურებელი არ შეიძლება გამოვიყენოთ თმაში ტყვიის შემცველობის მონაცემები. ეს მონაცემები არ არის სრული ინფორმაციის მომცველი ორგანიზმში ტყვიის ზემოქმედებასთან დაკავშირებით [1} [14].

ნევროტოქსიკური და ნევროგანვითარების ტოქსიკურობა

ექსპერიმენტული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ის პრიმატები რომლებიც განიცდიდნენ ქრონიკულად ტყვიის დაბალი დონის ზემოქმედებას ჰქონდათ დასწავლის შესაძლებლობის პრობლემა, რაც გამოიხატებოდა ასაკთან მიმართებაში მათ შესაძლო განვითარებაში. ტყვიის ზემოქმედების მაგნიტუდა კი ძლიერ დამოკიდებულია განვითარების პერიოდზე. ცხოველებზე ჩატარებული კვლევების მიხედვით დადგინდა, რომ სისხლში ტყვიის კონცენტრაციის 100-დან 150 მკგ/ლ იწვევს სწავლასთან დაკავშირებულ პრობლემებს. დადგინდა, რომ იგივე კონცენტრაციები ეპიდემიოლოგიური კვლევებისას ბავშვების დასწავლის უარყოფით ეფექტებს იწვევს. კლინიკური დიაგნოზი კი ასეთია: უყურადღებობა, ჰიპერაქტიულობა და იმპულსურობა [1].

გულ-სისხლძარღვთა სისტემის ეფექტი

ტყვიის ქრონიკული ზემოქმედებისას აღინიშნება გაზრდილი არტერიული წნევა. ტყვია პირდაპირ გავლენას ახდენს სისხლძარღვთა გლუვ კუნთებზე. ტყვიით გამოწვეულ ჰიპერტენზიას თან ახლავს აზოტის ოქსიდის წარმოქმნა, რომელიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს სისხლის წნევის რეგულირებაში. გულ-სისხლძარღვთა კვლევისას აღმოჩნდა, რომ ტყვია ზრდიდა კალციუმის შედინებას წინაგულოვან ტრაბილურებში და პაპილარულ უჯრედებში. კვლევის შედეგად გამოითქვა ვარაუდი, რომ ეს მექანიზმი დაკავშირებულია კალციუმის სატრანსპორტო პროცესების შეცვლის უნარზე [14].

ტყვიის ეფექტი თირკმელებზე, ნეფროტოქსიკურობა

ტყვიის ქრონიკული ზემოქმედება იწვევს თირკმელების უჯრედების ბირთვებში შეღწევას. ტყვიის ზემოქმედებით შესაძლებელია განვითარდეს ინტერსტიციური ფიბროზი, კეროვანი და სეგმენტური სკლეროზი. ტყვიის კომპლექსები ორგანოებში ცილასთან ერთად არის ჩართული. ტყვიის ინდუცირებული ნეფროპათიის დამახასიათებელი ნიშანია მიტოქონდრიის სტრუქტურული დარღვევები თირკმელზე და ჯირკვლის უჯრედებში. მიტოქონდრიული უჯრედები იზოლირებული ხდება ტყვიის იონების ზემოქმედებით.

გენოტოქსიკურობა

In vitro და in vivo კვლევები გამოყენებული იყო ტყვიის გენოტოქსიკურობის დასადგენად. ძუძუმწოვრების უჯრედებში გამოიწვია დნმ-ს დაზიანება ტყვიის აცეტატმა და ტყვიის ნიტრატმა. დასკვნის სახით, გენოტოქსიკურობის მონაცემები მიუთითებს იმაზე, რომ ტყვია შეიძლება იყოს სუსტი არაპირდაპირი გენოტოქსიკური ნივთიერება.

ტყვიით გამოწვეული ძირითადი გენოტოქსიკური მექანიზმი გამოვლინდა არა ციტოტოქსიკური კონცენტრაციების მაჩვენებლებში, რომელიც არის რეაქტიული ჟანგბადის სახეობები ROS და დნმ (დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა). ტყვია ბევრ სისტემებზე მოქმედებს და ცვლის რეაქტიული ჟანგბადის მაჩვენებლების სახეობების დონეებს. მექანიზმი მოიცავს ანტიოქსიდანტურ თავდაცვითი სისტემის ინჰიბიციას. ნუკლეოტიდები იბლოკებიან ტყვიის ზემოქმედების შედეგად. იმიური მსგავსების შედეგად ტყვიასა და თუთიას შეუძლიათ ორგანიზმზე იმოქმედონ კანცეროგენურად.

კანცეროგენური თვისებები

საყლაპავი გზით ტყვიის აცეტატის ქრონიკული მიღება კანცეროგენურად მოქმედებს თირკმელებზე, წარმოიქმნება ადენომა და ადენოკარცინომა, როგორც მდედრობით ისე მამრობითი სქესის წარმომადგენლებში. კვლევებით დადგენილია, რომ ტყვიის

ყოველდღიური მიღების მიახლოებითი დოზა, რომელიც კანცეროგენურ ეფექტებს იწვევს შეადგენს 20-დან 40 მგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით. კვლევებმა დაადგინა რომ 16 თვის განმავლობაში ტყვიის მუდმივი ზემოქმედება იწვევს ქალებში თირკმელზედა ჯირკვლის და მამაკაცებში პროსტატის სიმსივნეებს.

ნევროტოქსიკური ეფექტი

ტყვიის ზემოქმედება ადამიანებში იწვევს ნევროტოქსიურ ეფექტებს. არაორგანულ ტყვიას შეუძლია ეფექტი მოახდინოს ნერვულ სისტემაზე. ტყვიის ზემოქმედება ნერვულ სისტემაზე დამოკიდებულია კალციუმ-დამოკიდებულ რეაქციებზე და კალციუმის ჰომეოსტაზის დარღვევაზე. ეს პროცესი აქტიურდება ცილა კინაზას ზემოქმედების შედეგად. ორსულებში და ბავშვებში ტყვიას შეუძლია გადალახოს ჰემატოენცეფალური ბარიერი და გამოიწვიოს მისი დაგროვება. მას ასევე შეუძლია შეცვალოს სხვა მემბრანები და ეფექტი მოახდინოს სისხლისა და თავის ტვინის ბარიერზე და ტვინის უჯრედებზე. ტყვიის ზემოქმედება მიზეზია ლიპოსომებში კლასტერული ლიპიდების და რკინის ინიცირებული ლიპიდების დაჟანგვის მაჩვენებელის ზრდის, რის შედეგადაც მიიღება მემბრანის დაზიანება. დოპამინერგიის სისტემა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს კოგნიტიურ ფუნქციონირებაში. ქოლინერგიული სისტემა დიდ როლს თამაშობს დასწავლისა და შემეცნების უნარზე. ტყვია ამცირებს აცეტილქოლინის რეალიზებას კალციუმის შეღწევადობის ბლოკირებით [14] [15].

ჰემატოლოგიური ეფექტი

ტყვიის ჰემატოლოგიური ეფექტი შეიძლება გამოიწვიოს შარდში პორფირინების, ერითროციტ პროტოპორფირინის (EP), თავისუფალი ერითროციტული პროტოპარფირინის (FEP) და თუთიის პროტოპორიფირის მომატებულმა დონემ. ყველაზე სერიოზული ჰემატოლოგიური ეფექტი არის ანემია. ტყვია ჰემოგლობინთან ბიოსინთეზისას სამ ფერმენტს უცვლის აქტივობის გზას, ესენია: δ-ამინოლევულინ სინთეტაზას მჟავა (ALAS), δ-ამინოლევულინ დეჰიდრატაზას მჟავა (ALAD) და რკინისხელატაზა. ტყვია სტიმულაციას ახდენს მიტოქონდრიულ ენზიმებზე. რომელიც ასრულებს კატალიზატორის ფუნქციას გლიცინისა და სუსინილ კოენზიმ მჟავას კონდენსირებაში. ტყვიას შეუძლია შეამციროს ჰემოგლობინის კონცენტრაცია სისხლში. ამცირებს ჰემოგლობინის წარმოებას, რაც უკავშირდება ერითროციტების განადგურებას, იწვევს ჰიპოქრომულ, ანემიას ასოცირებულ რეტიკულოციტოზთან [13].

ტყვიით დაბინძურების შემთხვევები საქართველოში

სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრის მიერ მოწოდებული მონაცემების მიხედვით გამოვლინდა შემდეგი გარემოებები:

სურსათის ეროვნული სააგენტოს მონაცემებით 2012 წლიდან 2017 წლამდე აღებული სასურსათო პროდუქციის ნიმუშების 2,38% არის ტყვიით დაბინძურებული. 2012 წელს დარღვევა არ გამოვლენილა 145 აღებულ ნიმუშში;

2013 წელს აღებული იქნა 354 ნიმუში. დარღვევა გამოვლინდა მხოლოდ ირანული წარმოშობის მარილში. უნდა აღინიშნოს, რომ ირანს გააჩნია ტყვიის შემცველი საბადოების დიდი მარაგი. ამჟამად იგი ტყვიის მწარმოებელი უმსხვილესი ქვეყანაა. მეორე მხრივ კი იმ რეგიონებში, სადაც ტყვიის წარმოება მიმდინარეობს დიდი პრობლემები აქვს გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის კუთხით. ამიტომ მნიშვნელოვანია ირანული წარმოშობის პროდუქციის შემოწმება საზღვარზე;

2014 წელს აღებული იქნა 723 ნიმუში, თუმცა დარღვევა არ გამოვლენილა;

2015 წელს აღებული იქნა 654 ნიმუში და გამოვლინდა 11 დარღვევა, მათ შორის სასმელ წყალში, ჭარხალში, ყავაში, თხილში, სუნელში, საქონლის ხორცში, კვერცხში და თევზში;

2016 წელს აღებული იქნა 637 ნიმუში, სადაც 48 შემთხვევა დაფიქსირდა. კერძოდ სასმელ წყალში-ჭიათურის რაიონი სოფელი ხალიფაური, საქონლის ხორცი 43 შემთხვევა, ფრინველის ხორცი 1 შემთხვევა, ღორის ხორცი 1 შემთხვევა, რძე 2 შემთხვევა;

2017 წელს 11 ივლისის მონაცემებით ტყვიის შემცველობაზე გამოკვლეულ იქნა 174 ნიმუში, აქედან დარღვევა დაფიქსირდა 4 შემთხვევაში, კერძოდ კი სუნელებში;

გარემოს დაცვის ეროვნული სააგენტოს მონაცემებით დასავლეთ საქართველოს დიდი ქალაქების ნიადაგებში ტყვიის შემცველობა გამოვლინდა:

1. ქალაქი აბაშა, სადაც აღებული იქნა 5 ნიმუში, აქედან ტყვიის შემცველობის გადაჭარბება დაფიქსირდა 1 შემთხვევაში სადგურის მიმდებარე ტერიტორიაზე;

2. ქალაქი ბათუმი, აღებულ იქნა 5 ნიმუში, აქედან ტყვიის შემცველობის გადაჭარბება დაფიქსირდა 1 შემთხვევაში სკოლა ლიცეუმთან, ბაგრატიონის ქ. #117;

3. ქალაქი ზესტაფონი, აღებულ იქნა 5 ნიმუში, აქედან ტყვიის შემცველობის გადაჭარბება დაფიქსირდა 1 შემთხვევაში, აბესაძის ქუშის მიმდებარე ტერიტორიაზე, თუმცა 2 შემთხვევაში ტყვიის შემცველობა ძალზედ ახლოსაა ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციასთან, კერძოდ სვირის გადასასვლელთან და ფეროშენადნობთა ქარხნიდან ჩრდილოეთით 600-მ-ში;

4. ქალაქი ზუგდიდი, აღებულ იქნა 5 ნიმუში, აქედან ტყვიის შემცველობის გადაჭარბება დაფიქსირდა 1 შემთხვევაში, აღმაშენებლის ქუჩა #145-ში, თუმცა 2 შემთხვევაში ტყვიის შემცველობა ძალზედ ახლოსაა ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციასთან, კერძოდ რუსთაველის ქ #403-ში და გამსახურდიას ქ #28-ში;

5. ქალაქი ოზურგეთი, აღებულ იქნა 5 ნიმუში, აქედან ტყვიის შემცველობის გადაჭარბება დაფიქსირდა 1 შემთხვევაში, კერძოდ კვლევით ინსტიტუტთან;

6. ქალაქი სენაკი, აღებულ იქნა 5 ნიმუში, აქედან ტყვიის შემცველობის გადაჭარბება დაფიქსირდა ყველა შემთხვევაში, კერძოდ ქალაქის ხიდთან, რუსთაველის ქ. #113; კოსტავას ქ,#39 I-სკოლასთან; პარკის მიმდებარე ტერიტორია; სადგურის მიმდებარე ტერიტორია მშვიდობის ქ, # 196;

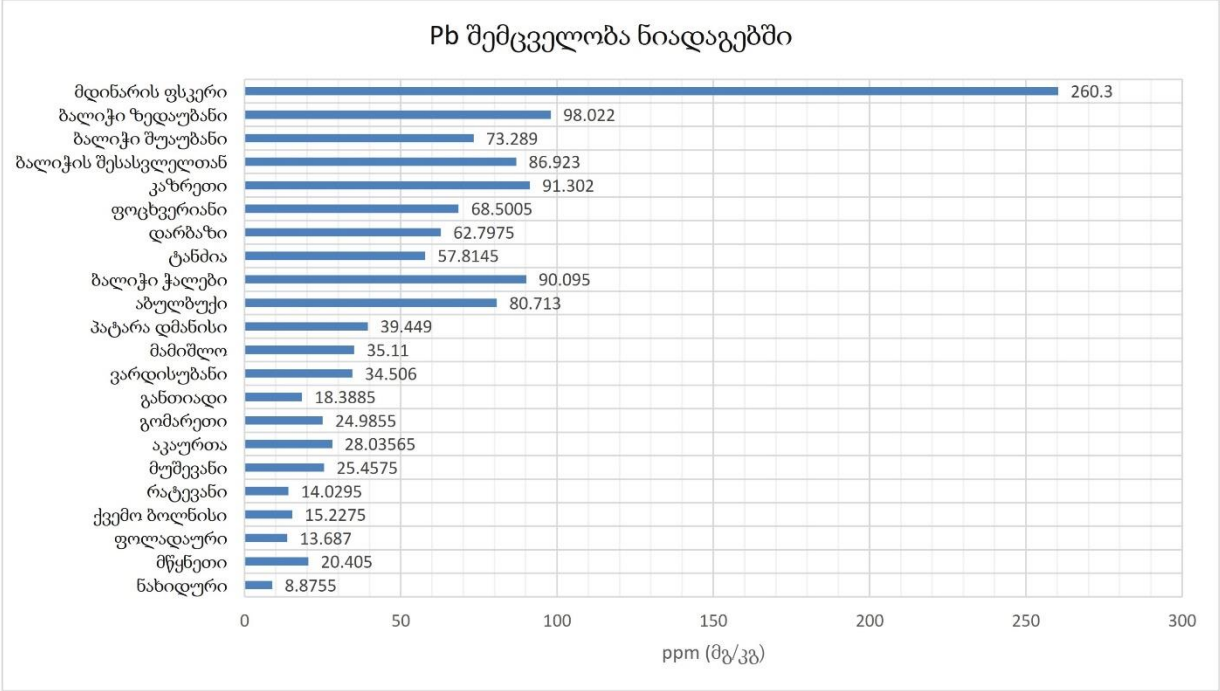
7. ქალაქი ფოთი, აღებული იქნა 5 ნიმუში, აქედან ტყვიის შემცველობის გადაჭარბება არ დაფიქსირებულა, თუმცა ქალაქის ცენტრალურ მოედანზე ეკლესიასთან აღებულ სინჯში ტყვიის შემცველობა თითქმის უტოლდება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას;

8. ქალაქი ქობულეთი, აღებულ იქნა 5 ნიმუში აქედან ტყვიის შემცველობის გადაჭარბება დაფიქსირდა 1 შემთხვევაში, ქალაქის შესასვლელთან;

9. ქალაქი წყალტუბო, აღებულ იქნა 5 ნიმუში, აქედან ტყვიის შემცველობის გადაჭარბება არც ერთ შემთხვევაში არ დაფიქსირებულა;

