

**ჯავშნიანი ტკიპები (Acari: Oribatida), როგორც სტრესული
ეკოსისტემების ინდიკატორები**

ნინო თოდრია

*სადისერტაციო ნაშრომი წარდგენილია
საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის
აგრარულ მეცნიერებების საბჭოზე
აგრარულ მეცნიერებათა დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად*

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:

მაკა მურვანიძე, ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი
ლევან მუმლაძე, სიცოცხლის შემსწავლელ მეცნიერებათა დოქტორი, ასოცირებული
პროფესორი

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

თბილისი, 2022

სამეცნიერო მიმართულების კომისიის რეკომენდაცია

დისერტანტი: _____ /სახელი და გვარი/

დისერტაციის სათაური:

ჯავშნიანი ტკიპები (Acari: Oribatida), როგორც სტრესული ეკოსისტემების ინდიკატორები

Oribatid mites (Acari: Oribatida) - indicators of the disturbed ecosystems

დისერტაციის დაცვის თარიღი: -----

რეცენზენტი 1: /სახელი, გვარი/

რეცენზენტი 2: /სახელი, გვარი/

რეკომენდებულია დაცვისათვის აგრონომიის სამეცნიერო მიმართულების კომისიის მიერ.

თავჯდომარე, /სახელი, გვარი/ : _____

(ხელმოწერა)

წევრი, /სახელი, გვარი/: _____

(ხელმოწერა)

წევრი /სახელი, გვარი/: _____

(ხელმოწერა)

სადოქტორო სკოლის კოორდინატორი: _____ / სახელი, გვარი/

(ხელმოწერა)

თარიღი: -----

ავტორის დეკლარაცია

"როგორც წარმოდგენილი სადოქტორო დისერტაციის ავტორი, ვაცხადებ, რომ ჩემი დისერტაცია წარმოადგენს ორიგინალურ ნაშრომს და მასში სხვა ავტორების აქამდე გამოქვეყნებული, გამოსაქვეყნებლად მიღებული ან დასაცავად წარდგენილი მასალები გამოყენებულია ციტირების სათანადო წესების დაცვით."

დისერტანტი: _____ /სახელი და გვარი/

(ხელმოწერა)

თარიღი: 3 სექტემბერი, 2022 წ.

ა ბ ს ტ რ ა ქ ტ ი

დარღვეული ეკოსისტემების შესასწავლად, ნიადაგის ბინადარი ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) საშუალებით, მათი შემდგომი გამოყენებისათვის დარღვეული ეკოსისტემების ბიონდიკაციაში, კვლევები ჩავატარეთ სამი მიმართულებით:

I. კასპის თიხის კარიერზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით;

II. პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე სოფელ პატარძულში;

III. აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით.

I. აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობა გამოვიკვლიეთ კასპის თიხის მიტოვებული კარიერის ადრეულ სუქცესიურ ეტაპზე ნიადაგში მობინადრე ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებების სტრუქტურის და შემადგენლობის ცვლილების შესწავლით. შევაფასეთ ბუნებრივი სუქცესია და სამი ალტერნატიული აღდგენითი სამუშაოები: 1. M1 – მოქმედებების გარეშე – მეორადი ბუნებრივი სუქცესიით; 2. M2 – აღდგენითი სამუშაოები – ტერიტორიის ზედაპირის მოსწორება და მასზე კომერციული თესლის დათესვა ბალახების და საძოვრის მცენარეულობის ნარევი; 3. M3 – 2012, 2013 და 2014 წლებში აღდგენილი და შემოღობილი ტერიტორიები, სადაც დათესეს ბალახნარი, შეიტანეს თივა, როგორც ორგანული მასალა და დარგეს სხვადასხვა ხემცენარეების ნერგები (ველური ფშატი (*Elaeagnus angustifolia* L.) და აკაკიანი (*Celtis caucasica* (Caucasian hackberry)); 4. Ctr – მიმდებარე საკონტროლო ტერიტორია, რომელიც არ ყოფილა გამოყენებული როგორც კარიერი და რომელზეც მიმდინარეობს მუდმივი ძოვება.

კასპის თიხის კარიერზე სულ რეგისტრირებული იქნა ჯავშნიანი ტკიპების 41 სახეობა, საიდანაც დომინანტი რვა სახეობა დამახასიათებელია სხვადასხვა დარღვეული ეკოსისტემებისათვის.

ჩვენმა კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ აღდგენის კატეგორია – „მოქმედებების გარეშე“ – არ არის ეფექტური სტრატეგია ნიადაგის ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოების განვითარებისათვის, თუკი არ არის მიმდებარე ბუნებრივი „წყარო“ ჰაბიტატი და/ან ტერიტორია განიცდის ინტენსიურ ანთროპოგენულ ზემოქმედებას (ამ შემთხვევაში ძოვება). რეკულტივირებულ (შემოღობილ) ტერიტორიებზე ჯავშნიანი ტკიპების რიცხოვნობა შედარებით ნაკლები იყო, ვიდრე რეკულტივირებულ, მაგრამ შემოუღობავ და ბუნებრივ ტერიტორიებზე. შემოღობილ ადგილებში სტრესის მიმართ ტოლერანტული სახეობების მაღალი რიცხოვნობა მიუთითებს, რომ დროის ინტერვალი შემოღობვას (2012, 2013 და 2014 წლები) და ნიადაგის სინჯების შეგროვებას (2015-2016) შორის არ იყო საკმარისი პერიოდი ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებისთვის და შესაბამისად ნიადაგის ფაუნის ჩამოყალიბებისათვის.

II. ფართო მოქმედების მქონე პესტიციდების გამოყენებისა და ღრმა მოხვნის გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების არასამიზნე თანასაზოგადოებაზე შევისწავლეთ დიდი ხნის დაუმუშავებელ საკარმიდამო ნაკვეთზე. საექსპერიმენტო ნაკვეთი დავყავით: 1. დამუშავებულ, შეწამლულ – PPI, 2. დამუშავებულ, შეუწამლავ – UPI, 3. მოხნულ, შეუწამლავ – PlCtr და 4. საკონტროლო (ხელუხლებელ, დაუმუშავებელ) – MCtr ნაკვეთებად. ნიადაგის სინჯების აღება ჯავშნიანი ტკიპების გამოყოფის მიზნით ხდებოდა კარტოფილის სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში ყოველთვიურად (მაისი-აგვისტო), ხოლო არასავეგეტაციო პერიოდში სამ თვეში ერთხელ (ოქტომბერი და იანვარი).

კვლევის პროცესში გამოვლინდა ჯავშნიანი ტკიპების 84 სახეობა, საიდანაც *Graptoppia (Graptoppia) paraanalis* Subías & Rodriguez 1985 და *Oribatula (Zygoribatula) skrjabini* (Bulanova-Zakhvatkina, 1967) ახალი სახეობებია საქართველოს ფაუნისათვის, ხოლო *Mongaiardia grandjeani* Calugar & Vasiliu, 1984 ახალი სახეობაა კავკასიის რეგიონისათვის.

პესტიციდების გამოყენებამ არ მოახდინა ორიბატიდულ თანასაზოგადოებაში მნიშვნელოვანი ცვლილებები და აისახა მხოლოდ რამდენიმე სახეობის ინდივიდების რაოდენობის ზრდაში. ნიადაგის ჰაბიტატების პირდაპირი, მექანიკური დამუშავება (ღრმა ხვნა და გაფხვიერება) გაცილებით უარყოფითად აისახა ორიბატიდულ ფაუნაზე, ვიდრე პესტიციდების გამოყენება. სავარაუდოდ, საკვლევ ტერიტორიაზე დასახლებული სტრესისადმი ტოლერანტული სახეობები ჩამოყალიბდა წარსულში ამ ნაკვეთზე ჩატარებული სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოებით გამოწვეული დარღვევის/დეგრადაციის შემდგომ.

III. საველე გამოკვლევები ჩავატარეთ საქართველოს სამხრეთ-აღმოსავლეთ კავკასიის ყველაზე ნაკლებად შესწავლ რეგიონში სამი ტიპის ღია არიდული ეკოსისტემის სხვადასხვა დაზიანებულ ჯგუფებში: (1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N).

სულ გამოვლინდა ჯავშნიანი ტკიპების 81 სახეობა, საიდანაც *Hemileius (Simkinia) ovalis* Kulijev, 1968, *Peloribates glaber* Mihelčič, 1956, *Ceratozetes bulanove* Kulijev, 1962 ახალი სახეობებია საქართველოს ფაუნისათვის .

ინდიკატორი სახეობის ანალიზმა (ISA) და რეგრესიულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ბუნებრივ ხელუხლებელ უბნებზე ნაჩვენებია პოტენციური ინდიკატორი სახეობების ყველაზე დიდი რაოდენობა, რომელთა უმეტესობა არ გვხვდება დარღვეულ ტერიტორიებზე. ბუნებრივ სტეპებს ახასიათებს საშუალოდ შვიდი სახეობა მაღალი ინდიკატორული მნიშვნელობით (ე.ი. სპეციფიკა >0,9) სინჯის სეზონურობის მიუხედავად. არც ერთი სახეობა არ აღმოჩნდა დარღვეული სისტემების კარგი მაჩვენებლები.

საძიებო სიტყვები: ჯავშნიანი ტკიპები (Acari: Oribatida), ბიოინდიკაცია, რეკულტივაცია, ანთროპოგენური ზემოქმედება, მიწების/ნიადაგების დეგრადაცია.

Abstract

In order to evaluate disturbed ecosystems by means of soil oribatid mites (Acari: Oribatida), with the purpose of their future use for bioindication of the ecological health, we conducted research in three directions:

I. Determining the effectiveness of reclamation activities on Kaspi clay quarry by means of Oribatid mites;

II. Effect of pesticides application on non-target oribatid mite communities in the village of Patardzeuli;

III. Assessment of disturbed and natural landscapes in arid and semiarid ecosystems by means of Oribatid mites.

I. To evaluate the effect of provided reclamation activities, we investigated structure and composition of oribatid mite communities at an early succession stage in the abandoned Kaspi clay pit. Effectiveness of natural succession and two alternative reclamation activities were evaluated: 1. M1 - do-nothing approach on land under natural secondary succession; 2. M2 - smoothed ground surface with sown seed mixture of herbs and pasture grasses; 3. M3 - three fenced plots with sown grasses and tree seedlings (Wild olive (*Elaeagnus angustifolia* L.) and Caucasian nettle tree (*Celtis caucasica* or *Caucasian hackberry*)). 4. Ctr - neighboring overgrazed natural meadow is chosen as control.

In total 41 species of Oribatid mites were registered in Kaspi clay quarry, of which the dominant 8 species are characteristic for various disturbed ecosystems.

Results show that the "do-nothing" approach with leaving post-mining sites without any reclamation is the worse strategy in development of soil oribatid community on lands without "source" area for vegetation (and consequently for soil humus layer) development and/or or if the area is experiencing intense anthropogenic impacts (grazing in this case).

Reclaimed fenced areas were relatively poor by oribatid species richness compared to surrounding reclaimed (but not fenced) or natural areas. High abundance of stress tolerant species in fenced sites shows that the time interval between fencing (2012, 2013 and 2014) and sampling (2015-2016) was not enough for soil structure and faunal recovery and longer period is needed to establish sustainable oribatid communities.

II. The impact of conventional pesticide treatment and deep ploughing on oribatid mite communities was investigated in an abandoned arable land. The experimental plots were divided in: 1. Pesticide application and ploughed - PPI, 2. Without - pesticide and ploughed – UPL, 3. Control ploughed – PLCtr and 4. Control - untouched/uncultivated meadow – MCtr. Soil samples were taken monthly during the vegetation period (March-August) and once in three months (October and January) in a period without vegetation.

84 species of Oribatid mites were determined, of which *Graptoppia (Graptoppia) paraanalis* Subías & Rodriguez 1985 and *Oribatula (Zygoribatula) skrjabini* (Bulanova-Zakhvatkina, 1967) are new for the Georgian fauna, *Mongaillardia grandjeani* Calugar & Vasiliu, 1984 is new for the Caucasian fauna.

Pesticide application did not show any effect on oribatid mite community beyond the ploughing and even led to an increase in the number of individuals of only a few species. Direct, mechanical cultivation of soil habitats (deep plowing and loosening) has had a much more negative impact on oribatid fauna than the use of pesticides and mechanical impact. Supposedly, the study area is inhabited by stress tolerant oribatid communities shaped by past agricultural disturbance.

III. Oribatid mite diversity was investigated in the most understudied region of Georgian South-Eastern Caucasus – open arid ecosystems, which are under heavy natural and anthropogenic disturbance. Field sampling was performed in three geographical units and in each unit three types of ecosystems with different disturbance classes were studied: (1) Arable lands with severe (ASE) and moderate (AME) erosion; (2) Pastures with heavy (PH) and moderate (PM) overgrazing; (3) Natural grassland with severe (NSE), medium (NME) and no (N) erosion. 81 species of oribatid mites were identified in total, from which *Hemileius (Simkinia) ovalis* Kulijev, 1968, *Peloribates glaber* Mihelčič, 1956, *Ceratozetes bulanove* Kulijev, 1962 are new for the Georgian fauna.

Indicator Species Analyses (ISA) and regression analyses showed that the natural undisturbed sites displayed largest number of potential indicator species most of which are absent from disturbed sites. Natural grasslands are characterized by on average seven species with high indicator value (i. e. specificity >0,9) irrespective the sampling season. No other oribatid species were found to be good indicators of other disturbance classes.

Key Words: Oribatid mites (Acari: Oribatida), bioindication, reclamation, antropogenic impacts, land/soil degradation.

ხელმძღვანელი: _____ /სახელი და გვარი/

(ხელმოწერა)

მადლობა

მადლიერება მსურს გამოვხატო იმ ადამიანების მიმართ, რომლებმაც მომცეს შესაძლებლობა და დამეხმარნენ შემესრულებინა სადოქტორო ნაშრომი.

განსაკუთრებული მადლობა მინდა გადავუხადო სამეცნიერო ხელმძღვანელს მაკა მურვანიძეს მაგისტრატურის სწავლის პერიოდიდან მოყოლებული ხელმძღვანელობისთვის, თავისი ცოდნისა და გამოცდილების გაზიარებისათვის, კვლევის ყველა ეტაპზე ჩართულობისთვის, ნაშრომის სტრუქტურული, მეთოდური და სხვა საკითხების გადაწყვეტაში, მხარდაჭერისთვის, დახმარებისთვის, დათმობილი დროის და გულისხმიერებისათვის. ასევე მადლობას ვუხდით თანახელმძღვანელს ლევან მუმლაძეს კვლევის იდეის ფორმირების პროცესში ჩართულობის, კრიტიკული მოსაზრებებისთვის, რჩევებისთვის, რაოდენობრივი მონაცემების ანალიზის პროცესში დახმარებისთვის. მათ დიდი წვლილი შეიტანეს ჩემს პროფესიულ და პიროვნულ განვითარებაში.

მადლობა საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ენტომოლოგიური ინსტიტუტის დირექტორს ბატონ გიორგი ჯაფოშვილს და თითოეულ თანამშრომელს ყურადღებისთვის და თანადგომისთვის, ასევე მიხეილ საბაშვილის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიის და მელიორაციის ინსტიტუტის ხელმძღვანელს, აკადემიკოსს თენგიზ (გიზო) ურუშაძეს და ასოცირებულ პროფესორს თამარ ქვრივიშვილს, კვლევის გარკვეულ ნაწილში საჭირო ლიტერატურული წყაროების რჩევებისათვის.

მინდა მადლობა გადავუხადო "ჰეიდელბერგცემენტ ჯორჯიას" ადმინისტრაციას და თანამშრომლებს საველე სამუშაოების მიმდინარეობის პროცესში დახმარებისათვის.