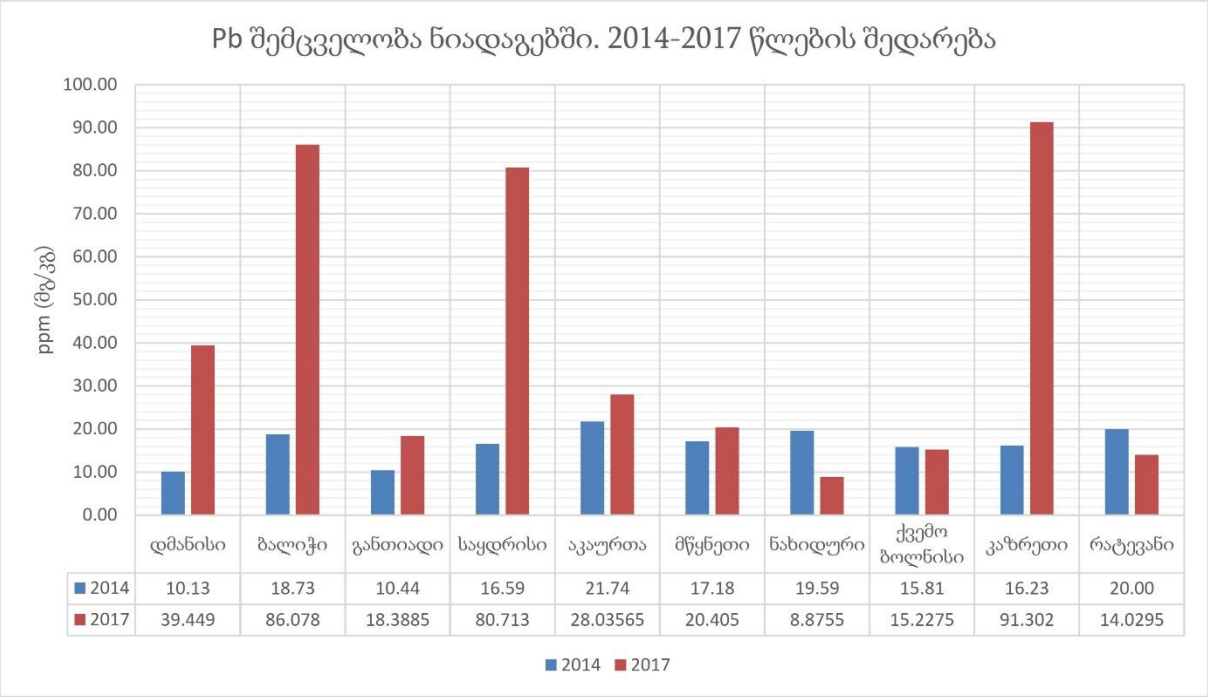
10. ქალაქი ბოლნისი, სინჯები აღებული იქნა სამი წერტილიდან, აქედან ორში დაფიქსირდა ტყვიის გადაჭარბება (გარემოს დაცვის სამინისტროს მონაცემები, 2017 წ). ამავე წლის ჩვენი კვლევის მონაცემების მიხედვით ბოლნისის რაიონში ტყვია გვხვდება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციაზე მაღალი (სურ. 1);

სამთომომპოვებელი კომპანიის RMG-ს მიმდებარე სოფლებში რომელნიც 0-10 კმ რადიუსში არიან დაცილებულნი. ქვემოთ მოყვანილ დიაგრამებში კარგად ჩანს ნიადაგებში ტყვიის შემცველობა ბოლნისისა და დმანისის რაიონების 21 სოფელში. ასევე შედარებაა გაკეთებული 2014 წლის და 2017 წლის ჩვენივე მონაცემებისა, საიდანაც ნათლად ჩანს ტყვიის კონცენტრაციის მკვეთრი მატება ამ სოფლების ნიადაგებში.



სურათი 1. ტყვიის შემცველობა ნიადაგებში. 2017 წელი. (საქართველოს კანონმდებლობით ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ტყვიისთვის შეადგენს 32 მგ/კგ (ppm).

როგორც უკვე ზემოთ ავღნიშნეთ, ტყვიის მეტად დიდი შემცველობები დაფიქსირდა კარიერიდან ყველაზე ახლოს მდებარე დასახლებებში. 2017 წლის მონაცემებით, ტყვიის რაოდენობა ნიადაგებში საგანგაშოდაა მომატებული 2014 წელთან შედარებით (სურ. 2).



	დმანისი	ბალიჭი	განთიადი	საყდრისი	აკაურთა	მწყნეთი	ნახიდური	ქვემო ბოლნისი	კაზრეთი	რატევანი
2014	10.13	18.73	10.44	16.59	21.74	17.18	19.59	15.81	16.23	20.00
2017	39.449	86.078	18.3885	80.713	28.03565	20.405	8.8755	15.2275	91.302	14.0295

სურათი 2. ტყვიის შემცველობა სოფლებში, 2014 და 2017 წლების შედარება.

კვლევის შედეგების თანახმად ტყვია განიცდის მიგრაციას ნიადაგში და საბოლოო ჯამში ადამიანის ორგანიზმში ხდება მისი დაგროვება. ამიტომ საგულისხმოა ის ფაქტი, რომ ბოლნისისა და დმანისის რაიონებში ტყვიის მატების მაღალი ტენდენციაა, რაც გამოწვეულია კომპანია RMG-ის სამთო მოპოვებითი საქმიანობით [9] [11] [12] [16] [17].

სავარაუდო ექსპოზიციის შეფასება

ვინაიდან საქართველოში არ მოიპოვება კვლევები ტყვიის ექსპოზიციის შესახებ, ამიტომ გამოყენებული იქნა სხვა ქვეყნების კვლევები, რაც განხილულია აღნიშნულ თავში. ტყვია შემცველი ჰაერი, წყალი, საკვები პროდუქცია, ჭუჭყი და მტვერი გარკვეულწილად ზემოქმედებას ახდენს ადამიანზე. საშიში ნარჩენების მახლობლად მცხოვრები ადამიანების მიმართ ზემოქმედება ყველაზე მაღალია. საყოფაცხოვრებო წყლის მილები, რომელიც ტყვიას შეიცავს ან მისი შენაერთი, რომელიც ლითონისგან არის დამზადებული, მაღალია მისი შემცველობა სასმელ წყალში. ადამიანები, რომლებიც ცხოვრობენ ადგილებში, სადაც სახლები შეღებილია დიდი ხნის წინათ ისეთი საღებავებით, რომლებიც ტყვიას შეიცავდა, მათ ორგანიზმში დაგროვილია მაღალი დონის ტყვიის კონცენტრაცია. ტყვია შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს საღებავებში, როგორც ინგრედიენტი, რომელსაც იყენებენ სათამაშოების შესაღებად, რაც ბავშვებზე ზემოქმედების ერთ-ერთი წყაროა. ბავშვებზე მისი ზემოქმედება არა მარტო სათამაშოების ლოკვით, ღეჭვით და პირში ჩადებით ხდება, არამედ სათამაშოების პატარა ნაწილების გადაყლაპვითაც. სამი სხვადასხვა სახეობის სათამაშოებში მიგრაციის

ლიმიტი გამოთვლილია ერთი სათამაშოდან მაქსიმალური ყოველდღიური მიღების რაოდენობაზე, რაც 1,3 მკგ-ს შეადგენს. თუ ბავშვი თამაშობს სათამაშოებით, რომლებიც ტყვიის შემცველობით გამოირჩევიან, მაშინ მისი ორგანიზმი განიცდის ტყვის ზემოქმედებას, ხოლო მისი პოტენციური ხელმისაწვდომობა შეადგენს 3,9 მკგ-ს. სასურველია სათამაშოებისგან გამოწვეული ტყვიის ზემოქმედება ბავშვებზე ყოველდღიურად შეადგენდეს 0,5 მკგ/კგ (სხეულის წონაზე გადათვლით).

2004 წელს SCOOP-მა გამოაქვეყნა ანგარიში, სადაც განხილულია ტყვიის დიეტური ექსპოზიცია ევროპის თორმეტ ქვეყანაში. ამ ანგარიშის მიხედვით მოზრდილებში ტყვიის საშუალო ექსპოზიციის შემცველობა მერყეობს 42 მკგ/დღე-ში, რაც ექვივალენტურია 0,7 მკგ/კგ-ს, სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, როდესაც სხეულის წონა შეადგენს 60 კგ. ზოგიერთ რეგიონებში ექსპოზიცია შეფასებულია მხოლოდ ასაკობრივი ჯგუფების მიხედვით და არა დიეტური მენიუს მიხედვით. საფრანგეთში ტყვიის დიეტური ექსპოზიციის ნორმა 3-დან 14 წლამდე ბავშვებისთვის შეადგენს 13 მკგ-ს დღეში, ხოლო მოზრდილებში 18 მკგ-ს. გერმანიაში ტყვიის შეთვისების ექსპოზიცია 1 წლიდან 7 წლის ასაკის ბავშვებისთვის როდესაც ბავშვის სხეულის წონა 20 კილოგრამია, შეადგენს 5,3 მკგ-ს კვირაში, რაც დაახლოებით 15 მკგ-ს შეადგენს დღეში. ჰოლანდიაში ტყვიის ექსპოზიციის ზღვარი 1983-87 წლებში შეადგენდა 42 მკგ-ს დღეში, ხოლო 1993-97 წლებში შემცირებულ იქნა 18 მკგ-მდე დღეში. გაერთიანებულ სამეფოში ტყვიის დიეტური ექსპოზიციის ზღვარი 1976 წელს შეადგენდა 110 მკგ-ს დღეში, ხოლო 2006 წლისთვის დაყვანილ იქნა 6 მკგ-მდე.

ტყვიის დიეტური ექსპოზიცია ევროპის ქვეყნებში გამოთვლილია პოპულაციის ყველა ჯგუფის მიმართ, ისეთების როგორებიცაა: ჩვილები, ბავშვები, მოზრდილები, ვეგეტარიანელები და ა.შ. ექსპოზიციის შესახებ მონაცემები დამუშავებულია ელექტრონული პროგრამის SAS მეშვეობით. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით მოზრდილებისთვის საშუალო ტყვიის მინიმალური დიეტური ექსპოზიცია ევროპის ქვეყნებისთვის მერყეობს 0,36-დან 1,26 მკგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, მაქსიმალური კი 0,74-დან 2,43 მკგ/კგ-მდე.

ევროპის ქვეყნებში გამოთვლილია ტყვიის ექსპოზიცია მოსახლეობის ყველა დიეტური ჯგუფის მიმართ. ამ გამოთვლებით დადგინდა, რომ ტყვიის დაბალი ექსპოზიციის დიდი ნაწილი ბოსტნეულზე, თხილზე და მარცვლეულზე მოდის, რაც პროცენტულად 19%-ს შეადგენს. ბურღულეულისთვის და მისი პროდუქციისთვის 14%-ს, ძირხვენებისთვის, ტუბერებისთვის, ბოლქვიანი ბოსტნეულისთვის და ხორც-პროდუქტებისთვის 8%-ს, ალკოჰოლური ნაწარმისთვის 7%-ს, რძისა და რძის პროდუქტებისთვის კი 6%-ს. ეს მაჩვენებლები სრულიად განსხვავდება მაღალი ექსპოზიციის დროს, რაც შეადგენს შემდეგ მაჩვენებლებს: ჩამოსასხმელი წყალი, წვენები, ენერგეტუკული და გამაგრილებელი სასმელები 11%, ალკოჰოლური სასმელები და ხორცპროდუქტები 9%, რძე და რძის პროდუქტები 8%, ბოლქვიანი და ძირხვენა პროდუქტები 6%.

საკვებიდან ჩვილებში ტყვიის გავრცელების ძირითადი წყარო არის დედის რძე და ჩვილის კვებისთვის განკუთვნილი ხელოვნური ნარევი. ძუძუთი და ხელოვნური ნარევით ჩვილის კვებისას ეგზოგენურად მიმდინარეობს ტყვიის ზემოქმედება, ხოლო ენდოგენური

ზემოქმედებისას ორსულობის განმავლობაში ტყვია აკუმულირდება დედის ორგანიზმში და ახალშობილობის პერიოდში განიცდის ძვლოვან სისტემაში წრებრუნვას. ამგვარად ტყვია მობილიზებულია კალციუმთან ერთად დედის (ძვლოვან სისტემაში) ჩონჩხში და მზადაა ტრანსფორმაცია განიცადოს პლაცენტას გასწვრივ. ტყვია დედის რძიდან მხოლოდ 12% აღირიცხება ახალშობილის სისხლში სიცოცხლის ძალიან ადრეულ პერიოდში. ასევე აღმოჩენილია, რომ მშობიარობის შემდგომ 60-დან 90 დღემდე დედის რძიდან ჩვილის სისხლში 36-დან 80%-მდე ტყვია ნაწილდება, ხოლო ხელოვნური ნარევის შემთხვევაში სისხლში ტყვიის დონე მერყეობს 24-დან 68%-მდე [14] [15].

ამ მიმართულებით კვლევა ძირითადად ექვს თვემდე მიმდინარეობდა და გამოთვლა ჩატარდა სამი თვის ჩვილის წონასთან მიმართებაში (6,1კგ) რომელსაც დღიურად საშუალოდ სჭირდება 800-დან 1200 გრამამდე დედის რძე თუ ხელოვნური ნარევი. დედის რძიდან ტყვიის ექსპოზიცია ძალზედ ცვალებადია. ავსტრალიაში სხვადასხვა მონაცემებზე დაყრდნობით გამოითვალეს დედის რძეში ტყვიის საშუალო შემცველობის ლიმიტი, რაც 0,0016 მგ/ლ შეადგენს. ექსპოზიციის შეფასებისას ამ პარამეტრზე დაყრდნობით დადგინდა, რომ დედის რძიდან ჩვილის ორგანიზმში შესაძლებელია დღიურად მოხვდეს 0,21-დან-0,32 მკგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით ტყვია. ხელოვნური ნარევიდან კი 0,27-დან 0,63 მკგ/კგ-მდე [1].

ევროპის სხვადასხვა ქვეყანაში გამოკვლეული იქნა 1-დან 14 წლამდე ბავშვები. კვლევის შედეგების მიხედვით ტყვიის კონცენტრაციის სხვადასხვა შემცველობა დაფიქსირდა. კვლევის მიზანი იყო ტყვიის ექსპოზიციის გრძელვადიანი გამოკვლევა ამ ფუნქციონალური ასაკის ჯგუფისათვის. კვლევის პერიოდში გამოკვლეულ იქნა თითოეული ინდივიდის სოციალური სტატუსი და კვებითი რაციონის ყოველდრიურობა. კვლევის თანახმად ლოგარითმული ფუნქციისა და მათემატიკური მოდელირების გამოყენებით დადგინდა ექსპოზიციის მინიმალური, საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები. ცხრილი 1-ში მოცემულია ექსპოზიციის მნიშვნელობები სხვადასხვა ასაკობრივი ჯგუფისთვის.

ცხრილი 1. 1-დან 14 წლის ბავშვებში ექსპოზიციის მაქსიმალური, საშუალო და მინიმალური მნიშვნელობები. მონაცემების გამოსათვლელად MCRA ელექტრონულ პროგრამაში გამოყენებულ იქნა BBN მოდელირება.

	ასაკი													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ტყვიის ექსპოზიცია 50 P-ისთვის მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველ დღიურად lower bound														
N1*მინიმალური	1,27	1,19	1,10	0,93	0,87	0,81	0,80	0,75	0,71	0,66	0,46	0,43	0,40	0,35
N1*საშუალო	1,32	1,31	1,19	1,12	1,05	0,98	0,89	0,82	0,77	0,72	0,68	0,63	0,59	0,55
N1*მაქსიმალური	1,60	1,72	1,58	1,44	1,32	1,26	0,99	0,92	0,86	0,80	0,72	0,68	0,64	0,60
ტყვიის ექსპოზიცია 50 P-ისთვის მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველ დღიურად upper bound														
N2*მინიმალური	2,39	2,24	2,10	1,62	1,62	1,62	1,60	1,52	1,42	1,33	0,87	0,59	0,76	0,68
N2*საშუალო	2,54	2,58	2,37	2,19	2,04	1,91	1,72	1,59	1,46	1,37	1,24	0,82	1,04	0,96
N2*მაქსიმალური	2,85	3,10	2,85	2,61	2,49	2,41	1,95	1,81	1,64	1,51	1,29	1,21	1,14	1,10
ტყვიის ექსპოზიცია 95 P-ისთვის მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველ დღიურად lower bound														
N3*მინიმალური	2,08	1,83	1,71	1,50	1,39	1,30	1,39	1,28	1,18	1,09	0,76	0,72	0,67	0,58

N3*საშუალო	2,66	2,54	2,24	1,87	1,72	1,62	1,49	1,38	1,30	1,23	1,03	0,96	0,89	0,83
N3*მაქსიმალური	3,09	2,93	2,80	2,66	2,56	2,43	1,81	1,68	1,55	1,44	1,16	1,09	1,03	0,97
ტყვიის ექსპოზიცია 95 P-ისთვის მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველ დღიურად upper bound														
N4*მინიმალური	3,83	3,60	3,38	2,57	2,57	2,57	2,51	2,30	2,10	1,93	1,41	1,34	1,25	1,11
N4*საშუალო	5,07	4,67	4,33	3,54	3,32	3,12	2,95	2,75	2,57	2,39	1,79	1,68	1,59	1,53
N4*მაქსიმალური	5,51	5,35	5,15	4,41	4,83	4,66	3,62	3,40	3,18	2,97	1,98	1,82	1,67	1,54

ყველა გამოკვლეული ასაკობრივი ჯგუფი მოიცავს სხვადასხვა ნაციონალური კვებით კატეგორიას. ბავშვებში მაღალი დიეტური ექსპოზიცია გამოვლინდა დაბალ ასაკობრივ ჯგუფებში, ხოლო 14 წლის ასაკის ბავშვებში ტყვიის ექსპოზიციის მაჩვენებელი მსგავსია მოზრდილი ადამიანის ექსპოზიციის მაჩვენებლისა.

ვეგეტარიანელების ექსპოზიცია გაანგარიშებულ იქნა EFSA-ს მონაცემთა ბაზებზე დაყრდნობით. დიეტურ მაჩვენებლად გამოყენებულ იქნა ლაქტო-ოვო-ვეგეტარიანელების მონაცემები, ადამიანთა რაოდენობა 8 285-ს შეადგენდა, რომელებიც სხვადასხვა ქვეყნიდან იყვნენ. ვეგეტარიანელების დიეტურ ექსპოზიციაში სხვაობა დაახლოებით 3-დან 9%-მდე მერყეობდა. ვეგეტარიანელების დაბალი ექსპოზიციის მაჩვენებელი შეადგენს 0,54 მკგ/კგ-ს სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, ხოლო მაღალი ექსპოზიციის მაჩვენებელი 1,53 მკგ/კგ.

განსხვავებული კვებითი დიეტის დროს შესაძლებელია ტყვიის მაღალი კონცენტრაციის დაგროვება. ადამიანი, რომელიც კვირაში 100 გრამ სოკოს, 200 გრამ ნანადირევი ცხოველების ხორცს ან მოლუსკებს მიირთმევს, მის ორგანიზმზე მაღალია ტყვიის ზემოქმედება. ასეთ შემთხვევაში ტყვიის ექსპოზიციის მაჩვენებელი 0,36-დან 1,24 მკგ/კგ-მდეა სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად.

სხვადასხვა პოპულაციებისთვის ტყვიის ექსპოზიციის განსხვავებული წყაროებია. კვებითი ექსპოზიცია დომინირებს მოზრდილებში, ხოლო ბავშვებში კვებით ექსპოზიციასთან ერთად ნიადაგის მტვრით გამოწვეული ექსპოზიციაც განიხილება. ტყვიის ზემოქმედებას მოზრდილებში, რომელიც გამოწვეულია სასუნთქი გზებით და სიგარეტის კვამლით, 10% უჭირავს. ხოლო ჩვილებში და ბავშვებში დაბინძურებული ნიადაგიდან და მტვრიდან ტყვიის ზემოქმედება 42-დან 50%-მდე მოდის. ბავშვებში ტყვიის ზემოქმედება დამოკიდებულია ასევე ასაკობრივ ჯგუფზე.

კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ თუ ნიადაგში ტყვიის შემცველობა მერყეობს 100 მგ/კგ-ის ფარგლებში, მაშინ ბავშვმა მიწაში თამაშისას შესაძლოა განიცადონ 10 მკგ ტყვიის ზემოქმედება, ხოლო საშუალო შემცველობის დროს როდესაც 23 მგ/კგ ტყვიას შეიცავს ნიადაგი ბავშვი დაახლოებით 2.3 მკგ-ის ზემოქმედებას განიცდის. ის ადამიანები, რომლებიც ცხოვრობენ ავტომაგისტრალების სიახლოვეს, სადაც მოძრაობა ინტენსიურია და სასოფლო სამეურნეო ბაღებთან, სადაც წარსულში იყენებდნენ ტყვიის არსენატის შემცველ პესტიციდებს, აქტიურად განიცდიან ტყვიის ზემოქმედებას. აგრეთვე შესაძლოა ტყვიის ზემოქმედებას განიცდიდნენ ადამიანები, რომლებიც შენობების გადახურვაზე მუშაობენ, ძველი ელექტროტექნიკის შეკეთება-გადამუშავებით არიან დაკავებულნი და გააჩნიათ სხვადასხვა სახის ჰობი, როგორიცაა ვიტრაჟული მინის, თევზსაჭერი გილზების (ტყვიების)

დამზადება და სათამაშო ჯარისკაცების ჩამოსხმა. ზემოქმედების მნიშვნელოვანი კავშირის დადგენა რთულია, მაგრამ შესაძლოა შესამჩნევად გამოვლინდეს ზოგიერთ ინდივიდში [1].

კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ თამბაქოს მცენარეს შესწევს უნარი დაბინძურებული ნიადაგიდან ამოიღოს ტყვია და დაიგროვოს სამომხმარებლოდ განკუთვნილ ნაწილებში. ასევე შეიძლება შეიცავდეს ფოთლების ზედაპირზე ტყვიის კონცენტრაციას, რადგან ფერმერები იყენებენ ტყვია არსენატის პესტიციდს, რაც აბინძურებს თამბაქოს პროდუქციას, როგორც ტყვიით ასევე დარიშხანით. 1970-იანი წლებიდან დაიწყო ტყვია არსენატის პესტიციდის ჩანაცვლება ორგანული პესტიციდებით. თუ ტყვია წარმოდგენილია თამბაქოში, ერთ ღერ სიგარეტში დაახლოებით 2,5-დან 12,2 მკგ-მდე მოდის მისი შემცველობა, მწეველები კი სასუნთქი გზებით 2-6% შეითვისებენ. მაქსიმალური ადამიანზე ზემოქმედების ზღვარი რაც შეიძლება დასაშვებად ჩაითვალოს არის 0,2-დან 1,0 მკგ-მდე 20 ღერ სიგარეტზე გადათვლით.

ტყვიის ზემოქმედება შესაძლოა გამოწვეული იქნეს სხვა შედარებით ნაკლებად ცნობილი წყაროებიდან, ისეთები როგორებიცაა ალკოჰოლის გამოსახდელი აპარატები, რომელიც შედუღებულია ტყვიით, ასეთ შემთხვევაში შესაძლოა დიდი რაოდენობით შეიცავდეს ტყვიას ალკოჰოლი. ტყვიის მაქსიმალური დონე, რომელიც აღმოჩენილია ჯორჯიის შტატში ა.შ.შ, 12 სინჯიდან 7 სინჯში მისი საშუალო კონცენტრაცია შეადგენდა 5,3 მგ/ლ. შეიძლება ხილის წვენიც შეიცავდეს ტყვიას რომელიც კერამიკის ან მინის ჭურჭელში ინახება. კერამიკული ნაწარმი და მისი ჭიქური მნიშვნელოვანი წყაროა საკვებში ტყვიის გავრცელების [3] [18].

თმის საღებავები და ზოგიერთი კოსმეტიკა შეიცავს ტყვიის ნაერთებს, სადაც ტყვიის კონცენტრაცია მერყეობს 2,3-6 გ/კგ-მდე. თმის საღებავებში გამოყენებული ტყვიის აცეტატი ხსნადია წყალში და ადვილად ტრანსფორმირდება ხელებზე. ევროკავშირში კოსმეტიკურ ნაწარმში ტყვიის შემცველობა აკრძალულია და ქარხნულად დამზადებულ ნაწარმში რეკომენდებულია გამოყენებულ იქნეს ძალზედ დაბალი კონცენტრაცია [22].

ტყვია სისხლში

სისხლში ტყვია არის რბილ ქსოვილებში მისი არსებობის ინდიკატორი. ტყვიის მცირე რაოდენობასაც შეუძლია ბავშვებში გამოიწვიოს ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანება. სისხლში ტყვიას გააჩნია ორი საცავი. მოკლე ნახევარ დაშლის პერიოდის საცავი, რომელიც არის სისხლში და რბილ ქსოვილებში (20-დან 40 დღემდე) და გრძელი ნახევარ დაშლის პერიოდის საცავი ძირითადად ძვლოვან ქსოვილებში განიცდის დაგროვებას (მერყეობს 10-დან 30 წლამდე). ძირითადად ვენურ სისხლში ხდება ტყვიის განსაზღვრა. სისხლში ტყვიის დიდი ნაწილი წარმოდგენილია უჯრედებში. დამოკიდებულება ტყვიის შეთვისებასა და სისხლში ტყვიის არსებობას შორის მრუდხაზოვანია. დაბალი ტყვიის შეთვისებისას მრუდი წრფივ ხაზოვნად იზრდება, ხოლო მაღალი ტყვიის შეთვისებისას, როგორც კი ერითროციტები გაჯერდება მრუდი წარმოდგენილია ბრტყელი სახით. გარემოში ტყვიის მომატება 1 მკგ/მ^3 -

ითაც კი იწვევს მყარ შედეგს სისხლში ტყვიის დონის გაზრდას 16,4 მკგ/ლ-ით მოზრდილებში და 19 მკგ/ლ-ით ბავშვებში [1].

დაკვირვებები ადამიანებზე

კანცეროგენური კვლევების საერთაშორისო სააგენტოს მიერ ტყვია აღიარებულია როგორც 2A ჯგუფის კანცეროგენური ნივთიერება. კოლიკები არის პირველადი ტიპიური სიმპტომები, მუცლის ტკივილი, გულის რევა, პირღებინება და ანორექსია. ტყვიის მაღალი კონცენტრაციის ექსპოზიციის შედეგად ბავშვებში ძირითადად ვითარდება ტოქსიკური ენცეფალოპათია. აგრეთვე აღსანიშნავია, რომ ტყვიის ქრონიკული ზემოქმედება არის ყველაზე დიდი რისკი ადამიანის ორგანიზმისათვის. ტყვიის დაბალი კონცენტრაციის ქრონიკული ექსპოზიციის დროს ვითარდება კანცეროგენური არა-ფატალური, ნევროტოქსიკური (ნერვული სისტემის) და კარდიოვასკულური (სისხლ-ძარღვთა სისტემის) ეფექტები. ტყვია დიდ ზიანს აყენებს ადამიანის გონებრივ განვითარებას ესენია: შემეცნებითი შესაძლებლობები, მათ შორის მეხსიერების, სიტყვიერი და სივრცითი აზროვნება, დაგეგმვა, სწავლის და ენის გააზრება-გამოყენება, მოზარდის IQ მაჩვენებელი. ტყვია გავლენას ახდენს რეპროდუქციულ და იმუნურ სისტემაზე.

ბენჩმარკის დაბალი კონფიდენციალობის საკონტროლო დოზის ლიმიტი Benchmark Dose Lower Confidence Limit (BMDL10) გონებრივ და ინტელექტუალური IQ მაჩვენებელისთვის განისაზვრა 12 მკგ/კგ; სისხლძარღვთა სისტემისათვის 36 მკგ/ლ, ხოლო ბარძაყის ძვლბში 8,1 მკგ/გ რაც იწვევს რისკ ფაქტორებს; თირკმელებისთვის 15 მკგ/ლ [1].

ძირითადად ტყვიის საკვები პროდუქტებისგან გამოწვეული ექსპოზიცია ევროპული ქვეყნების მოზრდილ ადამიანებში მერყეობს 0,36-1,24 მკგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად და მაღალი ზემოქმედების მქონე პირებში 0,73-2,43 მკგ/კგ.

ჩვილები, რომლებიც არიან ბუნებრივ კვებაზე (იკვებებიან დედის რძით) სავარაუდო ექსპოზიცია შეადგენს 0,21 მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, ხოლო ჩვილები რომლებიც იმყოფებიან ხელოვნურ ნარევზე 0,27-0,63მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად. ამავე ბავშვებში ძლიერი ტყვიის ზემოქმედების შემთხვევაში დასაშვებია 0,40-0,94 მკგ/კგ.

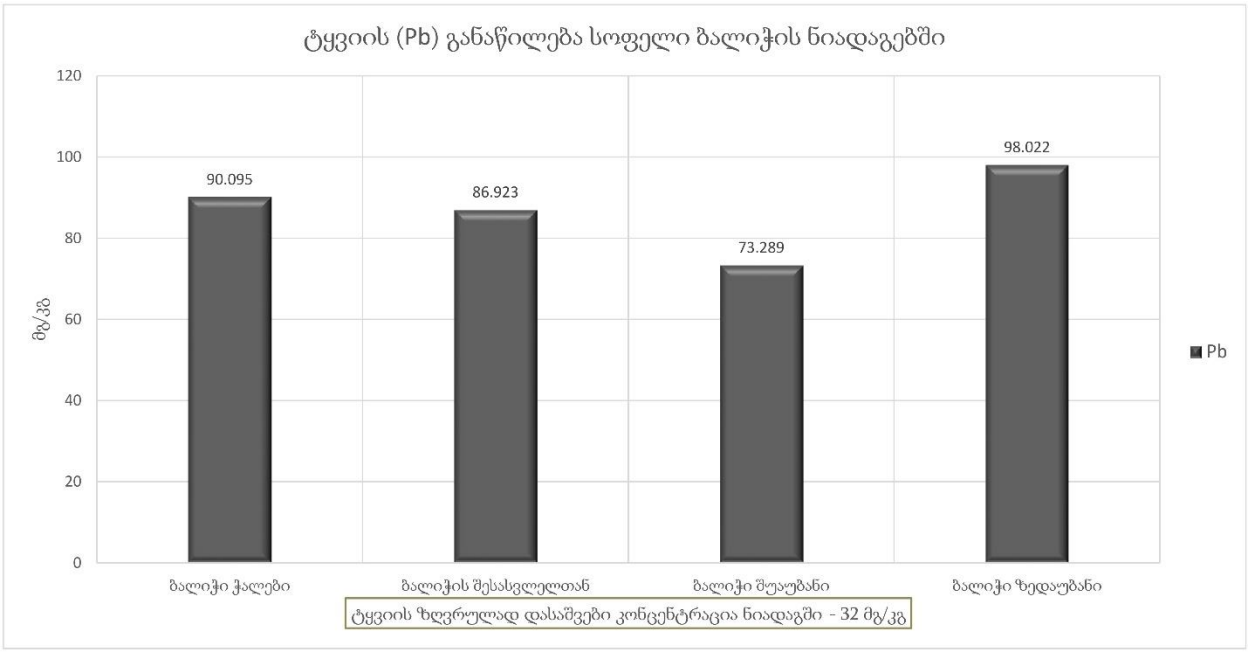
1-დან 3 წლამდე ასაკის ბავშვებში ტყვიის ზემოქმედების დიეტური მაჩვენებლის დიაპაზონია 1,10-დან 3,10 მკგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად. მაღალი ზემოქმედების შემთხვევაში დიაპაზონი იზრდება და იგი მერყეობს 1,71-დან 5,51 მკგ/კგ-მდე ფარგლებში.

4-დან 7 წლამდე ასაკის ბავშვებში ტყვიის ზემოქმედების დიეტური მაჩვენებლის დიაპაზონია 0,80-დან 2,61 მკგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით, ხოლო მაღალი ზემოქმედების შემთხვევაში 1,30-დან 4,83 მკგ/კგ-ს ფარგლებში მერყეობს [1].

ადგილობრივი კვლევები - ბოლნისის რაიონში ჩვენს მიერ განხორციელდა კვლევები, რომლის დროსაც გამოკვლეულ იქნა სოფელი ბალიჭის ნიადაგებში მძიმე ლითონთა შემცველობა. კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ამ სოფელში ტყვიის კონცენტრაცია

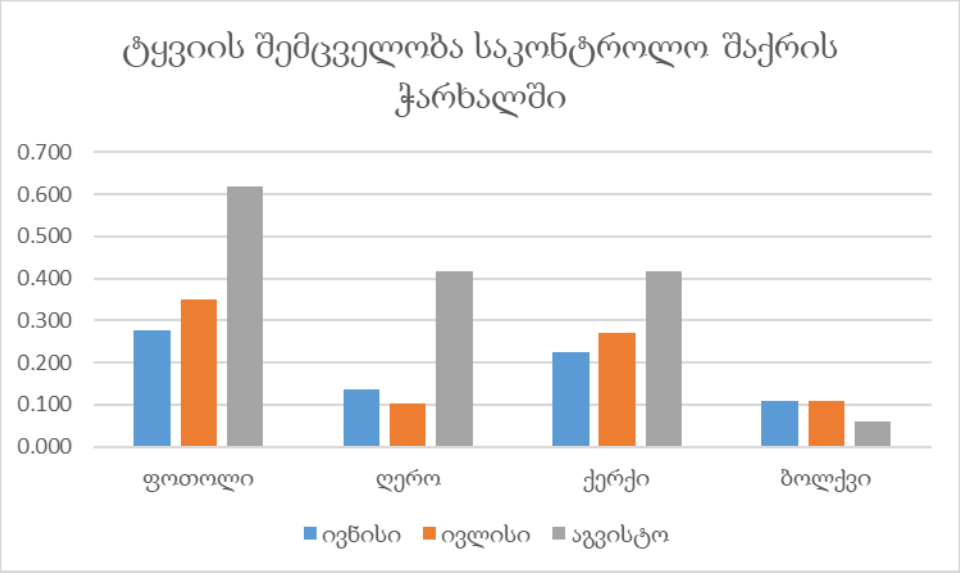
ნიადაგებში მნიშვნელოვნად აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (სურ. 3). საქართველოს კანონმდებლობით ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) ტყვიის შემთხვევაში 32 მგ/კგ შეადგენს [16] [19].

სოფელ ბალიჭში - ჭალებში ნიადაგის ზედაპირზე 236,53%-ით არის მომატებული ტყვია, ხოლო სიღრმეში 126,56%-ით; სოფლის შესასვლელთან ნიადაგის ზედაპირზე მომატებულია 188,1%-ით, ხოლო სიღრმეში 49,68%-ით; ცენტრალურ სოფელში ნიადაგის ზედაპირზე მომატებულია 186,525%-ით, ხოლო სიღრმეში 71,53%-ით; სოფლის ზედაუბანში ნიადაგის ზედაპირზე მომატებულია 333,37%-ით, ხოლო სიღრმეში 79,26%-ით.