სარჩევი

სამეცნიერო მიმართულების კომისიის რეკომენდაცია	ii
ავტორის დეკლარაცია	iii
ა ბ ს ტ რ ა ქ ტ ი	iv
Abstract.....	vii
მადლობა.....	x
სარჩევი.....	xii
სურათების ჩამონათვალი	xiii
ცხრილების ჩამონათვალი.....	xv
გრაფიკების ჩამონათვალი	xvii
აბრევიატურების ნუსხა	xix
Table of Abbreviations	xix
1. შესავალი	1
1.1 კასპის თიხის კარიერზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით.....	8
1.2 პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე სოფელ პატარძელში	14
1.3 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით	18
2. სამეცნიერო ლიტერატურული მიმოხილვა.....	27
2.1 ჯავშნიანი ტკიპები, როგორც ბიონდიკატორები.....	27
2.2 კარიერებზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით	34
2.3 პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე	38
2.4 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით	43
3. მასალა და მეთოდები.....	51
3.1 საკვლევი ტერიტორიების მოკლე ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება.....	51
3.1.1 კასპის თიხის კარიერი	51
3.1.2 სოფელი პატარძელი.....	53
3.1.3 აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული სტეპები	54
3.2 საველე სამუშაოები	59
3.2.1 ექსპერიმენტის დიზაინი და ნიადაგის სინჯების შეგროვება	59
3.2.1.1 კასპის თიხის კარიერზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით.....	59
3.2.1.2 პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებაზე სოფელ პატარძელში.....	64
3.2.1.2.1 წამლობის სქემა	66
3.2.1.3 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით	71
3.3 მასალის ლაბორატორიული დამუშავება	79
3.4 სტატისტიკური ანალიზი	79
4. შედეგების განხილვა.....	86

4.1 ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) ფაუნისტურ-ეკოლოგიური ანალიზი	86
4.1.1 კასპის თიხის კარიერებზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით	86
4.2.1 პესტიციდების გავლენის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე სოფელ პატარძელში	98
4.2.3 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით	106
5. დასკვნები	123
5.1 კასპის თიხის კარიერებზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით	123
5.2 პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე სოფელ პატარძელში	125
5.3 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით	127
6. რეკომენდაციები	130
ბიბლიოგრაფია	132
დანართები	153
დანართი 1. ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) სია კასპის თიხის კარიერებზე თითოეულ წერტილში ნაპოვნი ინდივიდების რაოდენობის მითითებით (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი – 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი); M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი – 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი – 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 1 (შემოღობილი); M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 2 (შემოღობილი); M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 3 (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო))	153
დანართი 2. ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) სია სოფელ პატარძელში თითოეულ წერტილში ნაპოვნი ინდივიდების რაოდენობის მითითებით (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მიწა)	157
დანართი 3. ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) სია არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებულ ეროდირებულ ლანდშაფტებში თითოეულ წერტილში ნაპოვნი ინდივიდების რაოდენობების მითითებით ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))	163

სურათების ჩამონათვალი

სურათი 1. კასპის თიხის კარიერზე ნიადაგის სინჯების შეგროვების წერტილები: M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი – 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი); M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი –2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი – 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი –1 (შემოღობილი); M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 2 (შემოღობილი); M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 3 (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო).....	61
სურათი 2. M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია).....	62
სურათი 3. M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი).....	62
სურათი 4. M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი) .	62
სურათი 5. M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი) .	62
სურათი 6. M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი 1 (შემოღობილი).....	63
სურათი 7. M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი 2 (შემოღობილი).....	63
სურათი 8. M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი 3 (შემოღობილი).....	63
სურათი 9. Ctr – კონტროლი (ბუნებრივ მდელო).....	63
სურათი 10. საექსპერიმენტო ნაკვეთის მექანიკური დამუშავება.....	69
სურათი 11. საექსპერიმენტო ნაკვეთის შემოღობვა.....	69
სურათი 12. კარტოფილის დასათესად მომზადება.....	69
სურათი 13. კარტოფილის დათესვა შერჩეულ ნაკვეთებზე.....	69
სურათი 14. საკონტროლო – ხელუხლებელი, დაუმუშავებელი მინდორი	70
სურათი 15. საკონტროლო – მიმდებარე მოხნული დაუთესავი მინდორი.....	70
სურათი 16. კარტოფილის კულტურის შეწამვლა პესტიციდით	70
სურათი 17. ნიადაგის სინჯების შეგროვების წერტილები აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდულ ტერიტორიებზე ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N)).....	76
სურათი 18. სახნავი მიწების ძლიერი ეროზია (ASE).....	77
სურათი 19. სახნავი მიწების საშუალო ეროზია (AME)	77
სურათი 20. ძლიერი ძოვება (PH).....	77
სურათი 21. საშუალო ძოვება (PM).....	77
სურათი 22. ბუნებრივი (გეოლოგიური) ძლიერი ეროზია (NSE).....	78
სურათი 23. ბუნებრივი (გეოლოგიური) საშუალო (NME) ეროზია.....	78
სურათი 24. ბუნებრივი სტეპი (N)	78
სურათი 25. ნიადაგის სინჯების შეგროვება სავლე პირობებში	80
სურათი 26. აღებული ნიადაგის სინჯებიდან ჯავშნიანი ტკიპების გამოყოფა ლაბორატორიულ პირობებში ბერლესის მოდიფიცირებული აპარატის საშუალებით	80

სურათი 27. სახეობის რკვევისათვის რძის მჟავას საშუალებით დამზადებული დროებითი პრეპარატები.....	80
სურათი 28. ზრდასრული სახეობების რკვევა ლაბორატორიაში ბინოკულარით, მიკროსკოპით და სპეციალური სარკვევების დახმარებით.....	80

ცხრილების ჩამონათვალი

ცხრილი 1. კასპის თიხის კარიერზე გამოკვლეული ეკოსისტემების აღწერა და მათი გეოგრაფიული მდებარეობა	60
ცხრილი 2. ექსპერიმენტის დიზაინი.....	67
ცხრილი 3. ექსპერიმენტული ნაკვეთის კარტოფილის ნათესების შეწამვლის სქემა...	68
ცხრილი 4. აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდულ ტერიტორიებზე გამოკვლეული ეკოსისტემები და მათი გეოგრაფიული მდებარეობა ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))	72
ცხრილი 5. ჯავშნიანი ტკიპების ბიომრავალფეროვნების ინდექსები კასპის თიხის კარიერზე (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი – 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი); M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი – 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი – 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი –1 (შემოღობილი); M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 2 (შემოღობილი); M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 3 (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო)).....	93
ცხრილი 6. ჯავშნიანი ტკიპების ბიომრავალფეროვნების ინდექსები სოფელ პატარძელში (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი).....	101
ცხრილი 7. ჯავშნიანი ტკიპების ბიომრავალფეროვნების ინდექსები აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N)).....	114
ცხრილი 8. ინდიკატორული მაჩვენებლის ანალიზი თითოეული სახეობისათვის. ნაჩვენებია მხოლოდ ის სახეობები, რომელთა ინდიკატორული ღირებულება სარწმუნოა და 0,9-ს აღემატება კონკრეტულ ეკოსისტემაში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N)). ინდიკატორული მაჩვენებლები თითოეული სახეობისთვის გამოთვლილია ყველა სეზონისთვის ჯამურად და ცალ ცალკე, სეზონების მიხედვით. მუქი შრიფტით ნაჩვენებია ბუნებრივი ნიადაგებისთვის სარწმუნო ერთი ინდიკატორი სახეობა.....	119
ცხრილი 9. წრფივი შერეული მოდელის პარამეტრების მაჩვენებლები შეზღუდული მაქსიმალური ალბათობით (REML) მრავალფეროვნების ცვლილებებისთვის ეკოსისტემების დარღვევების ტიპის მიხედვით (სინჯების დაჯგუფება მოხდა სეზონების მიხედვით) ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3)	

ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N).....	120
ცხრილი 10. წრფივი შერეული მოდელის პარამეტრების მაჩვენებლები შეზღუდული მაქსიმალური ალბათობით (REML) მრავალფეროვნების ცვლილებებისთვის ეკოსისტემების დარღვევების ტიპის მიხედვით თითოეული სინჯისათვის ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))	121

გრაფიკების ჩამონათვალი

გრაფიკი 1. ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების რიცხოვნობის ცვლილება კასპის თიხის კარიერზე ყველა გამოკლეულ პერიოდში თითოეული შესწავლილი ტერიტორიებისათვის (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ± 1 სტანდარტულ გადახრას) (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი – 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი); M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი – 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი – 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 1 (შემოღობილი); M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 2 (შემოღობილი); M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 3 (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო))..... 94

გრაფიკი 2. მასალის ადების სისრულის ამსახველი აკუმულაციური მრუდი (Rarefaction Plot) კასპის თიხის კარიერისათვის (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი – 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი); M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი – 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი – 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 1 (შემოღობილი); M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 2 (შემოღობილი); M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 3 (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო))..... 95

გრაფიკი 3. ფაუნისტური მსგავსების კლასტერი ჟაკარდის კოეფიციენტის მიხედვით (M1 – არარეკულტივირებული კარიერი; M2 – რეკულტივირებული კარიერი; M3 – რეკულტივირებული კარიერი (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო). 96

გრაფიკი 4 ჯავშნიანი ტკიპების დასახლების სიმჭიდროვე ინდ/მ² კასპის თიხის კარიერზე (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ± 1 სტანდარტულ გადახრას) (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი – 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი); M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი – 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი – 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 1 (შემოღობილი); M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 2 (შემოღობილი); M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 3 (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო))..... 97

გრაფიკი 5. ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების რაოდენობის ცვლილება ყველა გამოკლეულ პერიოდში თითოეული შესწავლილი ნაკვეთისათვის (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ± 1 სტანდარტულ გადახრას) (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი)..... 102

გრაფიკი 6. სოფელ პატარძელში საკვლევი წერტილის მასალის ადების სისრულის ამსახველი აკუმულაციური მრუდი (Rarefaction Plot) (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი)..... 103

გრაფიკი 7. ფაუნისტური მსგავსების კლასტერი ჟაკარდის კოეფიციენტის მიხედვით (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი)	104
გრაფიკი 8. ჯავშნიანი ტკიპების დასახლების სიმჭიდროვე (ინდ/მ ²) (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ±1 სტანდარტულ გადახრას) (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი)	105
გრაფიკი 9. ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების რაოდენობის ცვლილება ყველა გამოკლეულ პერიოდში თითოეული შესწავლილი ნაკვეთისათვის (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ± 1 სტანდარტულ გადახრას) ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადამოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N)).....	115
გრაფიკი 10. მასალის ადების სისრულის ამსახველი აკუმულაციური მრუდი (Rarefaction Plot) აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადამოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N)).....	116
გრაფიკი 11. ფაუნისტური მსგავსების კლასტერი ჟაკარდის კოეფიციენტის მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადამოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N)).....	117
გრაფიკი 12. ჯავშნიანი ტკიპების დასახლების სიმჭიდროვე (ინდ/მ ²) აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადამოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N)).....	118
გრაფიკი 13. განსხვავება სახეობების მრავალფეროვნებასა და დასახლების სიმჭიდროვეს შორის ეკოსისტემების დარღვევების ტიპის მიხედვით GLMMs მრავლობითი შედარების საფუძველზე. მარცხენა პანელი აჩვენებს მრავლობით შედარებას თითოეული სინჯის მიხედვით, ხოლო მარჯვენა პანელი - მრავლობით შედარებას ტერიტორიის მიხედვით. რუხი სვეტები მიუთითებენ მნიშვნელოვან განსხვავებაზე 0,05 სარწმუნოების ინდექსით, ხოლო შავი სვეტები - არასარწმუნო განსხვავებას. მცირე ზომის ვერტიკალური ხაზები სტანდარტული გადახრის მაჩვენებელია ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადამოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N)).....	122

აბრევიატურების ნუსხა
Table of Abbreviations

• ა. შ.	- ასე შემდეგ	
• გ.	- გრამი	
• გრაფ.	- გრაფიკი	
• დან.	- დანართი	
• ე. ი.	- ესე იგი	
• ზ. დ.	- ზღვის დონე	
• კგ.	- კილოგრამი	
• კმ.	- კილომეტრი	
• კმ ²	- კვადრატული კილომეტრი	
• კს.	- კონცენტრატი სუსპენზიის	
• ლ.	- ლიტრი	
• მაგ.	- მაგალითად	
• მ.	- მეტრი	
• მც.	- მანკოცები	
• მ ²	- კვადრატული მეტრი	
• მმ.	- მილიმეტრი	
• მლ.	- მილიგრამი	
• სმ.	- სანტიმეტრი	
• სმ ³	- კუბური სანტიმეტრი	
• სფ.	- სველებადი ფხვნილი	
• სკ.	- სუსპენზიური კონცენტრატი	
• სხვ.	- სხვა	
• ცხრ.	- ცხრილი	
	შეზღუდული	
• შპს	- პასუხისმგებლობის საზოგადოება	
• წდგრ.	- წყალში დისპერსირებადი გრანულები	
• ჰა.	- ჰექტარი	
• ASE	- Arable lands with severe erosion	- სახნავი მიწების ძლიერი ეროზია
• AME	- Arable lands with severe moderate erosion	- სახნავის მიწების საშუალო ეროზია
• As	- Arsenicum	- დარიშხანი
• CH ₄	- Methane	- მეთანი
• CrOx	- Chromium Oxides	- ქრომის ოქსიდები
• °C	- Celsius	- ცელსიუსი
• Ctr	- Control	- კონტროლი
• Co	- Cobaltum	- კობალტი
• Cd	- Cadmium	- კადმიუმი
• Cu	- Cuprum	- სპილენძი
• Co	- Cobaltum	- კობალტი

• Cr	- Chromium	- ქრომი
• DOK	- bio-Dynamic, bio-Organic, and „Konventionell“	- ბიოდინამიური, ბიოორგანული და „კონვენციული“
• et al.	- et alia (and other)	- და სხვები
• E	- East	- აღმოსავლეთი (აღმოსავლეთის წერტილი)
• F	- Fluorum	- ფტორი
• FAO	- Food and Agriculture Organization of the United Nations	- გაეროს სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაცია
• GPS	- Global Positioning System	- გლობალური ადგილმდებარეობის განმსაზღვრელი სისტემა
• I _{PLS}	- Index of anthropogenic pollution load per unit of an ecosystem surface	- ანთროპოგენური დაბინძურების დატვირთვის კუმულაციური ინდექსი
• ISA	- Indicator Species Analysis	- ინდიკატორული სახეობების ანალიზი
• IndVal	- Indicator Value	- ინდიკატორის მნიშვნელობა
• i. e.	- id est	- ესე იგი
• IA	- Human Intervention Index	- ადამიანის ჩარევის ინდექსი
• Ln(I _{PLS})	-	-
• M	- Management	- მართვა
• M _{Ctr}	- Control Meadow	- საკონტროლო მინდორი
• MGP - Analysis	-	-
• Mn	- Manganum	- მანგანუმი, მარგანეცი
• N	- North	- ჩრდილოეთი (ჩრდილოეთის წერტილი)
• Ni	- Niccolum	- ნიკელი
• NSE	- Natural grassland with severe erosion	- ბუნებრივი ძლიერი ეროზია
• NME	- Natural grassland with medium erosion	- ბუნებრივი საშუალო ეროზია
• N	- Natural grassland with no erosion	- ბუნებრივი
• NO _x	- NO and NO ₂ Nitric oxide and Nitrogen dioxide	- აზოტოვანი ოქსიდი და აზოტის დიოქსიდი
• pH	- potential of hydrogen or power of hydrogen.	- წყალბადის პოტენციალი ან წყალბადის ძალა.

In chemistry, pH is a scale used to specify the acidity or basicity of an aqueous solution.

pH — ქიმიაში აღნიშნავს სკალას, რომელიც განსაზღვრავს მჟავიანობის მაჩვენებელს.

• PH	- Pastures with heavy overgrazing	- ძლიერი ძოვება
• PM	- Pastures with moderate overgrazing	- საშუალო ძოვება
• PPI	- Pesticide and ploughed	- შეწამლული და დამუშავებული
• PlCtr	- Control Ploughed	- საკონტროლო მოხეული
• Pl	- Plumbum	- ტყვია
• R _{L/S}	-	- სახეობების თანაფარდობა ეუედაფურ სახეობებთან
• UPI	- Non-Pesticide and Ploughed (Unploughed)	- შეუწამლავი და დამუშავებული
• SO ₂	- Sulfur dioxide	- გოგირდის დიოქსიდი
• WWF	- World Wildlife Fund for Nature	- ბუნების მსოფლიო ფონდი
• Zn	- Zincum	- თუთია

1. შესავალი

თემის აქტუალობა. ნიადაგი წარმოადგენს დედამიწის ქერქის გარეთა შრის თხელ, ფხვიერ ფენას, ხმელეთის ეკოლოგიური სისტემის არაცოცხალი (აბიოტური) და ცოცხალი (ბიოტური) კომპონენტების ურთიერთქმედების შედეგად მიღებულ ბუნებრივ წარმონაქმნს. ის ერთ-ერთი მყიფე ეკოსისტემაა, რომლის უმთავრესი და არსებითი თვისება ნაყოფიერებაა, უზრუნველყოფს სიცოცხლის ყველა ფორმის არსებობას, გამოირჩევა ბიოლოგიური მრავალფეროვნებით და ამავდროულად ძვირფასი რესურსია ადამიანთა (და არა მხოლოდ) კეთილდღეობისათვის. სამწუხაროდ, უკანასკნელი 150 წლის განმავლობაში ნიადაგის ზედაპირის 50% დაიკარგა (Pietramellara et al., 2002; Naeem et al., 2009; Orgiazzi et al., 2016).