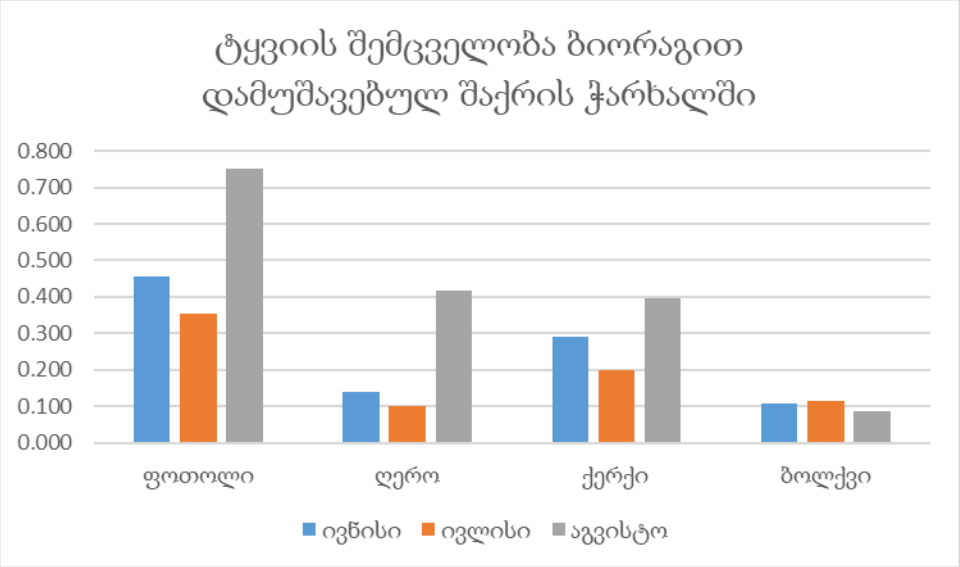


სურათი 3. სოფელ ბალიჭში ტყვიის (Pb) განაწილება. (საქართველოს კანონმდებლობით ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) ტყვიისთვის 32 მგ/კგ შეადგენს)

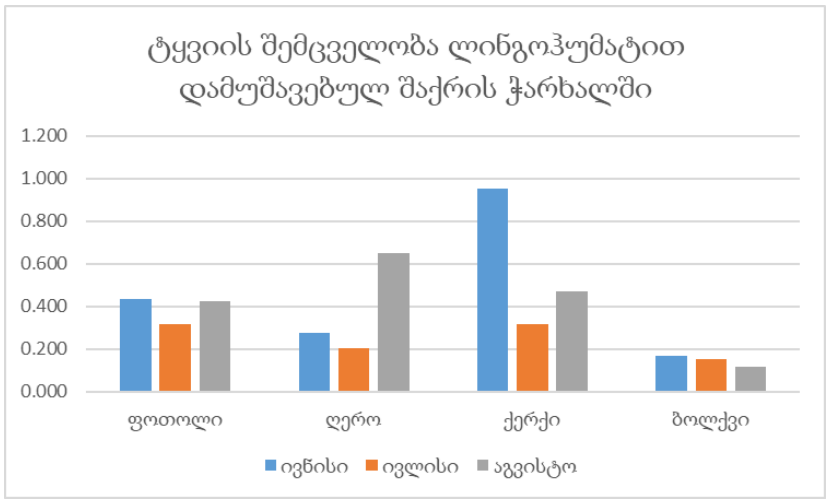
ამავე სოფელში ჩვენს მიერ ჩატარდა ექსპერიმენტი, რის საფუძველზეც გამოკვლეულ იქნა შაქრის ჭარხალში მძიმე ლითონების ათვისების უნარიანობა. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა გაგვერკვია ჩვეულებრივ საკონტროლო შაქრის ჭარხლის და სხვადასხვა ბიოსტიმულატორით დამუშავებული მცენარის მიერ მძიმე ლითონების მიმართ დამოკიდებულება და ათვისების უნარიანობა (სურ. 4, 5, 6).



სურათი 4. საკონტროლო (ჩვეულებრივ პირობებში დათესილი) შაქრის ჭარხალში ტყვიის შემცველობა მგ/კგ.

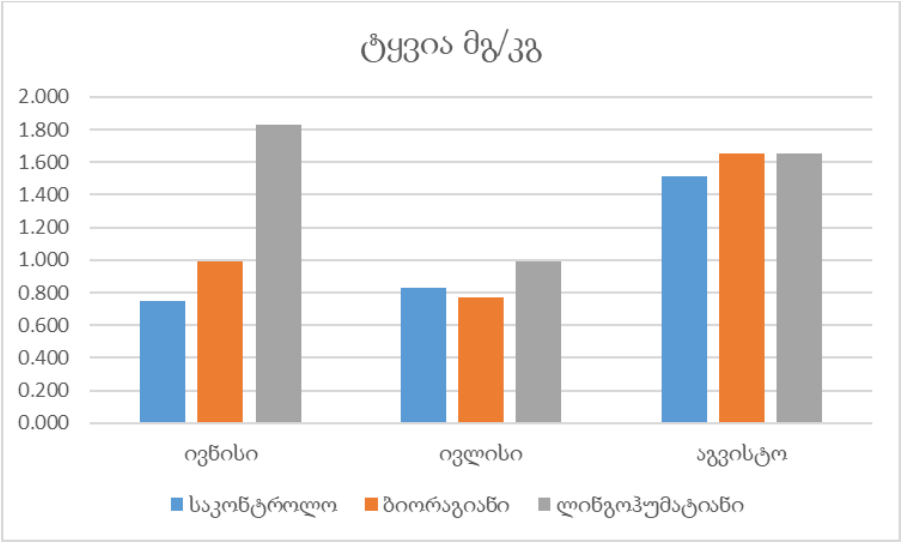


სურათი 5. ბიორაგით დამუშავებულ შაქრის ჭარხალში ტყვიის შემცველობა მგ/კგ.



სურათი 6. ბიოსტიმულატორ ლინგოჰუმატით დამუშავებულ შაქრის ჭარხალში ტყვიის შემცველობა მგ/კგ.

კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციასთან მიმართებაში შაქრის ჭარხალი ნიადაგიდან ტყვიას შეითვისებს საკმაოდ დიდი რაოდენობით. საკონტროლო შაქრის ჭარხალში ტყვიის კონცენტრაცია 30,9-ჯერ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (ზდკ 0,1 მგ/კგ), ბიორაგით დამუშავებულ შაქრის ჭარხალში ტყვიის კონცენტრაცია 34,16-ჯერ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას, ხოლო ბიოსტიმულატორ ლინგოჰუმატში დამუშავებულ შაქრის ჭარხალში ტყვიის კონცენტრაცია ზღვრულად დასაშვებს 44,75-ჯერ აღემატება (სურ. 7).



სურათი 7. საკონტროლო (ჩვეულებრივ პირობებში გაზრდილი), ბიორაგით და ლინგოჰუმატით დამუშავებულ შაქრის ჭარხალში ტყვიის ჯამური შემცველობა მგ/კგ.

სოფელ ბალიჭში, სადაც კვლევა განხორციელდა ცხოვრობს 300 (სამასი) ოჯახი, სულადობრივი რაოდენობა კი დაახლოებით 1200 (ათას ორასი) ადამიანს შეადგენს.

ტყვიის სავარაუდო ექსპოზიციის შეფასება ადგილობრივ მონაცემებზე დაყრდნობით

ადამიანზე ტყვიის ექსპოზიციის ადგილობრივი მონაცემები არსებობს მხოლოდ 2-5 წლის ასაკის ბავშვებზე. 2015 წლის კვლევის მონაცემებით იაშვილის კლინიკაში ჰოსპიტალიზებულ ბავშვების სიხლში ტყვიის შემცველობა საშუალოდ 5 მკგ/დლ აღმოჩნდა. აშშ-ის დაავადებათა პრევენციის და კონტროლის ვებგვერდის სიახლეებში არის ინფორმაცია, რომ აშშ-ის 1-5 წლამდე ასაკის გამოკვლეული ბავშვების მაქსიმუმ 2,5%-ის სისხლში აღმოჩნდა 5 მკგ/დლ და მეტი ტყვიის შემცველობა. ადგილობრივი მონაცემები სავარაუდოდ მიუთითებს, რომ საქართველოში ბავშვები ექვემდებარებიან ტყვიის მაღალ ექსპოზიციას. მით უფრო, რომ შეერთებული შტატების დაავადებათა კონტროლის და პრევენციის ცენტრის განცხადებით არ არსებობს ტყვიის უსაფრთხო და დასაშვები ნორმა ადამიანის ორგანიზმისათვის.

სავარაუდო ექსპოზიციის შეფასების დროს წარმოიშვა გარკვეული განუსაზღვრელობები, რომელიც ართულებს ექსპოზიციის სრულფასოვან შეფასებას. საქართველოში ტყვიის ზემოქმედების წყაროებისა და გზების დადგენა გაძნელებულია შესაბამისი მონაცემების არარსებობის გამო.

ჩვენს ხელთ არსებული მონაცემებით, ნიადაგში ტყვიის შემცველობა დასავლეთ საქართველოს რეგიონების ნიადაგებში საშუალოდ ტოლია 22,39 მგ/კგ, რაც საქართველოს კანონმდებლობით განსაზღვრულ ნორმაზე დაბალია (32 მგ/კგ). ამასთან, ნიადაგის ხსნარში ტყვიის მხოლოდ 0,005-დან 0,13%-მდეა მცენარისთვის ხელმისაწვდომი. ფესვების მიერ ტყვიის აბსორბცია პასიურია, ასე რომ ათვისების კოეფიცენტი საკმაოდ დაბალია. ამდენად საკვებად გამოსაყენებელ მცენარეებში ნეიტრალური pH-ის მქონე ნიადაგიდან ტყვიის მნიშვნელოვანი რაოდენობის გადასვლა ნაკლებ სავარაუდოა საქართველოს დასავლეთ რეგიონებში. ჩვენი კვლევის მონაცემებით ქვემო ქართლის ნიადაგებში ყველაზე მაქსიმალური შემცველობა 100 მგ/კგ დაფიქსირდა. ფოთლებში ტყვიის შემცველობა ხშირად კორელაციურ კავშირშია ატმოსფეროში მის კონცენტრაციასთან. ამდენად მნიშვნელოვანია ჰაერში ტყვიის შემცველობის მონაცემების არსებობა, ტყვიის ექსპოზიციის გზების შესაფასებლად, საკვებად გამოსაყენებელ მცენარეებთან მიმართებაში.

ყველაზე მნიშვნელოვანია ტყვიის დიეტური (სურსათით, მ.შ. სასმელი წყალი) ექსპოზიციის მაჩვენებლები, რისთვისაც საჭიროა საქართველოში სურსათში ტყვიის შემცველობის მონიტორინგისა და მოსახლეობის ფაქტიური კვების მონაცემები.

რისკის დახასიათება

ლითონი ტყვია ბუნებრივად გვხვდება გარემოში, მაგრამ დღეს-დღეობით წარმოდგენილი ტყვიის მომატება დაკავშირებულია ანთროპოგენურ საქმიანობასთან.

ტყვია გვხვდება, როგორც არაორგანული ისე ორგანული ნაერთების სახით, თუმცა მათგან ტყვიის არაორგანული ქიმიური ნაერთებია გავრცელებული გარემოში.

ატმოსფეროში ტყვია ძირითადად ანტროპოგენური ზემოქმედების შედეგად ხვდება, ისეთების როგორიცაა-ლითონების, მრეწველობის, ელექტროენერგიისა და სათბური პროდუქციის წარმოება. ტყვიის შემცველობის საშუალო წლიური მაჩვენებელი არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 მკგ/მ^3, რომელიც დადგენილია WHO-ს მიერ. ატმოსფეროში ტყვია საკმაოდ ფართოდ არის გავრცელებული. ჩვეულებისამებრ დახურულ შენობაში 0,3-0,8-ჯერ ნაკლებია ვიდრე გარეთ [2] [14].

წყლის სისტემებში ტყვია ყველაზე დიდი რაოდენობით ხვდება რკინის ინდუსტრიიდან, ტყვიის პროდუქციის წარმოებისას, ფერადი ლითონების შენადნობებისას, ლითონების მოპოვებისას, საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ჩამდინარე წყლების ჩადინებისას. წყლის ორგანიზმებისთვის ტყვიის მარილები ტოქსიკურია, რაც დამოკიდებულია წყლის სიხისტეზე, pH და მარილიანობაზე.

ნიადაგების ტყვიით დაბინძურება, გამოწვეულია სამრეწველო მავნე ემისიებით და ტყვიით გამდიდრებული საწვავით. ტყვიის ყველაზე ძლიერი გამავრცელებლები გარემოში არიან ელექტროენერგიის წარმოების, მეტალებისა და ნახშირის მომპოვებელი ქარხნები. არა დაბინძურებულ ნიადაგებში ტყვიის საშუალო შემცველობა 10-დან 30 მგ/კგ-მდე მერყეობს. ზოგადად ნიადაგში ტყვია არ არის ისეთივე მოძრავი, როგორც წყალში. მის მობილობაზე გავლენას ახდენს ნიადაგის pH, ორგანული ნივთიერებების შემცველობა და ჰუმინური მჟავების არსებობა.

ტყვიაშემცველი ჰაერი, წყალი, საკვები პროდუქცია, ჭუჭყი და მტვერი ზემოქმედებას ახდენს ადამიანზე. დაბინძურებული ნიადაგის, მტვრისა და ტყვია შემცველი ძველი საღებავის ჩაყლაპვის პირდაპირი შედეგია ინდივიდზე ზემოქმედება, რომელიც მნიშვნელოვანი წყაროა ჩვილებისა და პატარა ბავშვებისათვის. ადამიანები, რომლებიც ცხოვრობენ ადგილებში სადაც სახლები შეღებილია დიდი ხნის წინათ ისეთი საღებავებით, რომლებიც ტყვიას შეიცავდა, მათ ორგანიზმში დაგროვილია მაღალი დონის ტყვიის კონცენტრაცია. ტყვია შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს საღებავებში როგორც ინგრედიენტი.

ის ადამიანები განიცდიან ტყვიის ზემოქმედებას, რომლებიც ცხოვრობენ ავტომაგისტრალების სიახლოვეს, სადაც მოძრაობა ინტენსიურია. ასევე სასოფლო სამეურნეო ბაღებთან, სადაც წარსულში იყენებდნენ ტყვიის არსენატის შემცველ პესტიციდებს.

აგრეთვე შესაძლოა ტყვიის ზემოქმედებას განიცდიდნენ ადამიანები, რომლებიც შენობების გადახურვაზე მუშაობენ, ძველი ელექტროტექნიკის შეკეთება-გადამუშავებით არიან დაკავებულნი და გააჩნიათ სხვადასხვა სახის ჰობი, როგორიცაა ვიტრაჟული მინის, თევზსაჭერი გილზების (ტყვიების) დამზადება და სათამაშო ჯარისკაცების ჩამოსხმა. ზემოქმედების მნიშვნელოვანი კავშირის დადგენა რთულია, მაგრამ შესაძლოა შესამჩნევად გამოვლინდეს ზოგიერთ ინდივიდში.

ტყვიის ექსპოზიცია შესაძლოა გამოწვეული იქნას სხვა შედარებით ნაკლებად ცნობილი წყაროებიდან, ისეთები როგორებიცაა ალკოჰოლის გამოსახდელი აპარატები, რომელიც შედუღებულია ტყვიით. შეიძლება ხილის წვენიც შეიცავდეს ტყვიას, რომელიც

კერამიკის ან მინის ჭურჭელში ინახება [3] [18]. ასევე შესაძლებელია ცეცხლსასროლი იარაღის ტყვიის შემცველმა ტყვიებმა გამოიწვიოს ზემოქმედება. გასროლის მომენტში და იარაღის დატენვისას გამოიყოფა ტყვიის შემცველი მტვერი ჰაერში, რომლის კონცენტრაციაც მეტია 1 მგ/მ³-ზე.

თმის საღებავები და ზოგიერთი კოსმეტიკა შეიცავს ტყვიის ნაერთებს, რაშიც ტყვიის კონცენტრაცია მერყეობს 2,3-6 გ/კგ-მდე. თმის საღებავებში გამოყენებული ტყვიის აცეტატი ხსნადია წყალში და ადვილად ტრანსფორმირდება კანზე.

მაკონტროლებელი ღონისძიებები, რომლებიც გატარდა 1970 წლებიდან, საღებავებში, საწვავში, საკვებ ჭურჭელში (ქილებში) და წყალსადენ მილებში ტყვიის შემცველობის რეგულაციის შესახებ, ხელი შეუწყო მნიშვნელოვნად შემცირებულიყო ტყვიის ზემოქმედება გარემოზე.

საერთო ჯამში ევროპის ქვეყნებში სურსათიდან ტყვიის ყველაზე მნიშვნელოვანი გამავრცელებელი არის ბურღულეული, მარცვლეული, ბოსტნეული და ონკანის წყალი. იდენტიფიცირება შემდეგნაირია: მარცვლეული პროდუქცია, ამას მოყვება კარტოფილი, მარცვლეულის ნაზავი კერძები, ფოთლოვანი ბოსტნეული და ჩამოსასხმელი წყალი. ტყვიის ზემოქმედების არადიეტური წყარო ბავშვებში ძირითადად არის საყოფაცხოვრებო მტვერი და ნიადაგი.

სისხლში ტყვიის კონცენტრაციის არსებობა არის ბიომარკერი იმისა, რომ იგი რბილ ქსოვილებშიც არის საკმაო რაოდენობით წარმოდგენილი. ტყვიის აბსორბცია ბავშვებში უფრო მაღალია, ვიდრე მოზრდილებში. აბსორბირებული ტყვია დაგროვებას განიცდის რბილ ქსოვილებში, ღვიძლში, თირკმელებში და ძვლოვან ქსოვილებში.

ნახევარდაშლის პერიოდი გრძელდება 30 დღიდან 10-30 წელი. მისი გამოდევნა ორგანიზმიდან ხდება შარდისა და განავლის მეშვეობით. ტყვიის დაგროვება იწვევს რისკ-ფაქტორებს, რომლებიც გამოიხატება ნერვულ (ბავშვების გონებრივ განვითარებაში), სისხლძარღვთა და ნეფროტოქსიური ეფექტების განვითარებაში. ტყვიის ერთიანი დიეტური ლიმიტირებული დოზა არ არის განსაზღვრული, რადგან სოციუმის სხვადასხვა ჯგუფებისთვის სხვადასხვაა ეს დოზა. მაგალითად, მაღალი რისკ ფაქტორის ქვეშ იმყოფება ის, ვინც ნანადირევ ხორცს მიირთმევს. ამ შემთხვევაში ტყვიის დონე განისაზღვრა 1,98-დან 2,44 მკგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად. ხოლო ნანადირევი ხორცის შიგა ორგანოების საკვებად გამოყენებისას მისი დონე მერყეობს 0,81-დან 1,27 მკგ/კგ-მდე [4] [20].

ბავშვებში ბენჩმარკის დაბალი კონფიდენციალობის საკონტროლო დოზის ლიმიტი განისაზღვრა 0,50 მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, რომელიც წარმოქმნის გონებრივ დეფექტებს პატარებში. ზემოქმედების ზღვარი 1-3 წლამდე ბავშვებში განისაზღვრა 0,16-0,45 მკგ/კგ-ს ფარგლებში, მაგრამ ეს ზღვარი ზოგიერთ ბავშვთა ჯგუფებისთვის ოდნავ მაღალი აღმოჩნდა. ასევე ჩვილებისთვის ბენჩმარკის დაბალი კონფიდენციალობის საკონტროლო დოზის ლიმიტი წარმოადგენს 0,50 მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, მაგრამ ეს დოზა ყველა ჩვილისთვის არ უნდა იყოს მისაღები.

ქალები, რომლებიც 20-დან 40 წლის ასაკამდე არიან ორსულობის შემთხვევაში ტყვიის ზემოქმედების შედეგად გამოწვეული რისკი მაღალია, რომელიც ნერვულ განვითარებაში გამოიხატება, რაც შთამომავლობას გადაეცემა. ორსულებისთვის და მუცლად მყოფი ჩვილისთვის არ არის დადგენილი ბენჩმარკის დაბალი კონფიდენციალობის საკონტროლო დოზის ლიმიტი [1] [21].

ბენჩმარკის დაბალი კონფიდენციალობის საკონტროლო დოზის ლიმიტი გონებრივ და ინტელექტუალური IQ მაჩვენებელისთვის განისაზღვრა 12 მკგ/კგ; სისხლძარღვთა სისტემისათვის 36 მკგ/ლ; ბარძაყის ძვლებისთვის 8,1 მკგ/გ; თირკმელებისთვის 15 მკგ/ლ.

არსებული სამეცნიერო ლიტერატურის და მონეცამების ანალიზის საფუძველზე შეგვიძლია გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

- ტყვიის ადამიანის ორგანიზმზე ექსპოზიციის ძირითადი გზებია: სურსათი, წყალი, ნიადაგი, მტვერი, ჰაერი. სურსათში ტყვიის მოხვედრის გზები: ჰაერი, წყალი, ნიადაგი;
- სხვადასხვა პოპულაციებისთვის ტყვიის ექსპოზიციის განსხვავებული წყაროებია. მოზრდილებში დომინირებს კვებითი ექსპოზიცია, ხოლო ბავშვებში კვებით ექსპოზიციასთან ერთად ნიადაგის მტვრით გამოწვეული ექსპოზიციაც განიხილება. ტყვიის ზემოქმედებას მოზრდილებში, რომელიც გამოწვეულია სასუნთქი გზებით და სიგარეტის კვამლით 10% უჭირავს, ხოლო ჩვილებში და ბავშვებში დაბინძურებული ნიადაგიდან და მტვრიდან ტყვიის ზემოქმედება 42-დან 50%-მდე მოდის. ბავშვებში ტყვიის ზემოქმედება დამოკიდებულია ასევე ასაკობრივ ჯგუფზე;
- კვლევის მონაცემებით ტყვიის აბსორბცია ზრდასრულებში საშუალოდ შესაძლებელია შეფასდეს 15-20%-ით. განსხვავებული კვებისას ტყვიის შთანთქმა მერყეობს 3%-დან 21 %-მდე; ტყვიის აბსორბცია ბავშვებში უფრო მაღალია ვიდრე მოზრდილებში;
- ტყვიის აკუმულაცია ნიადაგში და ზედაპირულ წყლებში მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, როგორიცაა pH, მინერალურ ნივთიერებათა შემადგენლობა, ორგანული მასის ტიპები;
- ნიადაგიდან ტყვია გადადის საკვებად ვარგის მცენარეებში; ნიადაგის ხსნარში ტყვიის მხოლოდ 0,005-დან 0,13%-მდეა მცენარისთვის ხელმისაწვდომი. ფესვების მიერ ტყვიის აბსორბცია პასიურია, ამდენად, ათვისების კოეფიცენტი საკმაოდ დაბალია;
- ფოთლებში ტყვიის შემცველობა ხშირად კორელაციურ კავშირშია ატმოსფეროში მის კონცენტრაციასთან;
- წყლის მეშვეობით ტყვიის მიღების შემთხვევაში ორგანიზმის მიერ 63% შთაინთქმება;
- გარემოში ტყვიის მომატება 1 მკგ/მ^3-ითაც კი იწვევს მყარ შედეგს სისხლში ტყვიის დონის გაზრდას 16,4 მკგ/ლ-ით მოზრდილებში და 19 მკგ/ლ-ით ბავშვებში;
- ბავშვებში დაბალი რკინის შემცველობა და მისი დაბალი შეთვისების უნარი ზრდის სისხლში ტყვიას. დიეტური კალციუმის მიღება ახდენს ეფექტს ტყვიის შთანთქმაზე. ბავშვებში კალციუმის დეფიციტის დროს ტყვიის აბსორბცია უფრო მაღალია ვიდრე კალციუმის სიჭარბის დროს. აგრეთვე მოზრდილებში კალციუმი გავლენას ახდენს ტყვიის შთანთქმაზე;

❖ ტყვიის დაგროვება იწვევს რისკ ფაქტორებს, რომლებიც გამოიხატება ნერვულ (ბავშვების გონებრივ განვითარებაში), სისხლძარღვთა და ნეფროტოქსიურ ეფექტების განვითარებაში. ტყვია წარმოადგენს კანცეროგენურ და სუსტ, არაპირდაპირ გენოტოქსიურ ნივთიერებას;

❖ ტყვიის საზიანო ეფექტი ვრცელდება ორგანიზმის თითქმის ყველა სისტემაზე: სისხლის მიმოქცევის, შარდმდენი, ენდოკრინული, საჭმლის მომნელებელი, იმუნური და რეპროდუქციული. კვლევებმა დაადგინა, რომ კანცეროგენურ ეფექტებს იწვევს ტყვიის მიღება ყოველდრიურად 20-დან 40 მგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით. კვლევებმა დაადგინა რომ 16 თვის განმავლობაში ტყვიის მუდმივი ზემოქმედება იწვევს ქალებში თირკმელზედა ჯირკვლის და მამაკაცებში პროსტატის სიმსივნეებს;

❖ ჩვილები, რომლებიც არიან ბუნებრივ კვებაზე (იკვებებიან დედის რძით) ტყვის ექსპოზიციის მაჩვენებელი არის 0,21 მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველ დღიურად, ხოლო ჩვილები, რომლებიც იმყოფებიან ხელოვნურ ნარევზე 0,27-0,63 მკგ/კგ;

❖ დედის რძიდან ტყვიის მხოლოდ 12% აღირიცხება ახალშობილის სისხლში სიცოცხლის ძალიან ადრეულ პერიოდში;

❖ 1-დან 3 წლამდე ასაკის ბავშვებში ტყვიის ზემოქმედების დიეტური მაჩვენებლის დიაპაზონია 1,10-დან 3,10 მკგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად;

❖ 4-დან 7 წლამდე ასაკის ბავშვებში ტყვიის ზემოქმედების დიეტური მაჩვენებლის დიაპაზონია 0,80-დან 2,61 მკგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით;

❖ ქალები რომლებიც 20-დან 40 წლის ასაკამდე არიან ორსულობის შემთხვევაში ტყვიის ზემოქმედების შედეგად გამოწვეული რისკი მაღალია, რომელიც ნერვულ სისტემის განვითარებაზე გამოიხატება, რაც შთამომავლობას გადაეცემა;

❖ ორსულებისთვის და მუცლად მყოფი ჩვილისთვის არ არის დადგენილი ბენჩმარკის დაბალი კონფიდენციალობის საკონტროლო დოზის ლიმიტი.

❖ ბავშვებში ბენჩმარკის დაბალი კონფიდენციალობის საკონტროლო დოზის ლიმიტი განისაზღვრა 0,50 მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველ დღიურად, რომელიც წარმოქმნის გონებრივ დეფექტებს პატარებში. ზემოქმედების ზღვარი ერთიდან სამ წლამდე ბავშვებში განისაზღვრა 0,16-0,45 მკგ/კგ-ს ფარგლებში, მაგრამ ეს ზღვარი ზოგიერთ ბავშვთა ჯგუფებისთვის ოდნავ მაღალი აღმოჩნდა. ასევე ჩვილებისთვის ბენჩმარკის დაბალი კონფიდენციალობის საკონტროლო დოზის ლიმიტია 0,50 მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, მაგრამ ეს დოზა ყველა ჩვილისთვის არ უნდა იყოს მისაღები;

❖ ბენჩმარკის დაბალი კონფიდენციალობის საკონტროლო დოზის ლიმიტი გონებრივ და ინტელექტუალური IQ მაჩვენებელისთვის განისაზღვრა 12 მკგ/კგ; სისხლძარღვთა სისტემისათვის 36 მკგ/ლ, ხოლო ბარძაყის ძვლებისთვის 8,1 მკგ/გ, თირკმელებისთვის 15 მკგ/ლ;

❖ ტყვიის ნახევარ დაშლის პერიოდი ადამიანის ორგანიზმში გრძელდება 30 დღემდე, ხოლო სრული გამოდევნის პერიოდი 10-30 წელი. მისი გამოდევნა ორგანიზმიდან ხდება შარდისა და განავლის მეშვეობით;

❖ საყოფაცხოვრებო წყლის მილები, რომელიც ტყვიას შეიცავს ან მისი შენაერთი ლითონისგან არის დამზადებული იწვევს სასმელ წყალში ტყვიის შემცველობის გაზრდას, განსაკუთრებით მაშინ, თუ წყლის მჟავიანობა მაღალია. ასევე კერამიკული ნაწარმი და მისი ჭიქური მნიშვნელოვანი წყაროა საკვებში ტყვიის გავრცელების;

❖ მოზრდილებში ტყვიის საშუალო ექსპოზიციის შემცველობა მერყეობს 42 მკგ/დღე-ში, რაც ექვივალენტურია 0,7 მკგ/კგ-სა სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, როდესაც სხეულის წონა შეადგენს 60 კგ (ევროპის თორმეტ ქვეყანაში ტყვიის დიეტური ექსპოზიცია, SCOOP-ის ანგარიში-2004 წელი).

❖ ვეგეტარიანელებისთვის დაბალი ექსპოზიციის მაჩვენებელი შეადგენს 0,54 მკგ/კგ-ს სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, ხოლო მაღალი ექსპოზიციის მაჩვენებელი 1,53 მკგ/კგ სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად;

❖ მოზრდილებისთვის საშუალო ტყვიის მინიმალური დიეტური ექსპოზიცია ევროპის ქვეყნებისთვის მერყეობს 0,36-დან 1,26 მკგ/კგ-მდე სხეულის წონაზე გადათვლით ყოველდღიურად, მაქსიმალური კი 0,74-დან 2,43 მკგ/კგ-მდე;

საჭიროა დამატებითი კვლევების განხორციელება და მონაცემების მოპოვება საქართველოს ტერიტორიაზე:

- სურსათში ტყვიის შემცველობის 2017 წლის მონიტორინგის მონაცემები, მ. შ. სასმელ წყალში, განსაკუთრებით ჩამოსასხმელ წყალში;
- უარესი სცენარის ვარიანტისთვის მისაღები იქნებოდა კვლევების ჩატარება საქართველოს იმ რეგიონში სასურსათო მცენარეებში (შაქრის ჭარხალი, კარტოფილი, სუნელები, მწვანილი და ა. შ.) ტყვიის შემცველობის კონცენტრაციების განსაზღვრის მიმართულებით, სადაც ამ ელემენტით დაბინძურების ყველაზე ცხელი ზონაა;
- ჰაერში ტყვიის შემცველობის მონიტორინგის მონაცემები, განსაკუთრებით საკვებ-სავარგულების მიდამოებში;
- ნიადაგში ტყვიის შემცველობის მონიტორინგის მონაცემები, განსაკუთრებით ელექტროენერგიის წარმოების, მეტალებისა და ნახშირის მომპოვებელ და გადამამუშავებელ საწარმოების მიდამოებში;
- მოსახლეობის ფაქტიური კვების მონაცემები;
- საქართველოს მოსახლეობის სისხლში ტყვიის შემცველობის მონაცემები (განსაკუთრებით იმ რეგიონის მოსახლეობისა სადაც დაბინძურების მაღალი დონეა);
- ტყვიით მოწამვლის ინციდენტობის მონაცემები.

რეკომენდაციები ტყვიის ექსპოზიციის შესამცირებლად:

- საჭიროა ისეთი მეთოდების შემუშავება და განხორციელება, რითაც მოხდება მძიმე მეტალების ნიადაგიდან გამოდევნა. ერთ-ერთი ასეთი მეთოდი შეიძლება იყოს მძიმე მეტალების სწრაფი მიგრაცია ნიადაგის სიღრმეში;
- მცირე წლოვანი ბავშვების ცხოვრება კარიერის მიმდებარე ტერიტორიებზე არ არის რეკომენდირებული, რადგანაც ისეთი ტოქსიკური ელემენტი, როგორიც ტყვიაა მათთვის განსაკუთრებით საზიანოა და უარყოფითად აისახება მომავალში მათ გონებრივ განვითარებაზე;

- შენობაში ტყვიის კონცენტრაციის შემცირებისთვის სახლი სველი წესით უნდა დალაგდეს რათა მტვერში არსებული ტყვიის გაფრქვევა არ მოხდეს.

დასკვნა

არსებული ადგილობრივი ძალზედ მწირი მონაცემებისა და სხვა ქვეყნების მონაცემების შედარებითი ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია ვივარაუდოთ, რომ საქართველოს მოსახლეობა ექვემდებარება ტყვიის მაღალ ექსპოზიციას, თუმცა საქართველოში ტყვიის ზემოქმედების წყაროებისა და გზების დადგენა გაძნელებულია შესაბამისი მონაცემების არ არსებობის გამო. ამდენად, რთულია შეფასდეს საქართველოში არსებულ სურსათში ტყვიით დაბინძურების სრული სურათი და მისი ადამიანის ორგანიზმზე მავნე ზემოქმედების ალბათობა და სიმძიმე.

ლიტერატურა

[1] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Scientific Opinion on Lead in Food, European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy, EFSA Journal 2010; 8 (4): 1570. pp 11-101.

[2] European Food Safety Authority; Lead dietary exposure in the European population. EFSA Journal 2012; 10(7):2831. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2831. Available online: www.efsa.europa.eu/efsajournal.

[3] Lars Jorhem (NFA), Per Fjeldal (Mattilsynet), Birgitta Sundstrom (NFA) and Kettil Svensson (NFA); Lead Extracted from Ceramics under Household Conditions; The Swedish National Food Administration (NFA) and the Norwegian Food Safety Authority (Mattilsynet); Rapport 19-2007.

[4] Opinion of the Panel on Contaminants of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety; Risk assessment of lead exposure from cervid meat in Norwegian consumers and in hunting dogs; 2013; Doc. no: 11-505-final; ISBN: 978-82-8259-096-9.

[5] EDF Health; Lead in food: A hidden health threat; FDA and industry can and must do better; June 15, 2017.

[6] D'souza, HS., Menezes, G., Dsouza, SA., Venkatesh, T. Evaluation of Symptoms and Characteristic Features of Lead Poisoning and their Assistance in Clinical Decision Making International Journal of Clinical Therapeutics and Diagnosis (IJCTD) ISSN 2332-2926.

[7] C. O. Ujowundu, G. N. Okwu, J. J. Achilike, L. A. Nwaogu, A. C. Ene, C. I. Iheme, Lead-induced Oxidative Stress and Chemoprotective Role of Dietary upplements on Wistar Albino Rats; Annual Research & Review in Biology, 13(6): 1-14, 2017; Article no. ARRB.33167, ISSN: 2347-565X, NLM ID: 101632869.