მიწების/ნიადაგების დეგრადაცია თანამედროვეობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი გლობალური ეკოლოგიური და სოციალურ-ეკონომიური პრობლემაა, რომელიც გამოწვეულია არა მარტო კლიმატური და სხვა ბუნებრივი ფაქტორებით, არამედ ადამიანის საქმიანობა პირდაპირ და მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ამ პროცესზე.

ნიადაგების ხშირი და არასწორი დამუშავება, ქიმიური სასუქებისა და პესტიციდების ინტენსიური, არანორმირებული გამოყენება, სამოვრებზე უკონტროლო მოვება, სამოვრებისა და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების გადაწვა (ხელოვნური ხანძრები), წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიები, არასწორი საირიგაციო სამუშაოები, ტყეების გაჩეხვა, ტერიტორიების დაუგეგმავი ათვისება ურბანული განვითარების მიზნით, სამთომოპოვებითი სამუშაოები და სხვა ფაქტორები განაპირობებენ მიწების/ნიადაგების ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ დეგრადაციას, მისი ეკონომიკური ხარისხის გაუარესებას და ბუნებრივი მცენარეული საფარის ხანგძლივ დაკარგვას, ან მის სრულ დეგრადაციას.

მიწების/ნიადაგების დეგრადაციის უკიდურესი ფორმაა გაუდაბნობა. გაუდაბნობის პროცესი გამოწვეულია როგორც ბუნებრივი (კლიმატური, ჰიდროლოგიური, მორფოდინამიკური, ნიადაგური და სხვ.), ისე ანთროპოგენური ფაქტორებით. გაუდაბნობა იწვევს ხმელეთის ბიოლოგიური პოტენციალის შემცირებას (დაკარგვას) და ეკოსისტემების განადგურებას, ნიადაგის ნაყოფიერების

მაქსიმალურად დაქვეითებას, მცენარეული საფარი განიცდის სრულ დეგრადირებას და მისი თვითაღდგენა პრაქტიკულად შეუძლებელია (Millennium Ecosystem Assessment (MEA): Synthesis Report, 2005).

მსოფლიო ბიომრავალფეროვნების 35 ცხელ წერტილს (<https://www.cepf.net/our-work/biodiversity-hotspots/hotspots-defined>) და ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის (WWF) 200 გლობალურ ეკორეგიონს შორის ერთ-ერთია კავკასიის რეგიონი და გაუდაბნობამ შესაძლოა უარყოფითი გავლენა მოახდინოს როგორც მის ბიომრავალფეროვნებაზე, ისე სოციალურ და ეკონომიკურ პრობლემებზე. ამ თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ნიადაგების დეგრადაციის გამომწვევი მიზეზების დროული გამოვლენა და ეფექტური შემარბილებელი ღონისძიებების გატარება ეროვნულ, რეგიონულ და ადგილობრივ დონეებზე.

საქართველოში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია სოფლის მეურნეობას და მიწების/ნიადაგების დეგრადაცია სახელმწიფოებრივი პრობლემაცაა, რადგან საქართველოში გავრცელებული ყველა ტიპის ნიადაგის სწორად ათვისება და მიზნობრივად გამოყენება სოფლის მეურნეობის და საერთოდ ქვეყნის ეკონომიკის მდგრადი განვითარების მთავარი სტრატეგიაა. ჩვენს ქვეყანაში ნიადაგების ხარისხის გაუარესება და დანაკარგი გამოწვეულია კლიმატურ-რელიეფური თავისებურებებით, გეოდინამიკური პროცესების გააქტიურებით, ადამიანის არასწორი სასოფლო-სამეურნეო მოქმედებით, სასარგებლო წიაღისეულის და საშენი მასალების ღია წესით მოპოვებით, ეროზიული პროცესებით, საძოვრების არასწორად მართვით, სასუქებითა და პესტიციდების არარაციონალური გამოყენებით. გარდა ამისა, ქვეყნის გარკვეულ რეგიონებში (შიდა და ქვემო ქართლი, სამცხე-ჯავახეთი და კახეთის ზოგიერთი რაიონი) დაწყებულია კლიმატის არიდოზაციის პროცესები, სისტემატიური გვალვიანობის შემთხვევაში კი შეიძლება რეალურად შეიქმნას ლოკალური გაუდაბნოების საშიშროება (Matchavariani and Lagidze, 2012, Kereselidze et al., 2013). შესაბამისად, ეს ფაქტორები საფრთხეს უქმნის საქართველოში არა მხოლოდ ქვეყნის ბიომრავალფეროვნებას, აგრეთვე ქვეყნის სასურსართო უსაფრთხოებასაც.

სამწუხაროდ, საქართველოში დღეისათვის არ არსებობს ნიადაგის დეგრადაციის მონიტორინგის სქემა და ნიადაგის დაცვის მექანიზმები, რაც ცხადყოფს

ნიადაგის ეკოსისტემების კვლევის და დაცვის მექანიზმების შემუშავების აუცილებლობას.

ნიადაგის მდგომარეობის მონიტორინგისათვის და ნიადაგის დეგრადაციის ადრეული ეტაპების გამოსავლენად ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური იარაღია მონიტორინგი ნიადაგის ფაუნის საშუალებით (ბიონდიკაცია), რომლის წარმომადგენლებიც გადაადგილების შეზღუდული უნარის გამო ძნელად გაურბიან სტრესულ პირობებს, ვერ ახდენენ სწრაფ ადაპტაციას შეცვლილ გარემოსთან და მყისიერად რეაგირებენ მიმდინარე ცვლილებებზე. ჯავშნიანი ტკიპები (Acari: Oribatida) ამ მხრივ ერთ-ერთი გამორჩეული ჯგუფია და განიხილებიან, როგორც სტრესის ადრეული სტადიის ბიონდიკატორები (Van Straalen, 1998; Parisi et al., 2005).

სხვადასხვა ავტორის მიერ ჩამოყალიბებულია კარგი ბიონდიკატორის განსაზღვრის კრიტერიუმები (Noss, 1990; Van der Linden et al, 1994; Cortet et al., 1999; Gergőcs and Hufangel, 2009). ინდიკატორი ორგანიზმები: 1) უნდა იყვნენ მგრძობიარენი ნიადაგის სტრუქტურის ცვლილებებისადმი; 2) კარგად უნდა კორელირებდნენ ნიადაგის სასარგებლო ფუნქციებთან; 3) ჰქონდეთ ფართო გეოგრაფიული გავრცელება, მაღალი სიმჭიდროვე და მრავალფეროვნება; 4) სწრაფად უნდა რეაგირებდნენ ეკოსისტემაში მიმდინარე ცვლილებებზე; 5) მათზე გამოთვლების ჩატარება უნდა იყოს მარტივი, სწრაფი და იაფი; 6) უნდა იყოს საიმედო; 7) მათი გამოყენება შესაძლებელი უნდა იყოს როგორც მოკლევადიანი, ისე გრძელვადიანი მონიტორინგისათვის (მუდმივად არსებული ობიექტი).

ჯავშნიანი ტკიპები (Acari: Oribatida) მიეკუთვნებიან სარკოპტიფორმული ტკიპების რიგს (Sarcoptiformes), რომელიც თავის მხრივ იყოფა ორ ქვერიგად: აკაროიდული (Acaroidea) და ორიბატიდული (ჯავშნიანი) (Oribatidae) ტკიპები. ამჟამად დედამიწაზე რეგისტრირებულია ჯავშნიანი ტკიპების დაახლოებით 163 ოჯახი, 1300-ზე მეტი გვარი და 11000-ზე მეტი სახეობა (Subías, 2021), რომელთა რიცხვი გამუდმებით იზრდება. აქედან საქართველოში აღრიცხულია 550-მდე სახეობა (Murvanidze and Mumladze, 2016; Murvanidze et al., 2019).

ჯავშნიანი ტკიპები ხმელეთის თითქმის ყველა ეკოსისტემაში გხვდებიან. მათი გავრცელების უკიდურეს ჩრდილოეთ წერტილად ითვლება კუნძული გრენლანდია, ხოლო უკიდურეს სამხრეთ წერტილად - ანტარქტიდის კონტინენტი. სხეულის მცირე

ზომა (0,2-დან 2 მმ-მდე) მათ საშუალებას აძლევს მარტივად მოძებნონ ხელსაყრელი პირობები და იარსებონ მრავალფეროვან მიკროჰაბიტატებში. ისინი გავრცელებულნი არიან ნიადაგის სიღმეში, საფენში, ხავსში, ლიქენებში, ბალახოვან მცენარეებსა და დაბალ ბუჩქნარზე; ხემცენარეების შტამებზე, ტოტებზე და ფოთლებზე; წყლიან, ნახევრადწყლიან და სანაპირო ჰაბიტატებში (Behan-Pelletier and Hill, 1983; Behan-Pelletier and Walter, 2000; Schneider et al., 2004; Behan-Pelletier and Eamer, 2007; Maraun et al., 2007; Norton and Behan-Pelletier, 2009). ნიადაგში მცხოვრებ მრავალრიცხოვან უხერხემლოთა შორის, ჯავშნიანი ტკიპები რაოდენობრივად დომინანტ და სახეობრივად ყველაზე მრავალრიცხოვან ჯგუფს წარმოადგენს (Schenker, 1984; Johnston and Crossley, 2002), რომელთა დასახლების სიმჭიდროვე ერთ კვადრატულ მეტრზე შეიძლება რამდენიმე ასეულ ათას ეგზემპლარსაც კი აღწევდეს, ხოლო სახეობების რიცხვმა 100-ს მიაღწიოს (Norton, 1990; Norton and Pelletier, 2009). მათი ბიომასა წარმოადგენს მთელ ლანდშაფტში არსებული ცოცხალი ორგანიზმების 5-15%-ს (Криволицкий, 1976). დიდი რიცხოვნობის გამო ისინი ორგანული მასის ერთ-ერთ დამშლელებად განიხილებიან (Norton and Pelletier, 2009). ტკიპების შეგროვება წლის ნებისმიერ დროს არის შესაძლებელი.

ჯავშნიანი ტკიპები უმრავლესობა ხასიათდება დაბალი მეტაბოლიზმით, განვითარების ნელი ციკლით და დაბალი ნაყოფიერებით. თავიანთი სიცოცხლის განმავლობაში რამდენჯერმე შეუძლიათ რეპროდუქცია (იტეროპარია). არ ახასიათებთ ზრდის ექსპონენციალური მაჩვენებელი. მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობა მერყეობს ზომიერი კლიმატის პირობებში რამდენიმე თვიდან ორ წლამდე (Luxton, 1981 a, b), ცივი კლიმატის პირობებში კი შეიძლება გაგრძელდეს შვიდ წელზე მეტხანს (Cannon and Block, 2008). ამ მახასიათებლებით ორიბატიდების უმრავლესობა კლასიფიცირდებიან, როგორც K-სტრატეგიის მქონე ორგანიზმები და შეუძლიათ ერთი წლის განმავლობაში შექმნას სტაბილური პოპულაცია (მაგ.: ოჯახი **Nothroidea**-ს სახეობები) (Norton, 1994; Behan-Pelletier, 1999; Sørvik et al., 2003). ზოგიერთი სახეობისთვის დამახასიათებელია R-გადარჩევა, სწრაფი გამრავლების სტრატეგია, როდესაც არასტაბილურ გარემოში კონკურენტუნარიანობის შენარჩუნებისათვის აღწევენ რეპროდუქციის მაქსიმალურად სწრაფ და მაღალ დონეს და დამახასიათებელია შთამომავლობის გადარჩენადობის ძალზე დაბალი პროცენტის

მქონე სახეობებისთვის (*Tectocephus velatus* (Michael, 1880), *Oppiella nova* (Oudemans, 1902) (Norton, 1990, Siepel, 1994)).

ჯავშნიანი ტკიპების ზოგიერთი სახეობის ზრდასრულ მდედრს ახასიათებს თელიტოკია, რაც პარტენოგენეზის ერთ-ერთ სახესხვაობას წარმოადგენს და გულისხმობს გაუნაყოფიერებელი კვერცხებიდან მხოლოდ მდედრი ინდივიდების გამოჩეკვას. რეპროდუქციის დაბალი მაჩვენებელი და ხანგრძლივი სიცოცხლის ციკლის გამო ვარაუდობენ, რომ ორიბატიდის ტკიპა შეიძლება იყოს მგრძნობიარე გარემოს ცვლილების მიმართ (Behan-Pelletier, 1999). ასეთ სახეობებს სხვა სახეობებთან შედარებით შეიძლება ჰქონდეთ უპირატესობა, რადგან დარღვევის შემდგომ იზრდება მათი რიცხოვნობა. შესაბამისად, ვარაუდობენ, რომ დარღვეულ ნიადაგებში, თელიტოკური ოჯახების ან სახეობების დომინირების გაზრდაა მოსალოდნელი (Behan-Pelletier, 1999). ჯავშნიანი ტკიპების ნიდაგის ინდიკატორებად გამოყენება ჯერაც არაა ფართოდ აპრობირებული. ეს შესაძლოა მათი სახეობის დონემდე იდენტიფიკაციის სირთულის ბრალიც იყოს (Behan-Pelletier, 1999; Lindo and Visser, 2004).

რეპროდუქციის დაბალი ინტენსივობა და ხანგრძლივი სიცოცხლე გვაფიქრებინებს, რომ ისინი მგრძნობიარენი არიან გარემოს ცვლილების მიმართ (Behan-Pelletier, 1999), თუმცა ჯერაც არაა საკმარისი ინფორმაცია იმის შესახებ, თუ რა გავლენას ახდენს გარემოს გლობალური ცვლილებები ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოების სტრუქტურაზე ან მათ ფუნქციონირებაზე საფენის დაშლის თვალსაზრისით (Setälä, 2002).

ჯავშნიანი ტკიპების განვითარების ციკლი შედგება ლარვისწინა, ლარვის, პროტო-, დეიტო-, ტრიტონიმფებისა და ზრდასრული ფორმებისაგან (Walter and Proctor, 2013).

კვების ტიპის მიხედვით ორიბატიდები ძირითადად (დეტრიტოფაგი) საპროფაგი-ჰუმეფიკატორები არიან. მათი უმეტესი ნაწილი პოლიფაგია, ზოგჯერ გვხვდებიან მტაცებელი სახეობებიც. იკვებებიან ლპობადი მცენარეული და ზოგჯერ ცხოველური საკვებით, სოკოების ჰიფებით და სპორებით, ლიქენებით, ბაქტერიებით და დეტრიტით. კვების სპეციალიზაციის გამო ისინი აქტიურად მონაწილეობენ ნივთიერებათა წრებრუნვაში. ახდენენ მწვანე მცენარეების მიერ აკუმულირებული

ენერჯის და საკვების ელემენტების გამოთავისუფლებას. დიდია ორიბატიდების როლი როგორც ცელულოზის, ლიგნინის და ხის სხვა კომპონენტების გადამამუშავებლებისა. ცნობილია, რომ ბელგიაში წლიური ჩამონაშალის 20% გადამამუშავდება ჯავშნიანი ტკიპების მიერ (Haq, 1987). სოკოების ჰიფებით კვებისას ტკიპები ხელს უწყობენ მათი ქსოვილებიდან აზოტის გამოთავისუფლებას (Гиляров & Криволицкий, 1975).

დიდია ორიბატიდების როლი ნიადაგწარმოქმნელ პროცესებში და ნიადაგში ორგანული ნაერთების ტრანსფორმაციაში (Norton, 1990). ყოველწლიურად ნიადაგში კვდება დიდი რაოდენობით ფესვები, იხრწნება ნეშომპალა, მიმდინარეობს დაშლის და მინერალიზაციის პროცესები. მკვდარ მცენარეულ ქსოვილში ვითარდებიან სხვადასხვა ბაქტერიები და სოკოები. აღნიშნულ პროცესებში აქტიურ მონაწილეობას იღებენ ჯავშნიანი ტკიპები. მათი მოქმედების შედეგად ფესვების ადგილას ჩნდება სიღრუე. სასვლელეები ერთმენეთს ხვდებიან, ერწყმიან, ფართოვდებიან და ხელს უწყობენ ნიადაგის სხვადასხვა შრეების შერევას და გაფხვიერებას. აადვილებენ ნიადაგის წყალგამტარიანობას და ჟანგბადის შეღწევადობას. ახალი მცენარეების ფესვები ვითარდებიან ძველ სავალებში, ხვდებიან რა ნაკლებ მექანიკურ წინააღმდეგობას, აქვთ საკმარისი წყალი და მინერალური ნივთიერებები ტკიპებისა და სხვა წვრილი უხერხემლოების ექსკრემენტების სახით (Гиляров & Криволицкий, 1975). უმჯობესდება ნიადაგის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები. საბოლოო ჯამში ეს ყველაფერი იწვევს ნიადაგის პროფილის გაღრმავებას და ფორმირებას.

ჯავშნიანი ტკიპების დომინირება მიკროართროპოდების კომპლექსში ნიადაგში ჰუმუსის ფორმირების დაწყებაზე მიუთითებს (Hutson, 1980; Dunger et al., 2001). მათი თანასაზოგადოების სტრუქტურის ანალიზი კი ნიადაგის სტაბილურობის ხარისხის და ფორმირების ეტაპების გამოვლენის საშუალებას გვაძლევს.

კვლევის ძირითადი მიზანი. ჯავშნიანი ტკიპების ნიადაგის ეკოსისტემებში როლიდან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი მიზანია დარღვეული ეკოსისტემების შესწავლა ნიადაგის ბინადარი ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida), როგორც ბიონდიკატორების საშუალებით, მათი შემდგომი გამოყენებისათვის დარღვეული ეკოსისტემების ბიონდიკაციაში.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად კვლევა ჩატარდა სამი მიმართულებით:

- I. კასპის თიხის კარიერზე ჩატარებული ადდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით;
- II. პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე სოფელ პატარძელში;
- III. არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით.

1.1 კასპის თიხის კარიერზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით

საკვლევი თემა. საქართველოს ტერიტორიაზე სამთო-მოპოვებითი მრეწველობის განვითარება მე-20 საუკუნის 30-იანი წლებიდან დაიწყო (მანგანუმი, რკინა, ტყვია, მოლიბდენი, ვოლფრამი, ნახშირი, ბარიტი, ნავთობი, ცემენტის დასამზადებელი მასალა, მარმარილო და სხვ) და დღემდე ქვეყნის მნიშვნელოვანი დარგია, რომელსაც დიდი წვლილი შეაქვს ეკონომიკის განვითარებაში.

რეგულირების (არამდგრადი პრაქტიკის გამო) გარეშე ჩატარებულმა სამთომოპოვებითმა სამუშაოებმა შეიძლება გამოიწვიონ სხვადასხვა სახის სერიოზული უარყოფითი ზეგავლენა არა მხოლოდ გარემოზე, არამედ ადგილობრივი მოსახლეობის ჯამრთელობაზე.

წიაღისეულის მოპოვება და გადამუშავება მიმდინარეობს საკმაოდ ვრცელ ტერიტორიაზე და მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს ტყის და სხვა ეკოსისტემებს, იწვევს ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის განადგურებას, ეროზიულ პროცესებს და დეგრადაციას, მიწისქვეშა, ზედაპირული წყლების, ჰაერის, და ნიადაგის დაბინძურებას, ამით საგრძნობლად იცვლება ლანდშაფტი და ნადგურდება ბიომრავალფეროვნება (Antwi et al., 2008; Miao and Marrs, 2000).

შესაბამისად, მოპოვებითი სამუშაოების განხორციელების შემდგომ საჭიროა დაზიანებული გარემოს აღდგენა „გარემოს დაცვის შესახებ“ კანონით გათვალისწინებული „რესტიტუციის პრინციპით“, რაც ნიშნავს საქმიანობის განხორციელების შედეგად დეგრადირებული გარემო აღდგენილი უნდა იყოს პირვანდელ (რესტიტუციით ინ ინტეგრუმ) მდგომარეობასთან მაქსიმალურად მიახლოებული სახით. სალიცენზიო ფართობზე განხორციელებული სამუშაოების შემდეგ უნდა ჩატარდეს დაზიანებული გარემოს აღდგენის/რეკულტივაციის კომპლექსური სამუშაოები. ამ საკითხს ტექნიკურად არეგულირებს ტექნიკური რეგლამენტი „ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის მოხსნის, შენახვის, გამოყენებისა და რეკულტივაციის შესახებ“. აღნიშნული რეგლამენტით რეკულტივაციას ექვემდებარება წიაღით სარგებლობის, მათ შორის სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების ღია ან მიწისქვეშა მეთოდით დამუშავების შემთხვევაში ლიცენზიის პირობების შესაბამისად დარღვეული მიწები.

დარღვეული კარიერების ეკოსისტემების აღდგენის მიზნით ხელოვნური აღდგენა ე.წ. რეკულტივაცია მიღებული პრაქტიკაა. თუმცა, აღდგენითი სამუშაოების ჩატარება ყოველთვის არ არის ეფექტური სტრატეგია და დამოკიდებულია გამოსაკვლევ ტერიტორიის სპეციფიკურ პირობებზე. ღია კარიერული წესით მოპოვების შედეგად დარღვეული ნიადაგების აღდგენის პროცესი ბუნებრივად შეიძლება ხანგრძლივი დროით მიმდინარეობდეს (Andrés and Mateos, 2006; Prach et al., 2011), ამიტომ საჭიროა ჩატარდეს სარეკულტივაციო სამუშაოები (კარიერული წესით მოპოვების ადგილებზე სამთო-ტექნიკური და ბიოლოგიური ღონისძიებები). მიწების რეკულტივაცია ხელს უწყობს ეკოსისტემის აღდგენას და დაზიანებულ უბნებზე ბიოტის განვითარებას. თუმცა, ნიადაგის სიცოცხლისუნარიანი კოლონიების განვითარებას შესაძლოა მრავალი ათწლეული დასჭირდეს, იმისდა მიხედვით, თუ როგორია აღდგენილი ნიადაგის სტრუქტურა (Skubala and Ciosk, 1999; Zaitsev et al., 2001; Skubala et al., 2016), დაშორება კოლონიზაციის წყაროებისაგან (Skubala, 1999; Skubala and Kafel, 2004; Skubala and Gulvik, 2005; Murvanidze et al., 2013; მურვანიძე და სხვ., 2013), აღდგენილი ტერიტორიების ასაკი (Dungel et al., 2001; McAdams, 2018) და ა.შ. როგორც წესი, კარიერის მიმდებარე ტერიტორიები გვევლინება ნიადაგის ართროპოდების (ფეხსახსრიანების) გავრცელების მთავარ წყაროდ, თუმცა, კოლონიზაციის ჩამოყალიბების ტემპი და რეჟიმი, სავარაუდოდ, სპეციფიკურია ტაქსონების მიხედვით. მაგალითად, ნიადაგებში ორიბატიდული ტკიპების აქტიური გავრცელების უნარი რამდენიმე სანტიმეტრით შემოიფარგლება (Lehmitz et al., 2012), მაშინ როდესაც ზედაპირული ხოჭოები სწრაფ და დიდ მანძილზე „მორბენალებად“ გვევლინებიან. ნელა მოძრავი ტაქსონების (როგორცაა ნიადაგის ტკიპები) გავრცელების ტემპის დაჩქარება შესაძლებელია პასიური ტრაექტორიის მეშვეობით, ისე რომ, სახეობები ხშირად ძლებენ მოშორებული, არასიცოცხლისუნარიან ჰაბიტატებში (Ingimarsdóttir et al., 2012) და მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ტკიპების თანასაზოგადოების ჩამოყალიბებაში აღდგენითი პროცესების ადრეულ ეტაპზე (Karasawa et al., 2005; Lehmitz et al., 2011; Lehmitz et al., 2012; Lebedava, 2012). შესაბამისად, ართროპოდების (ფეხსახსრიანების) თანასაზოგადოების განვითარების პროცესების ღრმა ცოდნა დაგვეხმარება წარმატებული სარეკულტივაციო სტრატეგიების შემუშავებაში.

რეკულტივაციის პროცესში შესაძლებელია სხვადასხვა საქმიანობის განხორციელება, რაც მოიცავს ტერიტორიის ზედაპირის ფორმის შეცვლას, ხეების ან ბალახების დარგვას, სასუქების გამოყენებას, ორგანული პროდუქტების დამატებას და ა.შ. (Tropek et al., 2012). ეკოსისტემის სამიზნე კომპონენტის შესაბამისად, შესაძლებელია სხვადასხვა აღდგენითი ღონისძიებების განხორციელება, რადგან კონკრეტული აღდგენითი სტრატეგიის გამოყენებამ შეიძლება მნიშვნელოვანი ზემოქმედება იქონიოს აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობაზე და ნიადაგის და მისი ბიოტას/ორგანიზმების ჩამოყალიბებისათვის (მაგ. ღია მაღაროებში ძლიერ დეგრადირებულ ნიადაგის ზედაპირებში).

სამწუხაროდ, ღია კარიერებზე ნიადაგის აღდგენის და კონკრეტულად, ართროპოდების კოლონიების (Skubala, 2006) ჩამოყალიბების პროცესის კვლევა-ძიების დღემდე ჩატარებული სამუშაოები არაა საკმარისი აღდგენითი სამუშაოების ეფექტიანი მართვის უზრუნველსაყოფად. უფრო მეტიც, საქართველოში დღემდე ჩატარებული ნებისმიერი კონკრეტული აღდგენითი საქმიანობა ემყარება მხოლოდ ექსპერტთა მოსაზრებებს და არა სამეცნიერო ინფორმაციას (Tränke, 2012), რასაც, როგორც წესი, არ მოჰყვება აღდგენითი სამუშაოების შემდგომი მონიტორინგი და შეფასებები.

კომპანია „ჰეიდელბერგემენტ ჯორჯია“ 2007 წლიდან ახორციელებს კარიერების რეაბილიტაციას (ნიადაგის ზედაპირის მოსწორება, ბალახების დარგვა, შემოღობვა) და ბიომრავალფეროვნების კვლევას, ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთ ახალ კარიერზე გადახსნითი სამუშაოების დაწყებამდე ხდება ამ უკანასკნელის ბიომრავალფეროვნების შეფასებას (Murvanidze et al., 2018).

ერთ-ერთი კარიერი, სადაც ჩატარდა აღდგენითი სამუშაოები, კასპის თიხის კარიერია, რომელიც მდებარეობს ქალაქ კასპიდან სამხრეთ-დასავლეთით დაახლოებით 1 კმ-ში, ზღვის დონიდან 528 მ. სიმაღლეზე. თიხის კარიერი წარმოადგენს ბრტყელ ღრმულს, რომელიც გარშემორტყმულია 2-4 მ. სიმაღლის ციცაბო ფერდობებით, ზოგიერთ ადგილებში კი ამოღებულია 4 მ. სიღრმის ღრმულები. კარიერის სალიცენზიო მონაკვეთის საერთო ფართობი 101,96 ჰა-ს შეადგენს, საიდანაც მოპოვების ღია იბიექტის ფართობია 28,32 ჰა. კასპის თიხის კარიერის არარეგულარული სამთო-მოპოვებითი სამუშაოები დაიწყო გასული

საუკუნის 50-იანი წლებიდან და გაგრძელდა 2006 წლამდე. ამის შემდეგ შპს „ჰეიდელბერგცემენტ კაუკასუსმა“ წამოიწყო კარიერის აქტიური აღდგენითი ღონისძიებები, რომელიც გაგრძელდა 2014 წლამდე (Tränke, 2012; Todria et al., 2019)

ჩვენი კვლევის მიზანი იყო კომპანიის მიერ ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოების სტრუქტურისა და შემადგენლობის ცვლილებების საშუალებით და ჩატარებული სამუშაოებიდან საუკეთესო სტრატეგიის გამოვლენა ნიადაგის აღდგენასთან მიმართებაში.

კვლევის მიზნები:

1. „ჰეიდელბერგცემენტ ჯორჯიას“ მიერ ჩატარებული ნიადაგის აღდგენითი (სარეაბილიტაციო) სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ნიადაგის ბინადარი ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით კასპის თიხის სხვადასხვა ასაკის კარიერებზე, რეაბილიტირებულ ტერიტორიებსა და მიმდებარე საკონტროლო, ბუნებრივ ეკოსისტემებში;
2. ნიადაგის ბინადარი ჯავშნიანი ტკიპების ფაუნის ინვენტარიზაცია აღნიშნულ ტერიტორიებზე;
3. ანთროპოგენული სტრესისადმი გამძლე და პიონერი კოლონიზატორი სახეობების გამოვლენა;
4. აღდგენილი და საკონტროლო ტერიტორიების ბიოტური თანასაზოგადოების დადგენა, ჯავშნიანი ტკიპების, როგორც ნიადაგის ფაუნის მრავალფეროვნების ინდიკატორების გამოყენებით;

აღნიშნული მიზნების მისაღწევად განვახორციელეთ შემდეგი ამოცანები:

1. საველე სამუშაოების დეტალური დაგეგმა და მოსამზადებელი სამუშაოები;
2. ინტენსიური საველე სამუშაოების წარმოება, სინჯების მოპოვების ადგილების ზუსტი განაწილება დროისა და საკვლევი ტერიტორიების მიხედვით;
3. მოპოვებული ნიადაგის სინჯების ლაბორატორიული დამუშავება და სახეობების იდენტიფიკაცია;

4. მონაცემების სტატისტიკური დამუშავება და ანალიზი.

სამეცნიერო კითხვა/ჰიპოთეზა. კვლევის დაწყებამდე ჩვენ ვივარაუდეთ, რომ შემოღობილი და მოსწორებული ნაკვეთები, სადაც ბალახის დათესვასთან ერთად შეტანილი იყო ორგანული გამანოყიერებელი საშუალებები, მეტად ხელსაყრელი იქნებოდა ჯავშნიანი ტკიპების მრავალფეროვანი და მრავალრიცხოვანი თანასაზოგადოებების განვითარებისათვის საკვების მიწოდების და ნიადაგის სტრუქტურის ნაკლები ფიზიკური დაზიანების გამო. ასევე, მიუხედავად იმისა, რომ ბუნებრივმა აღდგენითმა პროცესებმაც შესაძლოა გამოიწვიოს ორიბატიდების განსხვავებული და მრავალფეროვანი თანასაზოგადოებების ფორმირება, გვსურდა გაგვეგო, თუ რამდენადაა დამოკიდებული თანასაზოგადოებების განვითარების ტემპი აღდგენისათვის გამოყოფილ დროზე ფიზიკური დაზიანებების (მაგ. დატკეპნა) არარსებობის პირობებში.

მეცნიერული სიახლე. საქართველოში პრაქტიკულად არ მომხდარა დაზიანებული ეკოსისტემების ხელოვნური აღდგენის ეფექტურობის შეფასება ნიადაგის ცოცხალი ორგანიზმების გამოყენებით, გარდა ჭიათურმანგანუმის ერთ რეკულტივირებულ ტერიტორიაზე ჩატარებული კვლევისა (Murvanidze et al., 2013; მურვანიძე და სხვ., 2013). მიუხედავად იმისა, რომ ჯავშნიანი ტკიპები ცოცხალი ორგანიზმების ერთ ერთი ყველაზე კარგად შესწავლილი ჯგუფია საქართველოში 550-მდე იდენტიფიცირებული სახეობით (Murvanidze and Mumladze 2016; Murvanidze et al., 2019), კასპის თიხის კარიერზე და მის მიმდებარე ბუნებრივ ეკოსისტემებში ჯერ არ მომხდარა ნიადაგის ბიომრავალფეროვნების შესწავლა და მათი გამოყენება აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დასადგენად. კვლევის შედეგად საკვლევ ტერიტორიაზე სულ რეგისტრირებულ იქნა ჯავშნიანი ტკიპების 41 სახეობა და გამოვლინდა არიდული და დარღვეული ეკოსისტემებისათვის დამახასიათებელი სახეობები, ხოლო ბუნებრივ მდელოზე (Ctr) ნაპოვნი იქნა კავკასიისა და საქართველოს ორიბატიდული ფაუნისათვის იშვიათი სახეობა *Scutovertex armazi* Murvanidze & Weigmann, 2012, რომელიც პირველად რეგისტრირებულ იქნა 2012 წელს არმაზის

ხეობაში (Murvanidze and Weigmann, 2012) და ზოგადად, გვხვდება არიდულ ეკოსისტემებში.

აქედან გამომდინარე, კასპის თიხის კარიერზე ჩატარებული ფართომასშტაბიანი აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის შეფასება მნიშვნელოვანი წინგადადგმული ნაბიჯია როგორც ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ისე ინდუსტრიული კომპანიის მიერ გაწეული სამუშაოების შეფასების მიზნით, რაც შეიძლება სამაგალითო გამოდგეს სხვა მსგავსი საწარმოებისთვის და ბიძგი მისცეს საქართველოში მეცნიერული კვლევების დაფინანსებას კერძო კომპანიების მიერ.

კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა. კვლევა ხელს შეუწყობს ინდუსტრიული კომპანიების ტერიტორიაზე ბიონდიკატორი ორგანიზმების, მიკროართროპოდების საშუალებით დარღვეული ეკოსისტემების ეკოლოგიური სიჯანსაღის შეფასებას, მათ მიერ ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების (რეკულტივაცია) ეფექტურობის შესწავლას და ბიომონიტორინგის ერთიანი სისტემის ჩამოყალიბებას.