[8] Lead in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 2009.

[9] Avkopashvili, Guranda., Avkopashvili, Marika., Gongadze, Alexander., Gakhokidze, Ramaz. **2017.** ECO-Monitoing of Georgia's Contaminated Soil and Water with Heavy Metals. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 2017, Vol. 12, No. 2, p. 595-604.

[10] Avkopashvili, Guranda., Avkopashvili, Marika., Gongadze, Alexander., Tsulukidze, Manana., Shengelia, Evgenia. 2017. Determination of Cu, Zn and Cd in Soil, Water and Food Products in the Vicinity of RMG Gold and Cupper Mine, Kazreti, Georgia. Annals of Agrarian Science. p. 1-4.

[11] ავქოფაშვილი გურანდა. 2016. მონოგრაფია. ნიადაგების ფიტორემედიაცია. გამომცემლობა შ.პ.ს. დი-ენდ-ჯი. ISBN 978-9941-0-8565-9. გ. 198.

[12] Avkopashvili, Guranda., Avkopashvili, Marika., Gongadze, Alexander., Ivanishvili, Nazi., Gogebashvili, Mikhael. **2015. Eco-monitoring of pollution in Bolnisi region with heavy metals contaminated by Geo-information systems.** Georgian Chemical Journal, Volume 15, #1. P. 125-128.

[13] Avkopashvili, Guranda., Gongadze, Alexander., Gakhokidze, Ramaz., Avkopashvili, Marika. **2015.** Phytoremediation of Contaminated Soils, Contaminated with Heavy Metals from Gold Mine in Georgia. International Conference "Applied Ecology: Problems, Innovations. Proceedings. Pages-154-157. Tbilisi, Georgia.

[14] Safety evaluation of certain food additives and contaminants Prepared by the Seventy-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), World Health Organization, Geneva, 2011.

[15] https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2717124/.

[16] გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ, საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება №297/ნ 2001 წლის 16 აგვისტო, ქ. თბილისი.

[17] სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების შესახებ საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58 2014 წლის 15 იანვარი, ქ. თბილისი.

[18] Lead and Cadmium for Ceramics, No. 023/2005 of BfR from 26 March, 2004.

[19] ნიადაგის საშიში ნივთიერებებით დაბინძურების შედეგად სახელმწიფოსათვის მიყენებული ზიანის გაანგარიშების მეთოდის შესახებ დებულების დამტკიცების თაობაზე, საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის მინისტრის ბრძანება №61 2003 წლის 18 ივნისი ქ. თბილისი.

[20] Razinah Sharif, Elizabeth Chong, Chan Kok Meng, Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Shellfish from Kudat, Sabah, SHORT COMMUNICATION Mal J Nutr 22 (2): 301- 305, 2016.

[21] http://www.michigan.gov/lara/0,4601,7-154-63294_5529_49572_53751-336885-00.html.

[22] Lauwerys RR and Hoet P, 2001. Industrial chemical exposure. Guidelines for biological monitoring. Editor. Lewis Publishers, CRC Press, Inc., Boca Raton, London, NY, Washington DC, 638 pp.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ელეფთერ ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი,
გამოყენებითი კვლევების ცენტრის მეცნიერ თანამშრომელი, მოწვეული ექსპერტი.

გურანდა ავქოფაშვილი

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ელეფთერ ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი,
ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
გამოყენებითი კვლევების ცენტრის ხელმძღვანელი, მოწვეული ექსპერტი.

ალექსანდრე ღონღაძე

რისკის შეფასების სამსახური

სურსათში ტყვიასთან ასოცირებული რისკის მართვის ღონისძიებების რეკომენდაციები

პრეამბულა

საქართველოს მოსახლეობაზე სურსათისმიერი ტყვიის მავნე ზემოქმედების ალბათობისა და სიმძიმის შეფასების საკითხი დადგა აშშ-ის ნიუ-იორკის ჯანდაცვის დეპარტამენტიდან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე, რომელიც უკავშირდებოდა საქართველოში დამზადებულ ზოგიერთ სუნელში ტყვიის უკიდურესად მაღალ შემცველობას. ქართული წარმოების სუნელებში ტყვიის მაღალი შემცველობა დადასტურდა სურსათის ეროვნული სააგენტოს მონიტორინგის მონაცემებითაც.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდიანრე, სსიპ სურსათის ეროვნულმა სააგენტომ მიმართა (წერილი #09/68/18) სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევით ცენტრს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის სურსათისმიერი ტყვიის რისკის შეფასების კვლევების ინიცირების მიზნით.

ტყვია არის გარემოს ბუნებრივი დამაბინძურებელი. დღეს ტყვიით დაბინძურების დიდი წილი ანთროპოგენური აქტიურობის შედეგია, რომელიც ძირითადად უკავშირდება ლითონების მოპოვებასა და გადამუშავებას, ელექტროენერგიის, კერამიკისა და ნავთობის წარმოებას, რაც ზრდის გარემოში (ნიადაგი, წყალი და ჰაერი), მათ შორის აგროეკო-სისტემებში, ტყვიის შემცველობას.

ტყვია ადამიანის ორგანიზმში შესაძლოა მოხვდეს სურსათიდან, წყლიდან, ნიადაგიდან, მტვრიდან და ჰაერიდან. ბავშვებში ტყვიის მიღების დამატებით წყაროს წარმოადგენს სათამაშოები და საღებავები. ტყვიის ყველაზე მნიშვნელოვანი რაოდენობით მიღება ხდება სურსათისა და სასმელი წყლიდან.

ტყვია, ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ, სისხლის მიმოქცევის სისტემის საშუალებით ტრანსლოცირდება სხვადასხვა ორგანოებში, როგორც რბილ (ღვიძლი, თირკმელები, ფილტვები, ტვინი, ელენთა, კუნთები, გული) ისე ძვლის ქსოვილებში. ზრდასრულებში მიღებული ტყვიის თითქმის 99% დროთა განმავლობაში გამოიდევნება, ხოლო ბავშვებში, ტყვიის მინიმუმ 32% ორგანიზმში აკუმულირდება.

ტყვიის ნახევარდაშლის პერიოდი რბილ ქსოვილებში (კერძოდ კი სისხლში) დაახლოებით 30 დღეს, ხოლო ძვლის ქსოვილში - 10-30 წელს შეადგენს; ტყვიის შეთვისება ბავშვებში უფრო მეტად ხდება, ვიდრე მოზრდილებში. ფეხმძიმობისას ტყვიის შეთვისება იზრდება. ტყვიის შეთვისება იზრდება კალციუმისა და რკინის ნაკლებობისას.

საჭმლის მომნელებელი სისტემის მიერ ტყვიის აბსორბციაზე გავლენას ახდენს სხვადასხვა ფაქტორები, როგორებიცაა: ასაკი, კვება, ფიზიოლოგიური მდგომარეობა, ნუტრიციული კალციუმის და რკინის არსებობა, აგრეთვე თვით ტყვიის ნაწილაკების ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლები (ზომა, ხსნადობა და ტყვიის სახეობები).

ტყვიას არ გააჩნია ბიოლოგიური ფუნქცია. კვლევებმა აჩვენეს, რომ ტყვიის აბსორბცია ნებისმიერი კონცენტრაციით მავნეა ორგანიზმისათვის და მაშასადამე, ტყვიის უვნებელი დოზა არ არსებობს.

ტყვია იწვევს ძვლების დემინერალიზაციას, განსაკუთრებით ორსულობისას, ლაქტაციის დროს და ოსტეოპოროზით დაავადების შემთხვევებში. ტყვია ადვილად ტრანსფერირდება (გადადის) დედიდან შვილზე მისი მუცლად ყოფნის დროს და ძუძუთი კვებისას.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ტყვიამ შესაძლებელია ძვლიდან გადაინაცვლოს განმეორებით სისხლსა და რბილ ქსოვილებში გარკვეულ გარემოებებში, მაგ ფეხმძიმობისა და ძუძუთი კვების პერიოდში. შესაბამისად, რეპროდუქციული ასაკის ქალების სისხლში ტყვიის შემცველობის კვლევების განხორციელება არსებითია იმ პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებისთვის, რომლებიც მიმართული იქნება ჩვილებისა და ბავშვების ტყვიასთან ექსპოზიციის შემცირებისკენ.

ტყვიის მავნე ეფექტი ვრცელდება ადამიანის ორგანიზმის თითქმის ყველა სისტემაზე (გულ-სისხლძარღვთა, თირკმლის, ენდოკრინული, კუჭ-ნაწლავის, იმუნური და რეპროდუქციული სისტემები). თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ტყვიისთვის მნიშვნელოვანი სამიზნე მაინც ცენტრალური ნერვული სისტემაა. ტყვიასთან ორგანიზმის დაბალი ექსპოზიციის შემთხვევაშიც კი, კონტამინანტის ზემოქმედება უარყოფითად აისახება ტვინის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მოზარდებსა და ბავშვებში ძნელდება კოგნიტური განვითარება და ქვეითდება ინტელექტუალური შემეცნების უნარი.

კანცეროგენური კვლევების საერთაშორისო სააგენტომ არაორგანული ტყვიის ნაერთებს მიანიჭა „შესაძლო კანცეროგენური ნივთიერების“ სტატუსი (ჯგუფი 2 A). კვლევებმა დაადგინა, რომ 16 თვის განმავლობაში, ტყვიის მუდმივი ზემოქმედება იწვევს ქალებში თირკმელზედა ჯირკვლის და მამაკაცებში პროსტატის სიმსივნეებს. ტყვიას შეუძლია შეამციროს ჰემოგლობინის კონცენტრაცია სისხლში. ტყვიის ქრონიკული ზემოქმედებისას აღინიშნება გაზრდილი არტერიული წნევა.

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, ტყვიის მიღება ხდება უმეტესწილად ამ აგენტით დაბინძურებული სურსათის და სასმელი წყლის მოხმარების შედეგად; ამდენად, მნიშვნელოვანია სურსათისმიერი ტყვიის ექსპოზიციის შეფასება.

სურსათისმიერი ტყვიის ექსპოზიციის შესაფასებლად საჭიროა მონაცემები მოსახლეობის სურსათის მოხმარებისა (ფაქტიური კვება) და სურსათში ტყვიის კონცენტრაციის შესახებ. ვინაიდან ამჯერად აღნიშნული ეტაპი ხორციელდება შეზღუდული მონაცემების პირობებში, „დაახლოებული მონაცემებით“ (სხვა მსგავსი ქვეყნების მონაცემების გამოყენებით), EFSA-ს

ექსპერტების რეკომენდაციების თანახმად, ჩვენს მიერ ასეთ შემთხვევებში გამოიყენება ტერმინი „სავარაუდო ექსპოზიცია“.

საქართველოს მოსახლეობაზე ტყვიის სურსათისმიერი „სავარაუდო ექსპოზიციის“ შეფასებისას გამოვლინდა შემდეგი განუსაზღვრელობები:

- არ მოიპოვება საქართველოში მოსახლეობის (არცერთი ასაკობრივი ჯგუფის) ფაქტიური კვების მონაცემები;
- არ მოიპოვება მონაცემები ვეგეტარიანელების, სპეციალური და დიეტური სასურსათო პროდუქტების მომხმარებელთა შესახებ;
- არ მოიპოვება სათანადო მონაცემები ტყვიის შემცველობაზე საქართველოს სამომხმარებლო ბაზარზე არსებული სურსათის ბევრ კატეგორიასთან მიმართებაში.

ტყვიის სურსათისმიერი სავარაუდო ექსპოზიციის შეფასებისათვის გამოყენებული იყო შემდეგი მონაცემები:

- სურსათის ეროვნული სააგენტოს მონიტორინგის შედეგები, სურსათში ტვიის შემცველობის შესახებ;
- საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მიერ გამოქვეყნებული ადგილობრივი და იმპორტირებული სოფლის მეურნეობის პროდუქციისა და სასურსათო ბალანსების შესახებ სტატისტიკური მონაცემები;
- დაავადებათა კონტროლისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის ეროვნული ცენტრის ეპიდემიოლოგიური კვლევის მონაცემები;
- საქართველოს საჯარო ბაღების ბავშვთა სურსათის მენიუ;
- ევროპის ქვეყნების ბაზარზე განთავსებულ სხვადასხვა კატეგორიის სურსათში ტყვიის კონცენტრაციის საშუალო მონაცემები.

სურსათის მოხმარება, ზრდასრულებისათვის, ძირითადად გაანგარიშდა სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის სტატისტიკური სამმართველოს სასურსათო ბალანსების შესახებ მონაცემების საფუძველზე.

სურსათის მოხმარება, სკოლამდელი ასაკის ბავშვებისათვის, განისაზღვრა საჯარო ბაღებისთვის დადგენილი სურსათის მენიუს საფუძველზე.

სურსათისმიერი ტყვიის მიღება ზრდასრულებში

სურსათში ტყვიის შემცველობის განსაზღვრისთვის გამოყენებულ იქნა სურსათის ეროვნული სააგენტოს 2017 წლის მონიტორინგის მონაცემები (ძროხის ხორცი, ნედლი რძე, სუნელები), ხოლო სურსათის იმ კატეგორიებთან მიმართებაში, რომლებიც არ იყო გამოკვლეული სურსათის ეროვნული სააგენტოს მიერ, ან იყო გამოკვლეული მათი ერთეული ნიმუშები, აღებული იქნა ევროპის ქვეყნების შესაბამისი საშუალო მაჩვენებელი.

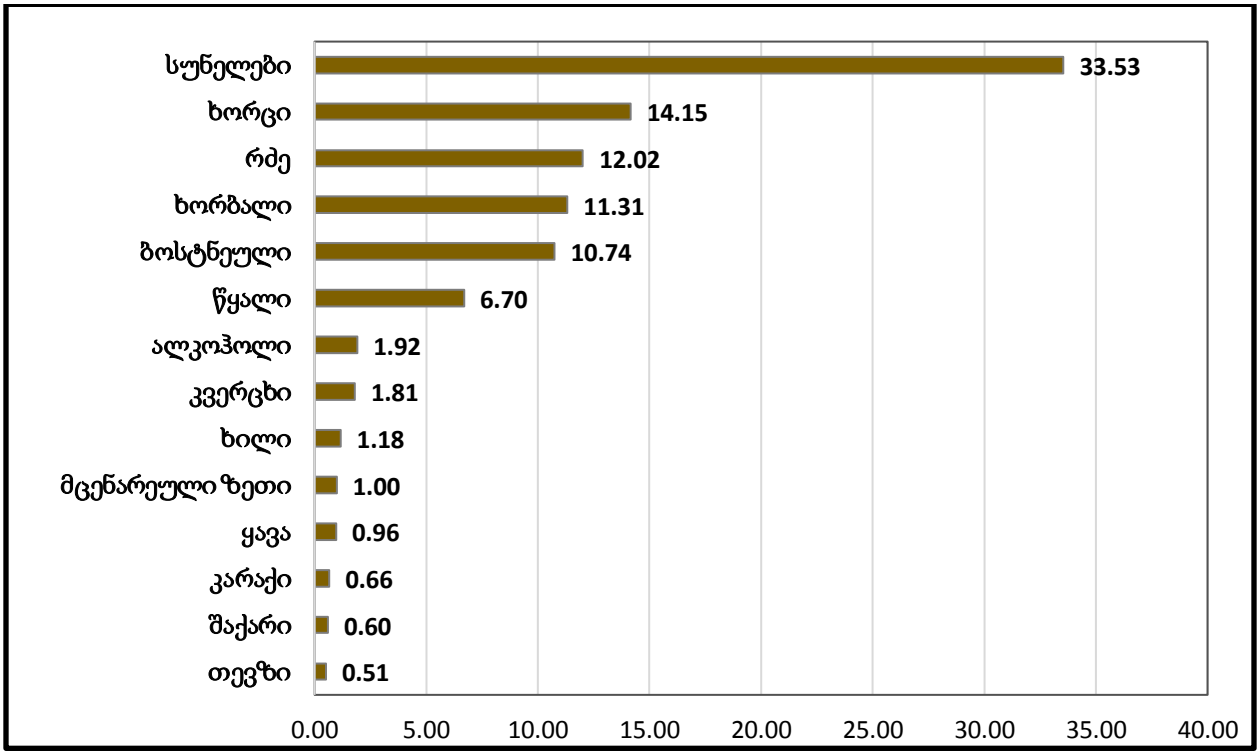
ცხრილი 1. სასურსათო პროდუქციაში ტყვიის საშუალო შემცველობა, ნორმა და მიღება