1.2 პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე სოფელ პატარძულში

საკვლევი თემა. უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობაში მავნე ორგანიზმების (მწერები, მღრნელები, სარვევლები და ა.შ.) წინააღმდეგ სინთეზური პესტიციდების გამოყენება მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ამავდროულად, ორგანული სოფლის მეურნეობის განვითარება ხელს უწყობს აგროეკოსისტემების შენარჩუნებას და უზრუნველყოფს მათ სიჯანსაღეს, მოიცავს ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებას, ბიოლოგიურ ციკლებს და ნიადაგის ბიოლოგიურ აქტიურობას. ორგანული მეურნეობის მიზანია შემცირდეს სინთეზური სასუქებისა და პესტიციდების მოხმარება და მოსავლიანობის ზრდისთვის უპირატესობა ალტერნატიულ მეთოდებს მიენიჭოს.

პესტიციდები მოხმარებისას ხვდებიან ნიადაგზე და გავლენას ახდენენ მასში მცხოვრებ ორგანიზმებზე. საყურადღებოა იმის გამო, რომ 100%-ით სპეციფიკური პესტიციდი არ არსებობს, ნიადაგზე მოხვედრისას ისინი ლეტალურ და სუბ-ლეტალურ ეფექტს ახდენენ ნიადაგის ბინადარ ფაუნაზე (Adamski et al., 2007; Adamski et al., 2009). ნიადაგებში მიმდინარე ბიოლოგიური აქტივობის ხანგრძლივი კლება იწვევს მისი ნაყოფიერების შემცირებას და შემდგომში ეროზიული პროცესების განვითარებას. აქედან გამომდინარე, აგროეკოსისტემებში ბიომრავალფეროვნების ზრდა არის მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური სტრატეგია, რათა უზრუნველყოს მდგრადი წარმოება.

კერძოდ, ცნობილია, რომ ზოგი ფეხსახსრიანის ცხოველქმედება ორგანულ სოფლის მეურნეობაში ხელს უწყობს მავნებლების მართვას და მოსავლიანობის ზრდას (Coleman et al., 2017; Mäder et al., 2002).

პესტიციდების არასწორი და არაგონივრული გამოყენება (ნორმებისა და მოთხოვნების გაუთვალისწინება) უარყოფით გავლენას ახდენს ადამიანის ჯამრთელობასა და გარემოზე, ამის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა თანამედროვე ტექნოლოგიების დახვეწა, რაც შეამცირებს გარემოზე პესტიციდების უარყოფით ზემოქმედებას. აგროეკოსისტემებში მძლავრმა სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკამ (ხვნა, ფარცხვა, ქიმიური სასუქების და პესტიციდების გამოყენება და ა.შ.) შეიძლება უარყოფითი გავლენა მოახდინოს ნიადაგის ხარისხზე და გამოიწვიოს მისი

თვისებების ცვლილება (Mazzoncini et al., 2010), ნიადაგის ნაყოფიერების ხანგრძლივი კლება, შემცირდეს ბიოლოგიური აქტივობა, დაიკარგოს ბიომრავალფეროვნება, რაც იწვევს ნიადაგის ეროზიას და დეგრადაციას, საბოლოოდ კი მისი ფუნქციონირების სრულ მოშლას.

პესტიციდების გამოყენებას შეიძლება ჰქონდეს პირდაპირი ტოქსიკური მოქმედება სამიზნე მავნებლებზე, მაგრამ არაპირდაპირი გავლენა ნიადაგის არასამიზნე უხერხემლოთა ფაუნაზე (Krogh, 1991; Geoff al., 2006; Jänsch et al., 2006; Badji et al., 2007; Padmavathy and Gopalswamy, 2013), რასაც შესაძლოა მოჰყვეს ბიოლოგიური ბალანსის დარღვევა, მიკროფლორის განადგურება და ნიადაგის კვებითი ქსელების დარღვევა. ამავე დროს, მექანიკური სამუშაოები, როგორცაა მაგ. ღრმა მოხვნა, შეიძლება კიდევ უფრო მეტად ნეგატიურ ეფექტს ახდენს ნიადაგის უხერხემლოთა ფაუნაზე, ვიდრე პესტიციდები (Cockfield and Potter, 1983; Krogh, 1991; Al-Assiuty and Khalil, 1995; Schrader and Lingnau, 1997; Cortet et al., 2002a, 2002b; Bedano et al., 2006; Adamsky et al., 2007, 2009; Padmavathy and Gopalswamy, 2013; Al-Assiuty et al., 2014), რადგან ისინი პირდაპირ არღვევენ მათ ჰაბიტატს (Rodríguez et al., 2006), თუმცა, ორიბატიდული ტკიპების სხვადასხვა ჯგუფებს (მაგ. სქესობრივსა და პართენოგენეზურს) შესაძლოა განსხვავებული რეაქცია ჰქონდეს სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკაზე. იმის გათვალისწინებით, რომ სქესობრივი გზით გამრავლებადი სახეობები უფრო ადვილად ეგუებიან არახელსაყრელ (ან ცვალებად) გარემოს პირობებს (Toman and Flegel, 2017), თანასაზოგადოების სტრუქტურის ცვლილება შესაძლოა უკავშირდებოდეს უსქესო სახეობების მრავალფეროვნებისა და დასახლების სიმჭიდროვის ცვლილებებს.

ედვარდსმა (Edwards, 1973) ჩამოაყალიბა პესტიციდების ოთხი უარყოფითი გავლენა ნიადაგის ცოცხალ ორგანიზმებზე:

1. პესტიციდებს შეიძლება პირდაპირი ტოქსიკური გავლენა ჰქონდეს ნიადაგის ცხოველებზე;
2. მათ შეიძლება გავლენა მოახდინონ ნიადაგის ორგანიზმების გენეტიკაზე და წარმოქმნან პესტიციდებისადმი მდგრადი პოპულაცია;
3. შეიძლება ჰქონდეს სუბლეტალური მოქმედება, გამოიწვიოს ქცევითი, მეტაბოლური ან რეპროდუქციული ცვლილებები;

4. პესტიციდები შეიძლება გადავიდეს ნიადაგის ფლორის და ფაუნის ორგანოებში და გადაეცეთ სხვა ორგანიზმებს.

თარნერის (Turner, 2015) მიხედვით, ამჟამად მსოფლიოში გამოიყენება 900-მდე ქიმიკატი და ბევრად უფრო მეტი პესტიციდის ნაერთი, რომელთა დიდი ნაწილი არ არის სათანადოდ შემოწმებული თუ რა გავლენას ახდენს არასამიზნე ფაუნაზე (Sánchez-Bayo, 2011). აქედან გამომდინარე, აგროეკოსისტემებში შევისწავლეთ ჯავშნიანი ტკიპების მრავალფეროვნება, მათზე პესტიციდებისა და ღრმა ხვნის ზემოქმედების პირობებში. კვლევებს ვატარებდით საგარეჯოს რაიონის სოფ. პატარძელში საკარმიდამო ნაკვეთზე, რომელზეც ბოლო 20 წლის განმავლობაში აგრარული სამუშაოები არ ჩატარებულა.

კვლევის მიზნები:

1. პესტიციდების ზემოქმედების შესწავლა ნიადაგის ჯავშნიან ტკიპებზე დაუმუშავებელ (საკონტროლო) ნაკვეთებთან შედარებით საშუალებით და შესაბამისად მათი ზემოქმედების შესწავლა ნიადაგის ეკოსისტემის ფუნქციონირებაზე;
2. ღრმა მოხვნის გავლენის შესწავლა ნიადაგის ეკოსისტემის ფუნქციონირებაზე;
3. პესტიციდებისადმი მგრძობიარე და პესტიციდებისადმი მდგრადი ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების გამოვლენა.

აღნიშნული მიზნების მისაღწევად განვახორციელეთ შემდეგი ამოცანები:

1. საველე სამუშაოების დეტალური დაგეგმა და მოსამზადებელი სამუშაოები;
2. ინტენსიური საველე სამუშაოების წარმოება, სინჯების მოპოვების ადგილების ზუსტი განაწილება დროისა და საკვლევი ტერიტორიების მიხედვით;
3. მოპოვებული ნიადაგის სინჯების ლაბორატორიული დამუშავება და სახეობების იდენტიფიკაცია;
4. მონაცემების სტატისტიკური დამუშავება და ანალიზი.

სამეცნიერო კითხვა/ჰიპოთეზა. კვლევის პროცესში გვსურდა პასუხის მიღება შემდეგ შეკითხვებზე: აძლიერებდა თუ არა პესტიციდების გამოყენება ორიბატიდული ტკიპების თანასაზოგადოების სტრუქტურის ცვლილებას, მექანიკურ დამუშავებასთან შედარებით? როგორ იცვლებოდა ეს ეფექტები დროთა განმავლობაში?

მეცნიერული სიახლე. სინთეზური პესტიციდების გავლენა ნიადაგის ბიომრავალფეროვნებაზე კავკასიის რეგიონში, მათ შორის საქართველოში აქამდე არ გამოკვლეულა. შესაბამისად, ჩატარებული კვლევა მნიშვნელოვან ინფორმაციას გვაწვდის პესტიციდების გავლენის შესახებ ნიადაგის არასამიზნე ფაუნაზე, ასევე საშუალება გვძლევს შევადაროთ პესტიციდებისა და ღრმა მოხვნის შესაძლო ნეგატიური ეფექტები ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე და გავცეთ პრაქტიკული რეკომენდაციები ფერმერებისათვის.

საკვლევ ტერიტორიაზე სულ რეგისტრირებული იქნა ჯავშნიანი ტკიპების 83 სახეობა. მათგან ერთი სახეობა *Mongaillardia grandjeani* Calugar & Vasiliu, 1984 ახალია კავკასიის ფაუნისათვის, ხოლო *Oribatula (Zygoribatula) skrjabini* (Bulanova-Zakhvatkina, 1967) და *Graptoppia (Graptoppia) paraanalisis* Subías & Rodriguez, 1985 ახალი სახეობებია საქართველოს ფაუნისათვის.

კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა. ჩატარებულ კვლევას დიდი მნიშვნელობა აქვს ისეთი აგრარული ქვეყნისათვის, როგორც საქართველოა, სადაც ხდება მცენარეთა დაცვის ქიმიური საშუალებების უკონტროლო და არანორმირებული გამოყენება. კვლევის შედეგები დაეხმარებათ სოფლის მეურნეობის მუშაკებს და ადგილობრივ ფერმერებს უფრო რაციონალურად გამოიყენონ სინთეზური პესტიციდები და მოსავლიანობის ზრდისთვის უპირატესობა მიანიჭონ ორგანულ სოფლის მეურნეობას, რაც ხელს შეუწყობს ნიადაგის ბუნებრივი პროდუქტიულობის შენარჩუნებას და გაუმჯობესებას.

1.3 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით

საკვლევი თემა. გაუდაბნობა და მიწების/ნიადაგების დეგრადაცია დედამიწის ნახევრად მშრალ ადგილებში მუდმივად მზარდი პრობლემაა, რომლებიც გამოწვეულია არა მარტო კლიმატის ცვლილებებით, არამედ ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორებით. გაუდაბნობა შეიძლება გახდეს საფრთხე რეგულარული გვალვების პირობებში, რაც გამწვავებულია ტემპერატურის მატებით და ნალექების შემცირებით, ასევე წყლის რესურსების ნაკლებობით.

უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში საქართველო (კავკასიის რეგიონი), ისევე როგორც მთელი მსოფლიო, კლიმატის ცვლილებების გავლენის ქვეშ იმყოფება. საქართველოში გაუდაბნობის საფრთხის ქვეშ მყოფი ყველაზე დაუცველი ტერიტორიები სამხრეთ-აღმოსავლეთ კავკასიონის დაბლობებსა და მთისწინეთშია, რომელიც აღმოსავლეთ საქართველოს საზღვრებში შეადგენს დაახლოებით 3000 კმ² (კეცხოველი, 1959; Akhalkatsi and Tarkhnishvili, 2012). ინტენსიურმა სოფლის მეურნეობამ და ძოვებამ მნიშვნელოვნად შეცვალა ეს რეგიონი, სადაც იყო მრავალფეროვანი ქსეროფიტური და ჰალოფიტური მცენარეულობა (Williams et al., 2006). მიწის ინტენსიური და არასწორად მართვის გამო, სამხრეთ-აღმოსავლეთ საქართველოს დიდი ნაწილი სრული გაუდაბნობის საფრთხის ქვეშ იმყოფება. გვალვა ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ბუნებრივი მოვლენაა, რომელიც ასევე გაიზარდა ბოლო ათწლეულების განმავლობაში კლიმატის ცვლილების გამო (Machavariani and Lagidze, 2012; Kereselide et al., 2013; Orgiazzi et al., 2016). ამას ჭარბ ძოვებასთან და ფართოდ გავრცელებულ სოფლის მეურნეობასთან ერთად, შედეგად მოჰყვა ათასობით ჰექტარი ნაყოფიერი მიწის დაკარგვა კახეთის რეგიონში (აღმოსავლეთ საქართველო). ბოლო ათწლეულების განმავლობაში კახეთში გახშირებული გვალვების შედეგად რეგიონმა უკვე დაკარგა ასობით, ათასობით ჰექტარი ნაყოფიერი მიწა. კლიმატის დათბობის თანამედროვე პროგნოზებიდან გამომდინარე, მოსალოდნელია ტემპერატურის მომატება და ნალექების შემცირება. ეს გამოიწვევს აორთქლების ზრდას და მდინარის დინების შემცირებას. ამ პირობებში, თუ დროულად არ მიიღება სათანადო ზომები, გაუდაბნობის საფრთხე აშკარა გახდება, მომავალში ამ პროცესის

შეჩერება და უკან დაბრუნება კი უფრო რთული და ძვირადღირებული იქნება (Basilashvili, et. al., 2015).

გაუდაბნობის უარყოფითი შედეგების შესამცირებლად რეკომენდებულია ადაპტაციის ღონისძიებების გატარება წყალმომხმარების სისტემების რეაბილიტაციის, წყლის დაკარგვის პრევენციის, სარწყავი არხების რეკონსტრუქციისა და გაფართოების, შემოდგომა-ზამთრის გამოუყენებელი მდინარის წყლის დაგროვებისა და გაზაფხულის წყალდიდობის გზით. წყალსაცავები, წყალმომხმარებლებზე წყლის რესურსების განაწილების ოპტიმალური სქემის შემუშავება, ქარსაფარების მოწყობილობა და გვალვაგამძლე ჯიშების მოშენებაზე მუშაობა, მდინარეების წყლის მოცულობის პროგნოზის მომზადება და მათი როლი წყლის გამოყენების დაგეგმვაში; ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების შედეგად გაზრდის შემდეგ ხელოვნური ნალექის გამოყენებით წვეთოვანი და დაწვიმებითი ირიგაცია. ყველა ეს აქტივობა უზრუნველყოფს გაუდაბნობის პროცესის შეჩერების საშუალებას, შექმნის გარემოს ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას და გააუმჯობესებს მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკურ კეთილდღეობას (Basilashvili, et al., 2015).

დეგრადირებული მიწები/ნიადაგები მიდრეკილია გაუდაბნობისკენ (Kereselidze et al., 2013), სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ესაა ნიადაგის ეკოსისტემის სრული გაქრობა. მიწების/ნიადაგების დეგრადაციის (ფიზიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური), რომლის ხელშემწყობი და გამომწვევია როგორც გარემო ფაქტორები (რელიეფი, კლიმატი, მცენარეული საფარის არარსებობა, ნიადაგის შემადგენლობა და სხვა), ასევე ანთროპოგენური ფაქტორები (ნიადაგის ხშირი, არასწორი გამოყენება, სამოვრებზე არამდგრადი მოვება, სამოვრებისა და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების გადაწვა, პესტიციდების და სასუქების ინტენსიური, არანორმირებული გამოყენება და სხვ.). ეს ფაქტორების ის მცირედი ჩამონათვალია, რომლებიც ხელს უწყობენ ნიადაგის წინააღმდეგობის შემცირებას მისი ბიომრავალფეროვნებისა და ფუნქციონირების შესანარჩუნებლად (Orgiazzi et al., 2016). გაუდაბნობის შედეგად მრავალფეროვანი ბუნებრივი ეკოსისტემები იცვლება ერთგვაროვანი ეკოსისტემებით, ქვეითდება ნიადაგის ნაყოფიერების, მცირდება ან საერთოდ იკარგება ნიადაგის ბიომრავალფეროვნება.

ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) რიცხოვნობა და მრავალფეროვნება შვეიცარულ ადმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდული ეკოსისტემებში – შირაქის ვაკე, ელდარის დაბლობი და გარეჯის ზეგანი (დედოფლისწყაროს და საგარეჯოს რაიონები), რომლებიც ძლიერად განიცდიან ბუნებრივ და ანთროპოგენურ ზემოქმედებას. სამხრეთ-აღმოსავლეთ საქართველოს ორიბატიდური ტკიპების მრავალფეროვნება შედარებით ცუდად არის შესწავლილი ქვეყნის დანარჩენ რეგიონებთან შედარებით (Murvanidze and Kvavadze, 2006; Murvanidze and Mumladze, 2016). ამრიგად, ჩვენ მიზნად დავსახეთ საბაზისო ინფორმაციის ჩამოყალიბება საქართველოს ამ ეკოსისტემების ორიბატიდური სახეობების მრავალფეროვნებისა და გავრცელების შესახებ.