#	სურსათის კატეგორია	დღეში 1 სულზე სურსათის საშუალო მოხმარება (კგ)	სურსათში ტყვიის შემცველობის ნორმა მგ/კგ (საქ)	სურსათში ტყვიის საშუალო ფაქტიური კონცენტრაცია მგ/კგ	საშუალოდ ტყვიის მიღება მკგ /კგ სხ.წ. დღე
1	ძროხის ხორცი	0.02	0.1	0.34*	0.097*
2	ფრინველის ხორცი	0.049	0.1	0.1***	0.0702***
3	ღორის ხორცი	0.03	0.1	0.17*	0.068*
4	თევზი	0.011	1.0	0.0543**	0.009**
5	რძე	0.474	0.02	0.03*	0.200*
6	კვერცხი	0.024	0.3	0.0052**	0.03**
	სუნელი		**5.0**		**0.558***
7	ყვითელი ყვავილი	0.0000137	5.0	1757.4*	0.344*
8	ხარჩოს სუნელი	0.0000137	5.0	1057.45*	0.207*
9	სვანური მარილი	0.0000548	5.0	3.75*	0.003*
10	ქინძი	0.0000274	5.0	3.52*	0.001*
11	უცხო სუნელი	0.0000137	5.0	2.23*	0.001*
12	წითელი წიწაკა, აჯიკა	0.0000548	5.0	2.35*	0.002*
13	ბოსტნეული	0.17	0.1-გარდა ფოთლოვანისა 0.3-ფოთლოვანი	0.0733**	0.179**
14	კარტოფილი	0.154	0.1	0.0223**	0.049**
15	ყავა	0.005	1.0	0.222**	0.016**
16	მარცვლეული და მისი ნაწარმი	0.46	0.5	0.0286**	0.188**
17	სასმელი წყალი	1.5	0.01	0.0052**	0.111**
18	შაქარი	0.02		0.0339**	0.01**
19	ხილი	0.1	0.1	0.0137**	0.02**
20	კარაქი	0.02	0.1	0.0387**	0.011**
21	მცენარეული ზეთი	0.03	0.1	0.0387**	0.017**
ჯამურად ტყვიის მიღება მკგ/კგ სხ.წ./დღ					**1.632**
ტყვიის მიღება მკგ/დღ. (როცა საშ. სხეულის წონა 70 კგ)					**114.2**

სურსათში ტყვიის კონცენტრაცია:
**სეს-ის მონიტორინგის მონაცემების მიხედვით*
*** ევროპის ქვეყნების საშუალო მაჩვენებლის მიხედვით*
****ნორმის მიხედვით*

სურსათის ეროვნული სააგენტოს მიერ 2017 წელს განხორციელებული მონიტორინგის მონაცემების ანალიზმა გამოავლინა, რომ საქართველოში წარმოებული სუნელები შეიცავდნენ ტყვიას განსაკუთრებით მაღალი კონცენტრაციებით. კერძოდ, ტყვიის ყველაზე მაღალი შემცველობა გამოვლინდა ყვითელი ყვავილის შემცველ სუნელებში, რომელშიც ამ ქიმიური აგენტის კონცენტრაცია შეადგენდა საშ. 1327.7 მგ/კგ, ხოლო მხოლოდ ყვითელ ყვავილში - საშ. 1757.4 მგ/კგ-ს (ნორმა 5 მგ/კგ) (ცხრილი 1.). იმ სუნელებში, რომლის შემადგენლობაშიც არ შედის ყვითელი ყვავილი, ტყვიის კონცენტრაცია ვარირებდა 0.24-8.7 მგ/კგ-ს ფარგლებში.

თუ გავითვალისწინებთ გარემოს ეროვნული სააგენტოს, გარემოს დაბინძურების მონიტორინგის დეპარტამენტის მონაცემებს - საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ჰაერისა და ნიადაგების დაბინძურების თაობაზე - შეგვიძლია ვიფიქროთ, რომ ყვითელ ყვავილში ტყვიის მაღალი შემცველობა არ არის განპირობებული გარემოს დაბინძურებით: 2016 წელს საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის 39 ლოკაციაში ტყვიის ნიადაგში შემცველობა საშუალოდ შეადგენდა 20.78 მგ/კგ, რაც დადგენილ ნორმაზე (32 მგ/კგ) ნაკლებია. ამასთან ერთად, ნიადაგში ტყვიის მაქსიმალური შემცველობა გამოკვლეულ ნიმუშებში შეადგენდა 50.7მგ/კგ., ხოლო ჰაერში საშუალო ტყვიის შემცველობა - 0.00007 მგ/მ^3 (ნორმა-0.0003 მგ/კგ.). ყოველივე აქედან გამომდინარე უნდა ვივარაუდოთ, რომ სუნელებში ტყვიის ასეთი მაღალი შემცველობა ძირითადად განპირობებულია სუნელების ფალსიფიცირებით.



გრაფიკი 1. სურსათის კატეგორიების წილი (%) დღიურ სურსათისმიერ ტყვიის ჯამურ მიღებაში (ზრდასრულები), (იხ. ცხრილი1.)

გრაფიკი 1-დან ჩანს, რომ ზრდასრულებში სურსათისმიერ ტყვიის ჯამურ მიღებაში ყველაზე მეტი წვლილი მიუძღვის სუნელებს, შემდეგ ხორცს, რძის პროდუქტებს, მარცვლეულსა და მის ნაწარმსა და ბოსტნეულს.

სურსათისმიერი ტყვიის მიღება ბავშვებში

ბავშვებთან მიმართებაში, სურსათისმიერი ტყვიის მიღების განსაზღვრისთვის გამოყენებული იყო ორი სხვადასხვა მიდგომა:

1. „ძირიდან-მაღლა (Bottom-Up) მიდგომა“ სურსათში ტყვიის შემცველობის და სურსათის მოხმარების მონაცემების გამოყენებით;
2. ინტეგრირებული ბიოკინეტიკური მოდელის (The Integrated Exposure Uptake Biokinetic [IEUBK] Model) „მაღლიდან-დაბლა მიდგომა“ [top-down])-გამოყენებით.

პირველი გზით, სკოლამდელი ასაკის ბავშვებისათვის სურსათისმიერი ტყვიის მიღებამ, რომელიც გააგარიშებული იქნა საჯარო ბაღების სურსათის მენიუს საფუძველზე, შეადგინა საშუალოდ 3.114 მკგ/კგ სხეულის წონაზე დღეში, ხოლო 62.2704 მკგ/დღეში საშუალოდ ერთ ინდივიდზე, როცა ბავშვების საშუალო წონა 20 კგ-ია.

ცხრილი 2. საქართველოს საჯარო ბაღის ბავშვთა კვების ნორმები და სავარაუდო სურსათისმიერი ტყვიის მიღება

	სურსათის დასახელება	ნორმა გრამებში	საშ. ტყვიის მიღება მკგ/კგ.ს.წ. დღ.
1	პურის ხორბალი	100	0.15
2	ფქვილი ხორბლის	10	0.015
4	ბურღულეული	20	0.03
5	კარტოფილი	84	0.09366
6	ბოსტნეული	144	0.52776
7	ხილი ახალი	96	0.06576
9	საკონდიტრო ნაწარმი	4	0.000007
10	ხილი მშრალი	10	0.03425
11	შაქარი	25	0.042375
12	კარაქი ნაღების	12	0.02322
13	ზეთი მცენარეული	10	0.01935
14	კვერცხი 0.5 ცალი	24	0.00624
15	რძე	450	0.675
16	ხაჭო 6 %-იანი	20	0.15
17	არაჟანი	5	0.0315
18	ყველი	12	0.144

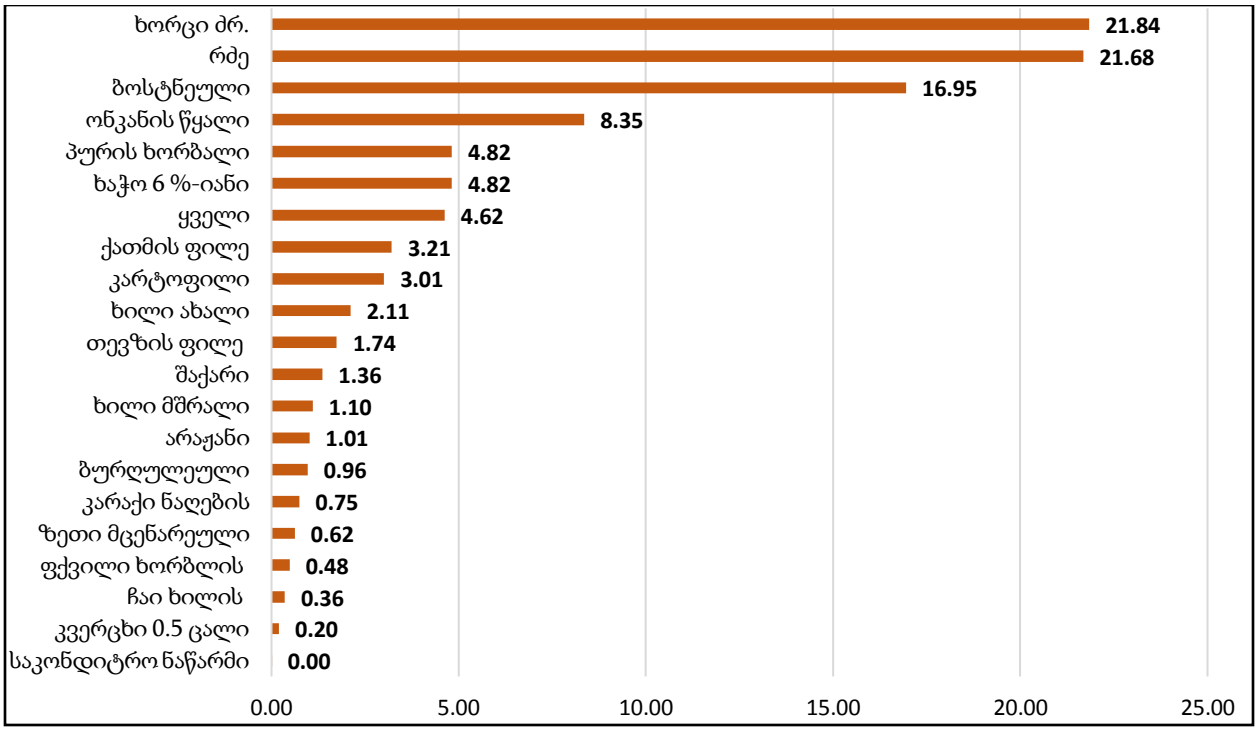
19	ხორცი ძროხის	40	0.68
20	თევზის ფილე	20	0.0543
21	ქათმის ფილე	20	0.1
22	ჩაი ხილის	0.2	0.0111
23	სასმელი წყალი	1000	0.26
ჯამი	ტყვიის მოხმარება მკგ/კგ სხ.წ./დღ		**3.114**
	ტყვიის მოხმარება მკგ/დღ. (საშ. წონა 20 კგ)		**62.2704**

IEUBK მოდელით, რომელიც სისხლში ტყვიის მომატების რისკის პროგნოზირების შესაძლებლობას იძლევა, როცა ბავშვი ექვემდებარება ტყვიის ზემოქმედებას გარემოს მრავალი წყაროდან, გამოთვლილ იქნა სკოლამდელი ასაკის ბავშვებში სურსათისმიერი ტყვიის მიღება, რომელმაც შეადგინა 83.44 მკგ/დღ, შესაბამისად 4.172 მკგ/კგ.სხ.წ.დღ. (საშ. წონა 20 კგ).

IEUBK მოდელით ბავშვებში სურსათისმიერი ტყვიის მიღების გაანგარიშებისას გამოყენებული იქნა ადგილობრივი ეპიდემიოლოგიური კვლევის მონაცემები (5 წლამდე ასაკის 255 ბავშვის სისხლში ტყვიის შემცველობის მონაცემები- საშ.*56.8 მკგ/ლ),* გარემოს დაცვის სააგენტოს „წელიწდეულების“ მონაცემები, ჰაერში, ნიადაგში და მტვერში ტყვიის შემცველობის შესახებ (საშ. ნიადაგი-*29.04 მგ/კგ*, ჰაერი- *0.2მკგ/მ*^{3}) და ის მაჩვენებლები, რომელსაც **IEUBK** მოდელი მოიცავს, კერძოდ,

- 6 წლამდე ბავშვების ნიადაგისა მტვრის დღიური მიღება-0,135გ, აქედან ნიადაგი -45%, მტვერი-55%;
- ჰაერიდან B-Pb კოეფიციენტი (19.2), რომელშიც გათვალისწინებულია ბავშვების ჰაერის მოხმარება დღეში (5 მ3);
- ბავშვებში ტყვიის აბსორბირების პროცენტი მტვრიდან და ნიადაგიდან (30%) და წყლიდან და საკვებიდან (50%);
- სათამაშოებისმიერი საშუალო დღიური ტყვიის ექსპოზიცია- 0.5 მკგ/კგ სხ.წ. დღ.

სურსათისმიერ ტყვიის ჯამურ მიღებაში სურსათის სხვადასხვა კატეგორიების წილი ბავშვებში ზრდასრულების ანალოგიურ სურათს იძლევა (გრაფიკი 2).



გრაფიკი 2. სურსათის კატეგორიების წილი (%) დღიურ სურსათისმიერ ტყვიის ჯამურ მიღებაში (ბავშვები)

ექსპოზიციის შეფასების შედეგების შედარებითი ანალიზი

ჩვენს მიერ გაანგარიშებული ტყვიის სურსათისმიერი მიღების მონაცემების შესაბამის ევროპულ მონაცემებთან შედარება გვაჩვენებს, რომ როგორც ზრდასრულებში, ასევე ბავშვებში, ტყვიის სურსათისმიერი მიღება საქართველოში მაღალია, შესაბამის საშუალო ევროპულ მონაცემებთან შედარებით.

ცხრილი 3. ტყვიის სურსათისმიერი მიღება

	საქართველო		*ევროპა*
	ტყვიის მიღება მკგ/დღ	ტყვიის მიღება მკგ/კგ სხ. წ. დღ.	საშუალო მომხმარებლის მიერ ტყვიის მიღება საშ. მკგ/კგ სხ. წ. დღ.
ზრდასრულები			
	114.2	1.632	0.36-1.24
ბავშვები			
bottom-up	62.2704	3.11352	0.80- 2.61
top down IEUBK მოდელით	83.44	4.172	

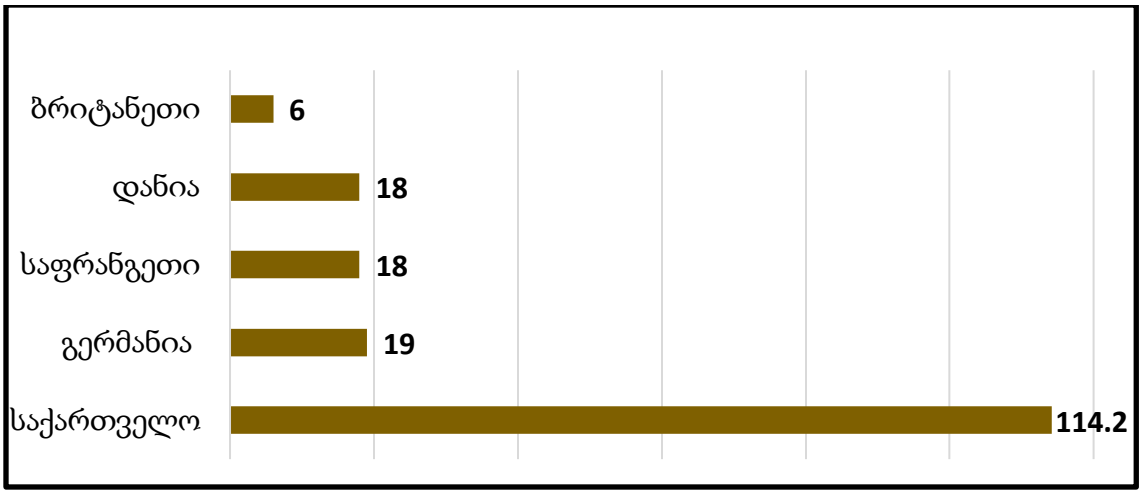
ორივე გზით გაანგარიშებული ტყვიის სურსათისმიერი მოხმარების მაჩვენებელი ბავშვებში საქართველოში, აღემატება ევროპის ქვეყნების სურსათის საშუალო მომხმარებლის შესაბამის მაჩვენებელს. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ტყვიის სურსათისმიერი მოხმარების მაჩვენებელი სკოლამდელი ასაკის ბავშვებთან მიმართებაში, რომელიც განისაზღვრა „top down“ მიდგომით, მეტია „bottom-up“-ით განსაზღვრულ საშუალო მაჩვენებელზე. მონაცემთა შორის სხვაობა სავარაუდოდ განპირობებული უნდა იყოს უკვე ზემოთ აღნიშნული განუსაზღვრელობებით. არ არის გამორიცხული ეს განსხვავება ნაწილობრივ განპირობებული იყოს გარემოს სხვა წყაროების ზემოქმედების არსებობითაც, რომელიც არ არის გათვალისწინებული IEUBK მოდელით გამოთვლებში (მაგ. სათამაშოებიდან უფრო მეტი მიღება ტყვიის, ვიდრე ევროპის საშუალო მაჩვენებელია, რომელიც გამოვიყენეთ გამოთვლისას, ასევე საღებავები, მედიკამენტები, ჰიგიენის საშუალებები და სხვ.), რომელიც შეამცირებდა სურსათისმიერი ტყვიის ესქპოზიციის მაჩვენებელს.