ორიბატიდები შეიძლება იყვნენ ეფექტური ბიონდიკატორები მშრალი საძოვრებისთვის (Behan-Pelletier, 1999; Gulvik, 2007; Gergócs and Hufnagel, 2009), რომლებიც კრიტიკულად საფრთხის ქვეშ მყოფ ეკოსისტემებს წარმოადგენენ სუქცესიის, სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის და საერთო ანთროპოგენური ზეწოლის გამო (Schatz, 2018). ამით ჩვენ გამოვავლენთ თუ რომელი ორიბატიდული სახეობები/ჯგუფებია ამ დარღვევების ინდიკატორები და შეიძლება გამოვიყენოთ, როგორც ეკოსისტემის ცვლილების გამაფრთხილებელი სისტემა

კვლევის მიზნები:

1. ჯავშნიანი ტკიპების სამხრეთ აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული და სემიარიდული ეკოსისტემებისათვის დამახასიათებელი თანასაზოგადოებების გამოვლენა;
2. ანთროპოგენური ფაქტორების (ნიადაგის ეროზიის და გადამოვების) და ბუმებრივი (გეოლოგიური) ეროზიის გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების ფაუნის რიცხოვნობას, მრავალფეროვნებას და სტრუქტურაზე;
3. ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებების სტრუქტურული ცვლილების და ცალკეულ სახეობათა დამოკიდებულების გამოვლენა გაუდაბნობის ინტენსივობაზე;

4. ინდიკატორული სახეობების და სახეობათა კომპლექსების ინდენტიფიკაცია ნიადაგზე მოქმედი სტრესული ფაქტორების ინტენსივობის და გავლენის შესაფასებლად.

აღნიშნული მიზნების მისაღწევად განვახორციელოთ შემდეგი ამოცანები:

1. საველე კვლევების დეტალური დაგეგმვა, რაც გულისხმობს სინჯების მოპოვების ადგილების ზუსტ განაწილებას დროსა და ნიადაგზე მოქმედი სტრეს-ფაქტორების გრადიენტების მიხედვით;
2. მოსამზადებელი სამუშაოები;
3. ინტენსიური საველე სამუშაოების გახორციელება;
4. მოპოვებული მასალების ლაბორატორიული დამუშავება და სახეობების ინდენტიფიკაცია;
5. მონაცემების სტატისტიკური დამუშავება და ანალიზი;

სამეცნიერო კითხვა/ჰიპოთეზა. ჩვენ ვივარაუდებთ, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდული ეკოსისტემებში (ელდარის დაბლობი, შირაქ-გარეჯის ზეგანი) ჩატარებული კვლევებით ავლრიცხავდით ამ ეკოსისტემებისათვის დამახასიათებელი ჯავშნიანი ტკიპების სახეობებს, მათი ბიომრავალფეროვნების შესწავლით გამოვავლენდით რეგიონისათვის და ქვეყნისთვის ახალი სახეობებს. ჩატარებულ კვლევებს პასუხი უნდა გაეცა შემდეგ კითხვებზე: 1. რომელი უფრო მეტ ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს ორიბატიდების თანასაზოგადოებასა და სტრუქტურაზე ანთროპოგენური ზემოქმედება (ნიადაგის დამუშავება/მოვება) თუ ბუნებრივი (გეოლოგიური) ეროზია? 2. საჭიროა თუ არა შემდგომი კვლევები დაზიანებული ეკოსისტემების უფრო მგრძობიარე ეკოლოგიური ჯგუფების გამოსავლენად, რომლებიც სწრაფ რეაგირებას ახდენენ საარსებო გარემოს დაზიანების შემდეგ? 3. დაგვეხმარებოდნენ თუ არა ჯავშნიანი ტკიპები, როგორც ნიადაგის მდგომარეობის კარგი ბიოინდიკატორები ნიადაგის ეკოსისტემების მდგომარეობის სიჯანსაღის შეფასებასთვის მოცემული ტიპის ეკოსისტემებში?

მეცნიერული სიახლე. კვლევის პროცესში აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემების სამივე საკვლევ ტერიტორიაზე (შირაქის ვაკე, ელდარის დაბლობი და გარეჯის ზეგანი (დედოფლისწყაროს და საგარეჯოს რაიონები)) სულ აღრიცხული იქნა ჯავშნიანი ტკიპების 81 სახეობა. შირაქის ვაკეზე ნაპოვნი იქნა ჯავშნიანი ტკიპების 55 სახეობა, საიდანაც *Hemileius (Simkinia) ovalis* Kulijev, 1968 (ქვემო ქედი, ბუნებრივი სტეპი (N)) ახალი სახეობაა საქართველოს ფაუნისათვის; ელდარის დაბლობზე – 54, საიდანაც საქართველოს ფაუნისათვის ახალია *Peloribates glaber* Mihelčič, 1956 (კასრისწყალი, ბუნებრივი ძლიერი ეროზია (NSE)); ხოლო გარეჯის ზეგანზე – 61 სახეობა, სადაც ნაპოვნია საქართველოსათვის ახალი სახეობა *Ceratozetes bulanove* Kulijev, 1962 (უდაბნო, ძლიერი ძოვება (PH)) (Murvanidze et al., 2019).

კვლევის პრაქტიკული მნიშვნელობა. აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული და სემიარიდული ეკოსისტემების ნიადაგის ფაუნა ნაკლებადა იყო შესწავლილი (საქართველოს სხვა რეგიონებთან შედარებით) (Murvanidze and Mumladze, 2016). ჩატარებული კვლევის შედეგად გამოვლინდა რეგიონისთვის ახალი და იშვიათი სახეობები, რამაც ხელი შეუწყო საქართველოს ორიბატიდული ფაუნის მონაცემების სრულყოფას, რასაც აქვს დიდი მნიშვნელობა ფუნდამენტური ტაქსონომიური, ბიოგეოგრაფიული და ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის საკითხების გადასაწყვეტად. კვლევა მნიშვნელოვანი წინგადადგმული ნაბიჯია ნიადაგის დეგრადაციის პროცესების დროული და ეფექტური შეფასების მხრივ. მიუხედავად იმისა, რომ კვლევები ამ მიმართულებით ტარდება მსოფლიოს არაერთ წამყვან კვლევით დაწესებულებაში, ხშირ შემთხვევაში ბევრი საკითხი, რაც უკავშირდება ნიადაგის მდგომარეობის შეფასებას და მონიტორინგს სპეციფიკურია რეგიონისა და კონკრეტული ეკოსისტემებისათვის. შესაბამისად მიღებული შედეგები მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს ჩვენს ცოდნას ნიადაგის ფაუნის სტრუქტურული თავისებურებების და ცვლილებების შესახებ ნიადაგის დეგრადაციის მიმართებაში სხვადასხვა სტრეს-ფაქტორების მიხედვით. მიღებული შედეგები გულისხმობს ნიადაგის მონიტორინგის და მდგომარეობის შეფასების მექანიზმის შემუშავებას, რაც ეფექტური და იაფი საშუალებაა სხვა მეთოდებთან შედარებით და რასაც აქვს დიდი

პოტენციური პრაქტიკაში დაინერგოს მთელი ქვეყნის (და არამარტო) მასშტაბით. ამ მიმართულებით უკვე გვაქვს გარკვეული გამოცდილება. კერძოდ, კომპანია „ჰეიდელბერგემენტ ჯორჯიამ“ დააფინანსა კასპის თიხის კარიერებზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის შეფასების პროექტი ნიადაგის ფაუნის საშუალებით. წარმოდგენილი შედეგების ხელს შეუწყობს საქართველოს სხვა ტიპის ეკოსისტემებში მსგავსი კვლევების განხორციელებას, რაც ნიადაგების მონიტორინგის და შეფასების ერთიანი სქემის შემუშავებისთვის მნიშვნელოვან საფუძვლებს ქმნის. მიღებული შედეგები საგარეჯოს და დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტების ადგილობრივ თვითმართველობებს დაეხმარებათ - ამ ტერიტორიებზე ჩატარებული ეკოლოგიური ღონისძიებების შეფასებაში და შემდგომი სამუშაოების დაგეგმვაში.

ნაშრომის აპრობაცია და გამოქვეყნებული ნაშრომები. სადისერტაციო ნაშრომის როგორც ცალკეული, ისე ძირითადი შედეგები მოხსენებულ იქნა სადოქტორო პროგრამით გათვალისწინებულ სემესტრულ ანგარიშებზე და სამ სემინარზე, აგრეთვე, საერთაშორისო კონფერენციაზე (აკაროლოგთა XV საერთაშორისო კონგრესი – ანტალია, თურქეთი, 2–8 სექტემბერი 2018 წელი) თემაზე – „The diversity of oribatid mites (Acari: Oribatida) in arid and semi-arid ecosystems of Eastern Georgia“ („ჯავშნიანი ტკიპების მრავალფეროვნება აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში“).

აღნიშნული სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის საკითხები გამოქვეყნებულია შემდეგ სამეცნიერო ნაშრომებში:

1. Oribatid mite communities on former clay quarries under different reclamation strategy. Todria Nino, Murvanidze Maka, Mumladze Levan. *Annals of Agrarian Science*, 1-17, (2019), p. 304-311;
2. Effect of ploughing and pesticide application on oribatid mite communities Murvanidze, Maka, Mumladze, Levan, Todria, Nino, Salakaia, Meriko, Maraun, Mark, *International Journal of Acarology*, 1-8, (2019), p. 181-188;
3. Oribatid (Acari: Oribatida) diversity in natural and altered open arid ecosystems of South-Eastern Caucasus Todria, Nino, Murvanidze, Maka, Mumladze, Levan. *Pedobiologia*, 1-9, (2021), Vol.87-88, p. 150750.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს აბსტრაქტს (ქართულ და ინგლისურ ენაზე), შედგება ექვსი თავისაგან: შესავალი, სამეცნიერო ლიტერატურის მიმოხილვა, მასალა და მეთოდები, შედეგების განხილვა, დასკვნები და რეკომენდაციები. ნაშრომი მთავრდება ბიბლიოგრაფიით და დანართებით.

ნაშრომის პირველ თავში განხილულია თემის აქტუალობა, ჩატარებული კვლევების ძირითადი მიზნები, რომელიც ცალკვე ქვეთავებადაა გამოყოფილი და თითოეული ქვეთავი მოიცავს: საკვლევ თემას, კვლევის მიზნებს და ამოცანებს, მეცნიერულ სიახლეს, სამეცნიერო კითხვას/ჰიპოთეზას, კვლევის პრაქტიკულ მნიშვნელობას, ნაშრომის აპრობაციას, გამოქვეყნებული ნაშრომების სიას და ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობას.

მეორე თავში მოცემულია სამეცნიერო ლიტერატურის მიმოხილვა, რომელიც დაყოფილია ოთხ ქვეთავად. საკვლევ თემის ირგვლივ გამოქვეყნებული სტატიები, წიგნები, მონოგრაფიები, კონფერენციის მასალები და სხვათა მიმოხილვები ეკუთვნის წამყვან მეცნიერებს, რომლებმაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს აღნიშნული სამეცნიერო პრობლემის შესწავლაში, გადმოცემულია საკითხის კვლევისას მათ მიერ გამოყენებული მიდგომები, მეთოდები და მიღებული შედეგების გაანალიზება. მიმოხილული უახლესი ლიტერატურა ხელს უწყობს აღწერილ საკითხზე თანამედროვე ცოდნის წარმოჩენას, შესრულებული კვლევის თეორიული საფუძვლის, სიახლის, პრაქტიკულ მნიშვნელობის და აქტუალობის დადასტურებას ან/და მეთოდოლოგიური მიდგომის სისწორის დასაბუთებას.

კვლევის მესამე თავში გადმოცემულია მასალა და მეთოდები, სადაც ქვეთავებადაა გამოყოფილი: 1. საკვლევ ტერიტორიების მოკლე ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება; 2. ჩატარებული სავლე სამუშაოები, სადაც დეტალურადაა აღწერილი ნიადაგის სინჯების აღების ადგილი, შეგროვების პერიოდი, რაოდენობა, მოცულობა, საკვლევ ტერიტორიების აღწერა და GPS კოორდინატები, დასურათება, ექსპერიმენტის დიზაინი, მოსამზადებელი სამუშაოები, და წამლობის სქემა; 3. მასალის ლაბორატორიული დამუშავება, რომელიც მოიცავს აღებული ნიადაგის სინჯების დახარისხებას, სინჯებიდან ჯავშნიანი ტკიპების გამოყოფის და შეგროვების ტექნიკას, პერიოდს, დროებითი

პრეპარატების მომზადებას, სახეობის დონემდე რკვევას და სისტემატიკური სიის შედგენას; 4. სტატისტიკური ანალიზი, სადაც აღწერილია ჯავშნიანი ტკიპების მრავალფეროვნების, დომინანტობის, დასახლების სიმჭიდროვის, თანასაზოგადოების მსგავსების, გამოკვლეულ პერიოდში ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების რაოდენობის ცვლილების, სახეობების/ჰაბიტატების შესამოწმებლად და თითოეული შესწავლილი ჰაბიტატისათვის ინდიკატორი სახეობების გამოსავლენის, სინჯების სისრულის შეფასებისთვის, თითოეული ჰაბიტატის ტიპისა და მათი კომბინაციებისთვის შესამოწმებისთვის გამოყენებული პარამეტრულ და არაპარამეტრული შემფასებლები.

მეოთხე თავი მოიცავს შედეგების განხილვას, შეფასებულია ჯავშნიანი ტკიპების ფაუნისტურ-ეკოლოგიურ ანალიზი სამივე ჩატარებული კვლევისათვის, აღწერილია ამ თავში წარმოდგენილი თითოეული სურათი, ცხრილი და გრაფიკი.

სადისერტაციო ნაშრომი მოცემილია 190 ნაბეჭდ გვერდზე, მასში ჩართულია 28 სურათი, 10 ცხრილი, 13 გრაფიკი და 3 დანართი.

ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ენტომოლოგიის ინსტიტუტის ბაზაზე, კომპანია „ჰეიდელბერგცემენტ ჯორჯიას“ და შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის და უკრაინის მეცნიერებათა და ტექნოლოგიის ცენტრის მიერ შემდეგი დაფინანსებული და მხარდაჭერილი პროექტების ფარგლებში:

1. „ჰეიდელბერგცემენტ ჯორჯიას“ მიერ დაფინანსებული პროექტი – „ნიადაგის ფეხსახსრიანთა მრავალფეროვნება და კარიერების რეაბილიტაცია“ („Soil arthropod diversity and quarries rehabilitation“);

2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდისა და უკრაინის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიის ცენტრის მიერ დაფინანსებული #04/08, 6205 პროექტი – „პესტიციდების ზემოქმედება ნიადაგის ეკოსისტემების ფუნქციონირებაზე – გავლენა ნიადაგის უხერხემლოთა ფაუნაზე“ („Effects of pesticides on ecosystem function - Impact on the soil invertebrates fauna“);

3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ 2017 წლის დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამების გრანტით დაფინანსებული #PhD_F_17_124 პროექტი „ჯავშნიანი ტკიპები, როგორც სტრესული ეკოსისტემების

ინდიკატორები“ („Oribatid mites (Acari: Oribatida) - indicators of the disturbed ecosystems“).

2. სამეცნიერო ლიტერატურული მიმოხილვა

2.1 ჯავშნიანი ტკიპები, როგორც ბიონდიკატორები

ნიადაგის ხარისხის შეფასების ტრადიციული მიდგომები და მონიტორინგის სისტემები დაფუძნებულია ნიადაგის ფიზიკურ თვისებებზე (სტრუქტურა, ტექსტურა, ტენიანობა, აერაცია, წყალგამტარობა), ქიმიურ შემადგენლობასა (ნიადაგის ნაყოფიერება, ორგანული ნივთიერებები, pH და სხვ.) და ბიოლოგიური ინდიკატორების გამოყენებაზე (Øygarden and Grønland, 2003; Breure et al., 2005; Parisi et al., 2005). უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში მსოფლიოს წამყვანი მეცნიერები ინტენსიურად იკვლევდნენ ნიადაგის მიკროართროპოიდებს, მათ შორის ჯავშნიან ტკიპებს, როგორც ბიონდიკატორებს ანთროპოგენური ზემოქმედების, კლიმატის ცვლილების და ნიადაგის ხარისხის შესაფასებლად (Shimano, 2011; Криволицкий, 1978; André et al., 1982; André 1976 a; b; Franchini and Rockett, 1996; Zaitsev and Van Straalen, 2001; Lindo and Visser, 2004; Otilia and Vasiliu, 2009; Senickzak et al., 1995, 1997, 2007; Paoletti, et al., 1991; Paoletti, 1999; Paoletti and Bressan, 1996; Kehl and Weigmann, 1992; Skubala and Gulvik, 2005; Gergócs and Hufnagel, 2009; Stork and Eggleton, 1992; Gergócs et. al., 2012) და იყენებენ გარემოს მდგომარეობის ბიომონიტორინგისათვის (Gulvik, 2007; Gardi et al., 2009; George et al., 2017; Cortet et al., 1999; Pulleman et al., 2012).

ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) იმ ბიონტიკატორულ მახასიათებლებზე, რაც მიუთითებს თავიანთ საცხოვრებელ გარემოში მიმდინარე ცვლილებებზე, ჩატარებული კვლევები ყველაზე საფუძვლიანად შეჯამებულია რამოდენიმე მიმოხილვაში (Lebrun and Van Straalen, 1995; Behan-Pelletier, 1999; Gulvik, 2007; Gergócs and Hufnagel, 2012).

რუმინეთში (ვალია-კელუგერასკე, პრაჰოვის ჟუდეცი) ორი წლის განმავლობაში ფოსფორის სასუქების ქარხნიდან სხვადასხვა მანძილით დაშორებულ მუხის ტყის რამდენიმე ეკოსისტემაში სწავლობდნენ მძიმე მეტალებით დაბინძურებას (1997-1999), სადაც მათი (Pb, Cr, Ni, Co და Cd) კონცენტრაცია 2-9-ჯერ აღემატებოდა ზღვრულ დასაშვებ ნორმას (Otilia and Vasiliu, 2009). კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ ამ სამრეწველო ობიექტის დახურვიდან ორი წლის შემდეგ დაბინძურებულ ტყეებში არ ხდებოდა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოების ხელსაყრელი განვითარება.

დაბინძურებულ ტყეებში მათი დასახლების სიმჭიდროვე 6476–ჯერ დაბალი იყო ვიდრე ბუნებრივ, საკონტროლო პერიმეტრზე. საკონტროლო პერიმეტრზე ჯავშნიანი ტკიპები ქმნიან კომპლექსურ, რთულ თანასაზოგადოებას (სახეობების და ინდივიდების რაოდენობის გამო), ფართო სფეციფიკური მრავალფეროვნებით. დაზიანებული ტყეები შედგება მცირე რაოდენობით ტოლერანტული სახეობებისაგან (ევრიპლასტიკური, არასპეციფიკური), რომლებიც ხასიათდებიან დაბალი სპეციფიკური სახეობების მრავალფეროვნებითა და შესაბამისად სტრუქტურული არასტაბილურობით. საკონტროლო და დაბინძურებულ ეკოსისტემებში ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების განაწილების ანალიზმა აჩვენა სახეობების სამი ჯგუფი: პირველი მოიცავს რამდენიმე სახეობას, რომლებიც შეხვდათ მხოლოდ საკონტროლო ტყის პერიმეტრზე; მეორე ჯგუფი მოიცავს ტოლერანტულ სახეობებს, რომლებიც გავრცელებული იყო ყველა გამოკვლეულ ტყის ტერიტორიაზე (მათი სახეობრივი შემადგენლობა და რიცხოვნობა დაბალი იყო დაბინძურებულ ტერიტორიებზე); მესამე ჯგუფი მოიცავს ნებისმიერ სახეობებს, რომლებიც გავრცელებული იყო დაზიანებულ ეკოსისტემებში. ზოგიერთ სახეობას ახასიათებს ფართო ეკოლოგიური პლასტიკურობა, როგორებიცაა: *Protoribates capucinus* Berlese, 1908, *Ramusella (Insculptoppia) insculpta* (Paoli, 1908), *Neotrichoppia (Confinoppia) sp.*, *Tectocepheus velatus* (Michael, 1880), *Acrotritia ardua* (Koch, 1841) და გვევლინებიან როგორც ნებისმიერი ტიპის ნიადაგის ედიფიკატორები. ეს სახეობები, განსაკუთრებით პირველი სამი სახეობა კი შეიძლება ჩაითვალოს ამ ტიპის დაბინძურების კარგ ბიოინდიკატორებად. აღნიშნული სახეობები ადრეც იყო აღწერილი სხვა დაბინძურებულ ტერიტორიებზეც, შედარებით მაღალი სიხშირითა და რიცხოვნობით (Vasiliu and Mihăilescu, 1989). კერძოდ, რუმინეთში მძიმე მეტალებით (Pb, Cu, Zn და Cd) და ფტორით (F) დაბინძურებული მთის მდელოს და აგრარულ ნიადაგებზე მიკროართროპოდების კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ სახეობა *Neotrichoppia (Confinoppia) confinis* (Paoli, 1908) კარგი ინდიკატორია მძიმე მეტალებით ჭარბად დაბინძურებული მთის მდელოების ნიადაგებისათვის, სახეობა – *Ramusella (Insculptoppia) insculpta* (Paoli, 1908) მძიმე მეტალებით და ფტორით დაბინძურებული აგრარული ნიადაგებისათვის, ხოლო *Xylobates capucinus* (Berlese,

1908) და *Tectoribates ornatus* (Schuster, 1958) ამ ტიპის დაბინძურებისადმი ტოლერანტური სახეობებია (Vasiliu et al. 1995).

ლა-პლატას (არგენტინა) შვიდ გამწვანებულ ტერიტორიაზე შეისწავლეს ურბანული ნიადაგები, რადგან შეესწავლათ ადამიანის ჩარევის ინდექსი (Human intervention index (IA)) ურბანული ნიადაგებისთვის. ჯავშნიანი ტკიპები გამოიყენეს, როგორც ბიოინდიკატორი ორგანიზმები. IA ადამიანის ჩარევის კარგი მაჩვენებელი აღმოჩნდა დაბალი ზემოქმედების ტერიტორიებზე. ძლიერ და საშუალო ზემოქმედების ადგილებში გაანალიზეს სახეობების დონინანტობა, რიცხოვნობა და მრავალფეროვნება. *Eremobelba zicsii* (Balogh & Mahunka, 1969), *Opiella (O.) nova* (Oudemans, 1902) და *Epilohmannia pallida americana* (Balogh & Mahunka, 1981) ჯანსაღი ნიადაგების დომინანტი სახეობები აღმოჩნდნენ. *Hemileius initialis* (Berlese, 1908), *Scheloribates curvialatus* (Hammer, 1961) და *Protoribates (Triangius) praeoccupatus* (Pérez-Iñigo Baggio, 1980) სახეობების სიმჭიდროვე შემცირდა იქ, სადაც მაღალი იყო ადამიანის ზემოქმედების ხარისხი და ივარაუდეს, რომ ეს სახეობები შესაძლოა გამოყენებულ იქნან ურბანული ნიადაგის ხარისხის შესაფასებლად. *Tectocepheus velatus* (Michael, 1880), *Trachyoribates (Rostrozetes) ovulum* Berlese, 1908 და *Acrotitia clavata* (Märkel, 1964) დომინირებდნენ მაღალი ზემოქმედების ტერიტორიებზე და იშვიათად ან არ შეხვდათ ჯანსაღ ნიადაგებში, შესაბამისად ისინი ზომიერი ჩარევისადმი მდგრადი სახეობები აღმოჩნდნენ (Accattoli and Martínez, 2012).

ატმოსფეროს დაბინძურების ზეგავლენა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებაზე შეისწავლეს შპს „გაზპრომ დობიჩა იამბურგის“ მიმდებარე ტერიტორიაზე (დასავლეთ ციმბირის დაბლობის ჩრდილოეთით ტაზოვსკის რაიონი) გაზის ინდუსტრიული კომპანიის მიერ წარმოქმნილი ატმოსფერული დაბინძურებლების ზემოქმედების ბიოინდიკაციის მიზნით (Andrievskii et. al., 2015). ამ არეალში ატმოსფეროს ძირითადი დამაბინძურებლებია აირები და აეროზოლები, მყარი ნაწილაკები/მტვერი, CO, NO_x, CH₄, მეთალონი, ბენზოლის ორთქლი, დიზელის საწვავი და ზეთი, მანგანუმის ნაერთები, ფტორიდები, CrO_x, SO₂, გოგირდმჟავა, აცეტონი, ქსილოლი, ტოლუოლი, არომატული ნახშირწყალბადების ნარევი და სხვა). კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ატმოსფეროში დამაბინძურებლების გამოფრქვევამ გავლენა მოახდინა ჯავშნიანი ტკიპების ეკოლოგიური ჯგუფების თანაფარდობასა და

მთლიანად ინდივიდების რაოდენობაზე ტუნდრას ეკოსისტემებში. ეუედაფური ჯავშნიანი ტკიპები (მთლიანი ინდივიდების 89%) ძირითადად ხვდებოდათ იმ დაბინძურებულ ბიოტოპებში, რომლებიც უფრო ახლოს მდებარეობს დაბინძურების წყაროსთან. ეს სახეობები ხასიათდებიან სხეულის მცირე ზომით და გარემოს სტრესის მიმართ კარგად ადაპტაციის უნარით, მათ შორის ნიადაგის დაბინძურების მიმართ. დაბინძურების დონის შემცირებასთან ერთად შეიცვალა ტკიპების თანასაზოგადოების სტრუქტურა, გაიზარდა ისეთი ჯავშნიანი ტკიპების სახეობები, რომლებიც ხასიათდებიან შედარებით დიდი ზომით და დამახასიათებელია დაურღვეველი, ბუნებრივი ეკოსისტემებისათვის. დაბინძურების დონე შეაფასეს ეკოსისტემის ზედაპირის ერთეულზე ანთროპოგენური დაბინძურების დატვირთვის კუმულაციური ინდექსის საფუძველზე (I_{PLS}). აღმოჩნდა, რომ დაბინძურების ბიონდიკაციის საუკეთესო მახასიათებელი არის საფენისა და ნიადაგის ზედა ფენის საფენის ტკიპების სახეობების თანაფარდობა ეუედაფურ სახეობებთან ($R_{L/S}$). ამ დამოკიდებულების განსაზღვრისთვის გამოიყენეს ძალიან მარტივი განტოლება: $R_{L/S} = 4.84 - \ln(I_{PLS})$.

მეცნიერებმა ვაიგმანმა და კრაცმა შეისწავლეს დასავლეთ ბერლინის ურბანული რაიონებში ჰაერის დაბინძურების (SO_2) გავლენა ნიადაგში, ხავსზე და ხის ქერქში მოზინადრე ჯავშნიანი ტკიპებზე, როგორც ჰაერის დაბინძურების ბიონდიკატორებზე. შედარება ხდებოდა ურბანულ რეგიონებსა და ტყის ეკოსისტემების ორბიტიდურ ფაუნას შორის. დადგინდა, რომ ნიადაგის ორბიტიდები შეიძლება იყოს ნიადაგის დაბინძურების სასარგებლო ბიონდიკატორები შემდგომი კვლევებისთვის (Weigmann and Kratz, 1987).

რუმინეთში (ჰუნედოარის ჟუდეცი, ჰუნედოარა) შეისწავლეს ნიადაგის ტკიპები (Acari: Mesostigmata, Oribatida), როგორც ანთროპოგენური დაბინძურების ინდიკატორები. ნიადაგის ნიმუშები შეაგროვეს ნაყარების ხუთ ტრანსექტზე და განსაზღვრეს მძიმე მეტალების კონცენტრაცია (As, Cu, Pb, Ni, Mn და Zn), აბიოტურ (სიმაღლე, გარეგანი იერი, ნიადაგის ტემპერატურა, ნიადაგის ტენიანობა, ნიადაგის pH) და ბიოტური ფაქტორები (მცენარით დაფარულობა). კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ ზოგიერთი ჯავშნიანი ტკიპების გავრცელება სარწმუნოდ იყო დაკავშირებული მცენარეულ საფართან, ნიადაგის pH-თან და ნიადაგის ტენიანობასთან, თუმცა ასევე

მათ გავრცელებაზე გავლენას ახდენს მძიმე მეტალების კონცენტრაცია (Manu et al., 2019).

ჯავშნიანი ტკიპები ხშირად გამოიყენება გარემოს დაბინძურების ხარისხის ინდიკატორებად (Seniczak et al., 1997; Zaitsev and Van Straalen, 2001; Skubala and Kafel, 2004). ამ მხრივ გარემოს სტრესის ერთ-ერთი შესაძლო მაჩვენებელია გარეგანი ჩონჩხის სტრუქტურული მალფორმაციები. დასავლეთ ფინეთში (ჰარჯავალტა, 2007) შეისწავლეს Cu-Ni სადნობის საამქროს მიმდებარე ტერიტორია, სადაც ძირითადი დამაბინძურებლებია გოგირდის ოქსიდები და მძიმე მეტალები (განსაკუთრებით As, Cd, Cu, Ni, Pb და Zn). ჯავშნიანი ტკიპების ფაუნაში შეისწავლეს მათი ფეხის დეფორმაციები და გამოიყენეს, როგორც ინდიკატორები მძიმე ლითონის დაბინძურების ხარისხის და მჟავიანობის შესაფასებლად. მხოლოდ ერთმა სახეობამ – *Chamobates (Chamobates) cuspidatus* (Michael 1884) აჩვენა მზარდი ტენდენცია დაბინძურებასთან ერთად ფეხის ანომალიების თვალსაზრისით, თუმცა აშკარა იყო განსხვავებები სახეობებს შორის პროპორციებში. შესწავლილ სახეობებში ფეხის დეფორმაციები არ გამოდგა მძიმე მეტალებით დაბინძურების კარგი მაჩვენებელი და ივარაუდეს, რომ ეს ცვლილებები დაკავშირებულია ნიადაგში pH-ის სივრცით ცვალებადობასთან (Eeva and Penttinen, 2009).

ნიადაგის ანთროპოდები შეისწავლეს ჩიუაუსის უდაბნო საძოვრებში (Kay et al., 1999), როგორც გარემოს სტრესის ინდიკატორები. აღმოჩნდა, რომ ტკიპების რაოდენობა იზრდებოდა ძოვების შემცირებასთან ერთად.

ზოგიერთი მეცნიერის მიერ შემუშავებული და შემოთავაზებულია რამდენიმე ისეთი სისტემა, სადაც ორბატიდებს იყენებენ, როგორც ნიადაგის ხარისხის ბიოინდიკატორებს (Van Straalen and Verhoef, 1997; Behan-Pelletier, 1999; Van Straalen, 1998; Prinzing et al., 2002; Maraun, 2000; Maraun et al., 2003; Lindo and Visser, 2004; Caruso et al., 2007).

დოქტორმა ჯ. აოკმა 1983 წელს შექმნა “MGP Analysis”, ხოლო 1995 წელს შემოგვათავაზა “100 Oribatid Species” სისტემა, სადაც აღწერილია ორიბატიდული თანასაზოგადოებები და შედარებულია სხვა ბიოინდიკატორულ პროტოკოლებთან (Shimano, 2011). აოკი იყენებს ტერმინს „ბუნებრივობას“ და ხსნის ადამიანის ზემოქმედებას რამდენიმე გარემოს გრადიენტზე, დაწყებული ურბანული ბულვარის

ხეებიდან დასრულებული ხელუხლებელ ტყეებამდე. მიუხედავად იმისა, რომ ტერმინი „ბუნებრივობა“ გაურკვეველი ცნება იყო, ეს იდეა შესაძლოა ასახავდეს მცენართა სუქცესიურ პროცესს და ცვლილებას ჯავშნიანი ტკიპების ასოციაციებში. აქედან გამომდინარე, ჯავშნიანი ტკიპების, როგორც ბიონტიკატორების გამოყენება შეიძლება ასევე ეფუძნებოდეს ფაუნის ეტაპობრივ აღდგენას. მიუხედავად იმისა, რომ აოკი ზოგადად განიხილება ორბატიდის ტაქსონომისტად, მან ასევე შეიმუშავა მეთოდები ორბატიდების ბიოლოგიურ ინდიკატორებად გამოყენებისთვის. სამწუხაროდ, მის მიერ შემოთავაზებულმა ბიონდიკაციის მეთოდებმა საერთაშორისო ყურადღება არ მიიპყრო, რადგან ისინი ძირითადად იაპონურ ენაზე გამოიცა (Aoki, 1983; Aoki, 1995).

კოტ-დ'ივუარში (აფრიკა) ჯავშნიანი ტკიპები, როგორც გარემოს მდგომარეობის ბიონდიკატორები შეისწავლეს ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ, ღარიბ, ორგანული ნივთიერებების საშუალო და მცირე შემცველობის აგროეკოსისტემებში. Indicator Value (IndVal) პროგრამის საშუალებით გამოავლინეს ინდიკატორი სახეობები (N'Dri et al., 2016).