დაავადებათა კონტროლისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის ეროვნული ცენტრის ეგიდით, 2015 წელს იაშვილის კლინიკაში ჩატარებულ კვლევებში მიღებული მონაცემების ანალიზმა, სადაც განისაზღვრა 255 ბავშვის სისხლში ტყვიის შემცველობა, უჩვენა, რომ ბავშვების 33 %-ს სისხლში ტყვიის შემცველობა აღემატებოდა 5 მკგ/დლ (ცხრილი 4). ამასთანავე, შედარების მიზნით, აღნიშვნის ღირსია აშშ-ის დაავადებათა კონტროლისა და პრევენციის ცენტრის (CDC) მიერ ჩატარებული კვლევები, სადაც ადგილობრივად გამოკვლეულ ბავშვთა მხოლოდ 2,5%-ს გამოუვლინდა 5 მკგ/დლ და მეტი ტყვიის შემცველობა სისხლში. ამდენად, საქართველოში განხორციელებული კვლევის შედეგები ავლენს ბავშვების ტყვიასთან ექსპოზიციის გზების (წყაროები) დაუყოვნებელ შესწავლისა და რეპრეზენტატული კვლევების ჩატარების აუცილებლობას ქვეყანაში.

ცხრილი 4. 5 წლამდე ასაკის 255 ბავშვის სისხლში ტყვიის შემცველობა (საქართველო)

პროცენტილი	მკგ/დლ
P 5	3.0
P 50	3.9
P 67	5.0
P 75	5.8
P 95	13.5
საშ.	5.68

ტყვიის ადამიანის ორგანიზმზე უარყოფითი ზემოქმედების მინიმიზაციის ღონისძიებები ევროპაში დაიწყო 70-80-იანი წლებიდან და ამ მიმართულებით მიღწეულია მნიშვნელოვანი შედეგები. საფრანგეთსა და დანიაში 2005 წლისათვის დღეში ტყვიის მიღება ზრდასრულებისათვის შეადგენდა 18 მკგ-ს, ხოლო გერმანიში 19 მკგ-ს, ბრიტანეთში კი 70-იანი წლებიდან ეს მაჩვენებელი 110 მკგ-დან 2006 წლისათვის შემცირდა 6 მკგ-მდე (იხ. გრაფიკი3.).



გრაფიკი 3. ტყვიის ყოველდღიური მიღება ზრდასრულებში (საშ. მკგ/დღ.)

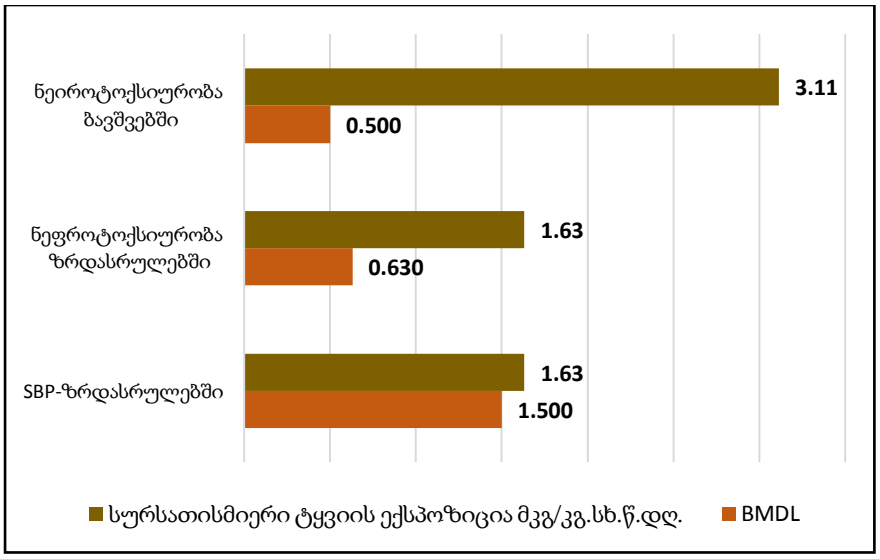
გრაფიკი 3-დან ჩანს, რომ საქართველოში სურსათისმიერი დღიური ტყვიის მიღება 6-ჯერ და მეტად აღემატება ევროპის ქვეყნების შესაბამის მაჩვენებლებს.

სურსათის უვნებლობის საკითხში ევროპის უზენაესი ორგანოს CONTAM პანელმა დაადგინა სხვადასხვა დაავადების მიმართ ტყვიის ზემოქმედების დაბალი სარწმუნოების საკონტროლო დოზის ლიმიტები (BMDL) სურსათისმიერი ტყვიის მიღებასა და სისხლში ტყვიის შემცველობასთან მიმართებაში:

- **ნეიროტოქსიკური** ეფექტის განვითარება ბავშვებში **$BMDL_{01}$-(B-Pb)-12** მკგ/ლ (**0.50**მკგ/კგ.სხ.წ. დღ.)
- **SBP (Systolic blood pressure) სისტოლური სისხლის წნევა** ზრდასრულებში-

$BMDL_{01}$– 36 მკგ/ლ (**1.50** მკგ/კგ.სხ.წ.დღ.);

- **თირკმელების ქრონიკული დაავადება** ზრდასრულებში-**$BMDL_{10}$-15** მკგ/ლ (**0.63** მკგ/კგ.სხ.წ. დღ.)



გრაფიკი 4. . სურსათისმიერი ტყვიის ექსპოზიცია სხვადასხვა BMDL-თან მიმართებაში

გრაფიკ 4-ზე ნაჩვენებია ჩვენს მიერ განსაზღვრული სურსათისმიერი ტყვიის ექსპოზიცია სხვადასხვა დაბალი სარწმუნოების საკონტროლო დოზის ლიმიტებთან მიმართებაში. როგორც გრაფიკი 4.-დან ჩანს, სურსათისმიერი ტყვიის ექსპოზიციის მაჩვენებელი ბავშვებისათვის ბევრად აღემატება ნეიროტოქსიურობის განვითარების BMDL-ს.

MOE - ექსპოზიციის ზღვარი ასახავს სურსათში კონტამინანტის (საფრთხის) ჯანმრთელობისათვის საფრთხის დონის მაჩვენებელს, რაოდენობრივი რისკის განსაზღვრის გარეშე. ექსპოზიციის ზღვარის გამოყენება შეიძლება დაეხმაროს რისკის მმართველებს განსაზღვრონ საფრთხის შემცირებისთვის შესაძლო ქმედებები.

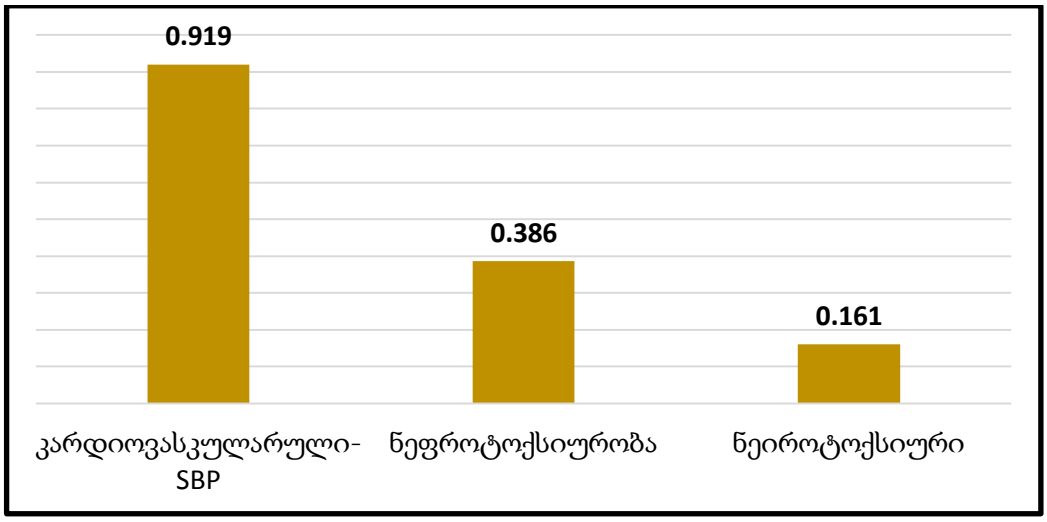
ჩვენს მიერ განსაზღვრული სურსათისმიერი ტყვიის ესქპოზიციის ზღვარი - MOE ზრდასრულებისა და ბავშვებისათვის, მოცემულია ცხრილში 6.

ცხრილი 6. სურსათისმიერი ტყვიის ესქპოზიციის ზღვრები (MOE) ზრდასრულებისა და ბავშვებისათვის სხვადასხვა დაავადებებთან მიმართებაში

ასაკობრივი ჯგუფი	დაავადება	საქართველო	ევროპის ქვეყნები
		MOE	MOE-საშუალო მომხმარებელი
ზრდასრულები*	კარდიოვასკულარული	0.919	1.2 - 4.2
	ნეფროტოქსიური	0.386	0.51 - 1.8
ბავშვები*	ნეიროტოქსიური	0.161	0.19 - 0.63
ბავშვები **	ნეიროტოქსიური	0.12	

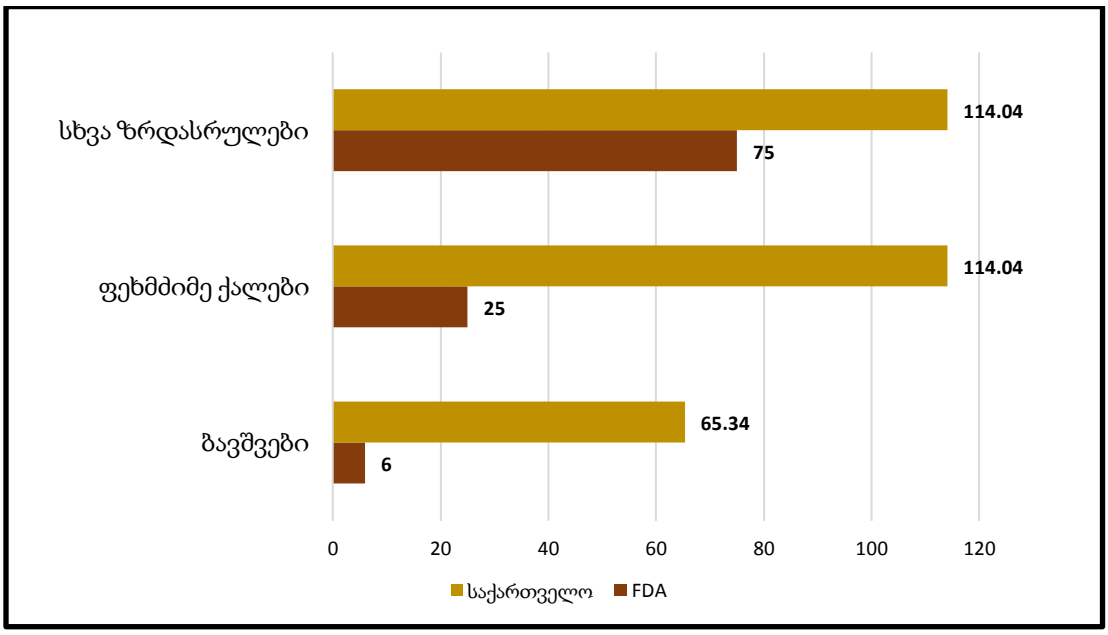
*სურსათისმიერი ტყვიის მიღება გამოთვლილია სურსათის მოხმარებისა და სურსათში ტყვიის კონცენტრაციის გამოყენებით
**სურსათისმიერი ტყვიის მიღება გამოთვლილია EUBK მოდელის გამოყენებით

რაც ნაკლებია MOE-ს მაჩვენებელი მით მეტია შესაბამისი დაავადების განვითარების რისკი. MOE-ს მონაცემები მიუთითებს ბავშვებში ნეიროტოქსიური დაავადების განვითარების მაღალ რიკზე. ზრდასრულებში უფრო მეტად სავარაუდოა ნეფროტოქსიური დაავადების განვითარება, ხოლო შედარებით დაბალია რისკი კარდიოვასკულარულ დაავდებასთან მიმართებაში.



გრაფიკი 5. სურსათისმიერი ტყვიის ექსპოზიციის ზღვრები (MOE) დაავადებებთან მიმართებაში

აშშ სურსათისა და წამლის ადმინისტრაციამ **(FDA)** განსაზღვრა ბავშვებისათვის, ფეხმძიმე ქალებისა და სხვა ზრდასრულებისათვის ტყვიის ყოველდღიური მოხმარების დროებითი დასაშვები დონე, ტყვიის ცნობილი უარყოფითი შედეგებისგან დაცვის გონივრული ზღვარი **(PTTIL**-ყველა წყაროდან -ჰაერი, ნიადაგი, მტვერი, წყალი და საკვები, - ყოველდღიური მოხმარების დროებითი დასაშვები დონე).



გრაფიკი 6. საქართველოს მოსახლეობის სავარაუდო ტყვიის სურსათისმიერი მიღება FDA-ის მიერ განსაზღვრულ PTTIL-თან მიმართებაში

როგორც ამ დიაგრამიდან ჩანს, ფეხმძიმე ქალებისა და ბავშვებისათვის, ჩვენს მიერ განსაზღვრული სურსათისმიერი ტყვიის ექსპოზიცია მნიშვნელოვნად აღემატება FDA-ს მიერ შემოთავაზებულ დროებით ტოლერანტული მოხმარების დონეს, მით უფრო, თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ PTTIL-ში იგულისხმება ტყვიის მიღება ყველა წყაროდან.

მაშასადამე, ტყვიის სავარაუდო ექსპოზიციის შეფასების კვლევებმა გამოავლინა, რომ ფეხმძიმე ქალები და სკოლამდელი ასაკის ბავშვები განსაკუთრებულ მოწყვლად ჯგუფებს წარმოადგენენ სურსათისმიერი ტყვიის მიღების თვალსაზრისით.

ამდენად, მნიშვნელოვანია გატარდეს ღონისძიებები უმთავრესად ბავშვებისა და ფეხმძიმე ქალების ტყვიის ზემოქმედებისაგან დაცვის მიმართულებით, რაც მომავალში უზრუნველყოფს ამ საფრთხის შემცველი აგენტის მავნე ზემოქმედების შემცირებას ყველა ასაკობრივ ჯგუფში.

მეცნიერთა დასკვნისა და პრეამბულაში წარმოდგენილი სავარაუდო ექსპოზიციის შეფასების საფუძველზე წარმოგიდგენთ რისკის მინიმიზაციის ღონისძიებებისათვის რეკომენდაციებს.

რეკომენდაციები

▶ რეკომენდაციები სურსათის ეროვნულ სააგენტოს

1. *ტყვიის შემცველობის მონიტორინგი უნდა განხორციელდეს სურსათის იმ კატეგორიებში, რომელიც დიდი ოდენობითა და მაღალი სიხშირით მოიხმარება: პური და პურპროდუქტები (პურის ფქვილი და ბურღულეული), ხორცი და ხორცის პროდუქტები, რძე და რძის პროდუქტები, კარტოფილი, ბოსტნეული;*
   (იხ. ცხრილი 1)

2. *მონიტორინგის მონაცემებში უნდა იყოს მითითებული რაოდენობრივი მაჩვენებლები მაშინაც კი, როდესაც სურსათში ტყვიის შემცველობა დადგენილ ნორმაზე დაბალია; ამასთანავე პრიორიტეტი მიენიჭოს იმ სტანდარტული მეთოდების და ლაბორატორიული ხელსაწყოების გამოყენებას, რომელთაც გააჩნიათ ტყვიის დეტექციის დაბალი ლიმიტი (დადგენილ ნორმაზე არანაკლებ 10-ჯერ ნაკლები);*

3. *მიზანშეწონილია, ცხოველთა საკვებსა და დასარწყულებელ წყლებში ტყვიის შემცველობის მონიტორინგის დროული განხორციელება;*

4. *სუნელების ფალსიფიცირების საწინააღმდეგო მომქმედი დროებითი ზომები, რომლებიც გათვალისწინებულია საქართველოს მთავრობის 2017 წლის 7 თებერვლის #73 დადგენილებით, დარჩეს ძალაში რისკის მისაღები დონის მიღწევამდე.*

▶ რეკომენდაციები შრომის, სოციალური და ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს

5. *სისტემატიური ეპიდემიოლოგიური კვლევების ჩატარება სისხლში ტყვიის შემცველობის დადგენაზე:*

   - *სკოლამდელი ასაკის ბავშვებში;*
   - *20-40 წლამდე ქალებში (სავალდებულო კვლევა ფეხმძიმე ქალებში ფეხმძიმობის პირველ ტრიმესტრში)*
     (იხ. გრაფიკი 6).

6. *მოსახლეობის ცნობიერების ამაღლების ხელშეწყობა ადამიანის ჯანმრთელობაზე ტყვიის ზემოქმედების უარყოფით ეფექტთან, მისი მიღების წყაროებსა და ასაკით განპირობებულ ექსპოზიციასთან დაკავშირებით;*

▶ რეკომენდაციები გარემოსდაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს

7. *განხორციელდეს ცენტრალურ საავტომობილო ტრასებთან მომიჯნავე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებისთვის სანიტარიული დაცვის ზონების საჭიროების შეფასება, მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის სურსათის ქიმიური, ტოქსიური ელემენტებით კონტამინაციის პრევენციის მიზნით.*

თემის ლიდერი: *მთავარი სპეციალისტი :* *ლეილა ტაბატაძე*

სამსახურის მ.შ. *მამუკა კოტეტიშვილი*

უფროსი სპეციალისტი: *მაკა მდინარაძე*

ორგანიზატორი: დირექტორის მრჩეველი,

ს/მ აკადემიკოს მდივანი: *ზურაბ ცქიტიშვილი*

სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი

ცენტრის დირექტორი: /ლევან უჯმაჯურიძე/

13.07.2018