სტრალერმა და ვერჰოფმა შეიმუშავეს ბიონდიკატორის სისტემა ნიადაგის მჟავიანობის შესაფასებლად, რაც ეფუძნებოდა ნიადაგის ფებსახსრიანების მიერ სხვადასხვა pH-ის (2-დან 9-მდე) მქონე ნიადაგებზე დასახლების ტენდენციებს (Van Straalen and Verhoef, 1997).

ვაიგმანის მიერ ეკოლოგიური კლასიფიკაციისათვის გამოყენებულ იქნა „იზოვალენტური სახეობების ჯგუფები“, რომელიც მოიცავს მსგავსი ეკოლოგიური ვალენტობის მქონე სახეობებს. ეს ჯგუფები შეიძლება გამოყენებული იქნას ბიონდიკაციისთვის უფრო მასშტაბურად, ვიდრე ერთი ინდიკატორი სახეობების გამოყენება შეიძლება. „იზოვალენტური სახეობების ჯგუფები“ შემუშავებულია კნულეს მიერ (Knülle, 1957) ჯავშნიანი ტკიპებისათვის და მოგვიანებით გამოიყენეს სხვა ავტორებმაც (Moritz, 1963; Weigmann, 1997a).

ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით ურბანული, ინდუსტრიული და დარღვეული ეკოსისტემების ბიონდიკაციისა და სუქცესიური პროცესების მიმდინარეობის და ამ პროცესებში ნიადაგის უხერხემლოების როლის მიმართ შესწავლა საქართველოში დაიწყო მ. მურვანიძის კვლევების შედეგად.

2007-2009 წლებში ქ. თბილისის გარეუბნებიდან ცენტრისაკენ ურბანული გარემოს მდგომარეობის ბიონდიკაციის მიზნით შეისწავლეს უხერხემლო ცხოველების და მათ შორის ჯავშნიანი ტკიპების, როგორც ურბანული გარემოს ბიონდიკატორების ფაუნის ცელკეული ჯგუფების რიცხოვნობისა და ტაქსონომიური სტრუქტურის ცვლილებები. გრადიენტი მოიცავდა ბუნებრივ, ნახევრად ბუნებრივ და ურბანულ ეკოსისტემებს. როგორც მოსალოდნელი იყო, ქალაქის გარეუბნებიდან ცენტრისაკენ აღინიშნებოდა ნიადაგის ფაუნის თანდათანობითი გაღარიბება. ჯავშნიანი ტკიპების ფაუნის დეტალური ანალიზის შედეგად გამოიყო სახეობათა ჯგუფი, რომლებიც დამახასიათებელია მხოლოდ ბუნებრივი ეკოსისტემებისათვის, ჯგუფი, რომლებიც დამახასიათებელია მხოლოდ ურბანული ეკოსისტემებისათვის და ეკოლოგიური უბიქვისტი სახეობები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეხვდათ ყველა გამოკვლეულ ბიოტიკში. ნახევრად-ბუნებრივი ეკოსისტემების ნიადაგებისათვის სპეციფიკური სახეობები რეგისტრირებული არ ყოფილა. ზოგმა სახეობამ გამოამჟღავნა მკვეთრი სეზონური დამოკიდებულება და გვხვდებოდათ მხოლოდ გაზაფხულსა და შემოდგომაზე (მურვანიძე და სხვ., 2009; Murvanidze et al., 2011).

კონკრეტული ტერიტორიების ეკოლოგიური თავისებურებების აღწერისთვის ინდიკატორი სახეობების ჯგუფები ადრე გამოიყენებოდა საქართველოში ზოგიერთი არიდული (Murvanidze and Kvavadze, 2006) და ნოტიო (Murvanidze et al., 2011) ეკოსისტემებისთვის.

აღმოსავლეთ საქართველოში შესწავლილ იქნა ნახევრად უდაბნოს, სტეპისა და ნათელი ტყის ინდიკატორი ორიბატიდული თანასაზოგადოებები. ეკოლოგიური კლასიფიკაციისათვის გამოყენებულ იქნა „იზოვალენტური სახეობების ჯგუფები“. ამ მეთოდისა და კლასტერული ანალიზის საშუალებით (ინდიკატორული ღირებულებების არმქონე სახეობების გამორიცხვით) გამოვლინდა ნახევრადუდაბნოს, სტეპისა და ნათელი ტყეების ბიოცენოზებისათვის დამახასიათებელი სახეობები (Murvanidze and Kvavadze, 2006).

2.2 კარიერებზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით

უკანასკნელ ათწლეულებში გაიზარდა მსოფლიოს მეცნიერთა დაინტერესება ინდუსტრიული, დარღვეული და რეკულტივირებული ეკოსისტემების სუქცესიური პროცესებისა და ამ პროცესებში ნიადაგის უხერხემლო ცხოველთა სხვადასხვა ჯგუფების და მათ შორის ჯავშნიანი ტკიპების როლის მიმართ (Khalil et al., 2009; Skubala, 1997 a, b; 2002; Skubala and Gulvik, 2005; St. John et al., 2002).

სხვადასხვა ავტორები იკვლევდნენ ნიადაგის ფაუნის ცვლილებას საბადოების რეკულტივირებულ ტერიტორიებზე. კვლევები ჩატარებულია ქვანახშირის (Бабенко, 1982; Hutson, 1980; Luxton, 1982; Skubala, 1997 a,b; 1998 II), კირქვის (Andrés and Mateos, 2006), ხრემის (Eitminavichute and Umbrasiene, 1990; Matuseviciute, 2007), მინერალების და ისეთი მეტალების საბადოების ნაყარებზე, როგორებიცაა ნიკელი, რკინა, სპილენძი, თუთია, ტყვია (Bielska, 1983; Skubala, 1995; Skubala and Gulvik, 2005; St. John et al., 2002; Skubala and Ciosk, 1999; Skubala et al., 2014).

ჰუტსონი იკვლევდა ტკიპების კოლონიზაციას ქვანახშირის მადაროს ნაყარებზე (ნორტუმბერლენდი, ინგლისი). მიღებული შედეგებით დადგინდა, რომ მიუხედავად რეკულტივირებულ ნაკვეთებზე ექსტრემალური პირობებისა, ნიადაგის მიკროართროპოდებს შეუძლიათ დარღვეულ ნიადაგებში სწრაფად კოლონიზაცია (Hutson, 1980).

ბაბენკოს მიერ ჩატარებულმა გამოკვლევებმა (Бабенко 1980, 1982, 1984) აჩვენა, რომ ტულას (რუსეთი) ქვანახშირის საბადოების ტექნიკურად რეკულტივირებულ ტერიტორიებზე, ნიადაგში მცხოვრები მიკროართროპოდების (კოლემბოლების, ჯავშნიანი და გამაზოიდური ტკიპების) მრავალფეროვნება გაიზარდა, ხოლო არარეკულტივირებულ ტერიტორიებზე ნიადაგის ფაუნის სიღარიბემ გამოიწვია საფენის დაშლის პროცესების შენელება საბადოების ტყიან ნაწილებში.

ნიკელისა და სპილენძის მადაროს ტერიტორიის პოსტ-ინდუსტრიული სხვადასხვა ასაკის და სირთულის ნაყარების ნიადაგის ფაუნის შესწავლის (ონტარიო, კანადა) შედეგებმა აჩვენა, რომ ნიკელისა და სპილენძის საბადოების ტერიტორიების ხელოვნურმა აღდგენამ ხელი შეუწყო ნიადაგის ტკიპების მრავალფეროვნების გაზრდას (St. John et al., 2002), თუმცა ორიბატიდების და მეზოსტიგმატების

სახეობების მრავალფეროვნება მაინც ნაკლები იყო საბადოების ტერიტორიებზე, ვიდრე საკონტროლო ტერიტორიებზე.

ბიელსკას გამოკვლევებმა სილეზიის სამრეწველო აუზსა და კარკონოსისის ეროვნულ პარკში (პოლონეთი) გამოავლინა დარღვეული ეკოსისტემების ტიპური მახასიათებლები სახეობის მცირე რაოდენობით და მაღალი დომინირებით (Bielska, 1996). სილეზიას მაღაროში ასევე გამოიკვლიეს დარღვეული, სხვადახვა ასაკის ნაყარები (7, 10, 18-20 და 30 წლის ნაყარები) და რეკულტივირებული ტერიტორიების ჯავშნიანი ტკიპების ფაუნა და ახალი ნაყარების პიონერი თანასაზოგადოებების ფორმირება (Bielska, 1983 1, 2; Bielska and Paszewska, 1996).

პ. სკუბალა და მ. გულვიკი სწავლობდნენ ცხოველთა პიონერი თანასაზოგადოებების ფორმირებას პოსტ-ინდუსტრიული ნაყარების სუქსცესიის პირველი ეტაპზე - კოლონიზაციის ფაზაში. ვარაუდობდნენ, რომ კოლონიზაციის უნარის მქონე ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების ჯგუფი საკმაოდ დიდია (Skubala and Gulvik, 2005).

ი. ეიტმინავიჩუტემ და დ. უმბრასიენემ შეისწავლეს ხრემის რეკულტივირებული კარიერი ვერკშნიონისში (ლიტვა) და დაადგინეს, რომ მიკროართროპოდების რიცხვი განოყიერებულ ნიადაგში 7,4-14,2 - ჯერ აღემატება გაუნოყიერებელ ნიადაგებში რეგისტრირებულ მაჩვენებელს (Eitminavichute and Umbrasiene, 1990).

ა. მატუსევიჩუტემ კი აჩვენა, რომ ხრემის აღდგენილი კარიერების რეკულტივაცია საკანალიზაციო წყლებით ხელს უწყობს მიკროართროპოდების კომპლექსის სწრაფ სუქსცესიას და დასახლების სიმჭიდროვის მატებას (Matuseviciute, 2007).

პ. სკუბალას კვლევამ 70 წლიანი ნაყარისა და ძველ ნაყარზე აღმოცენებულ 100 წლიანი წიფლის ტყეებში მიმდინარე სუქსცესურ პროცესებზე აჩვენა, რომ ორიბატიდების სახეობების რაოდენობა, მრავალფეროვნება და განაწილება იზრდება ნაყარის ასაკის ზრდასთან ერთად. ნაყარებზე მაღალი რიცხოვნობით შეხვდათ შემდეგი სახეობები: *Tectocephus velatus* (Michael, 1880), *Scutovertex sculptus* Michael, 1879, *Protoribates capucinus* Berlese, 1908, *Achipteria coleoptrata* (Linnaeus, 1758), *Eupelops tardus* (Koch, 1835) და *Pilogalumna allifera* (Oudemans, 1919) (Skubala, 1999).

საქართველოში უხერხემლო ცხოველების კოლონიზაცია პოსტ-ინდუსტრიულ ნაყარებზე გამოკვლეული იქნა ჭიათურმანგანუმის საბადოების ტერიტორიებზე (Murvanidze et al., 2013). კვლევამ გვიჩვენა, რომ პოსტ-ინდუსტრიულ ნაყარებზე აქტიურად მიმდინარეობს ნიადაგის ფორმირების პროცესები. ახალი ჰაბიტატების ძირითადი კოლონიზატორები იყვნენ *Punctoribates punctum* (Koch, 1839), *Scheloribates laevigatus* (Koch, 1835), *Scheloribates latipes* (C.L. Koch, 1844) და *Tectocepheus velatus sarekensis* Trägårdh, 1910. ეს სახეობები დიდი სიმჭიდროვით გვხვდებოდნენ ნაყარებზე, ხოლო ტყის და მდელოს ბუნებრივ ეკოსისტემებში მათი ინდივიდების რიცხოვნობა იკლებდა. აღინიშნა, რომ ინდუსტრიულ ნაყარებზე მიმდინარეობს ნიადაგის აღდგენითი პროცესები. ჯავშნიანი ტკიპების კოლონიზაციის მიმართულება განისაზღვრა ტყეებიდან მინდვრის გავლით ნაყარებისკენ.

საქართველოში უხერხემლოთა გამოკვლევები ასევე ჩატარდა კაზრეთის პოლიმეტალების საბადოებზე, სადაც შესწავლილი იყო მძიმე მეტალების კონცენტრაციის გავლენა ნიადაგის უხერხემლოთა ფაუნაზე. კვლევამ აჩვენა, რომ სპილენძის კუდსაცავების კოლონიზაციას ართულებს მძიმე მეტალების გაზრდილი კონცენტრაცია, რაც აისახება ნიადაგის ღარიბ ფაუნაში იმ სახეობების სიჭარბით, რომლებიც მეტად უძლებენ სტრესულ გარემო პირობებს და არ გააჩნიათ საარსებო გარემოსადმი სპეციფიკური მოთხოვნები (Murvanidze et al., 2014).

თემის აქტუალობიდან გამომდინარე კომპანია „ჰეიდელბერგემენტ ჯორჯია“ ყოველწლიურად აცხადებს კარიერების ბიომრავალფეროვნების კონკურსს (<http://www.quarrylifeaward.com>), რომლის მიზანია ხელი შეუწყოს კარიერების ბიომრავალფეროვნების კვლევასა და მათ რეაბილიტაციას. სწორედ აღნიშნული კონკურსის ფარგლებში დააფინანსა პროექტი „ნიადაგის ფეხსახსრიანთა მრავალფეროვნება და კარიერების რეაბილიტაცია“. პროექტის ფარგლებში შესწავლილ იქნა გარდაბნის თიხისა და კავთისხევის კირქვის კარიერებზე დარღვეული ეკოსისტემების აღდგენითი პროცესები ნიადაგის უხერხემლოთა კოლონიზაციის მიერ. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ გარდაბნის აღდგენილ კარიერებზე ნიადაგის ფაუნა საკმაოდ მრავალფეროვანი და მრავალრიცხოვანია, რაც ამ ტერიტორიებზე ნიადაგის აღდგენითი პროცესებზე მიუთითებს. ასევე სახეობის

მრავალფეროვნება და დასახლების სიმჭიდროვე მაღალი იყო კავთისხევის უბველესი კარიერის ნიადაგში, რაც მიუთითებს ნიადაგის აღდგენის აქტიურ პროცესებზე მიტოვებულ კარიერებზე (Murvanidze and Todria, 2015). გამოკვლევები ასევე ჩავატარეთ კასპის თიხის კარიერზე, რომლის შედეგები ასახულია წინამდებარე ნაშრომში (Todria et al., 2019)

2.3 პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე

სოფლის მეურნეობაში სისტემური პესტიციდების ინტენსიური გამოყენება საყოველთაოდ მიღებული პრაქტიკაა. სინთეზური პესტიციდების ჯავშნიანი ტკიპების ფაუნაზე გავლენის შესასწავლად გამოკვლევები ჩატარებულია მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში, თუმცა ინფორმაცია მაინც მწირია (Adamski et al., 2009; Padmavathy and Gopalswamy, 2013).

პესტიციდები შერჩევით გავლენას ახდენს ნიადაგის უხერხემლოთა ჯგუფებზე, მათ შორის ორიბატიდებზეც. აღმოჩნდა რომ ჯავშნიანი ტკიპები არ არიან მგრძობიარენი ზოგიერთი ინსექტიციდის მიმართ, მაგალითად ქლორპირიფოსი (Stark, 1992) დადებითად მოქმედი პესტიციდია (Broadbent and Tomlin, 1979), ხოლო უარყოფითად მოქმედი პესტიციდია აზადირაქტინი (Stark, 1992), აგრეთვე, სპილენძის დაბალი შემცველობის, 2,4,6-ტრინიტროტოლუენი და პ-ნიტროფენოლი (Parmelee et al., 1993). ცხადია, რომ, ისევე როგორც გარემოს სხვა დაზიანების შემთხვევაში, ცალკეული ორიბატიდების სახეობები შერჩევით რეაგირებენ პესტიციდებზეც (Smith et al., 1980; Streit, 1984; Al-Assiuty and Khalil, 1995). ზოგიერთი ნაშრომში აღწერილია ნიადაგის უხერხემლო ფაუნის რიცხოვნობის შემცირება, რომელიც გამოწვეულია სხვადასხვა პესტიციდების ზემოქმედების შემდეგ (Chakravorty et al. 1995; Joy and Chakravorty 1991; Vig et al. 2006), თუმცა, ინფორმაცია პესტიციდების ტოქსიკურობის შესახებ ჯავშნიან ტკიპებზე და ნიადაგის ფაუნის სხვა წარმომადგენლებზე მაინც მცირეა, განსაკუთრებით საველე პირობებში (Van Straalen and Van Rijn, 1998).

თითქმის ყველა ავტორი, რომლებიც იკვლევდნენ სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის გავლენას ჯავშნიან ტკიპებზე, აღნიშნავენ, რომ ნიადაგის დამუშავება უარყოფითად მოქმედებდა ორიბატიდების თანასაზოგადოებაზე: შემცირდა მათი რიცხოვნობა და მრავალფეროვნება (Hülsman and Wolters, 1998). ამის მიზეზად შეიძლება მივიჩნიოთ ნიადაგის თვისებების ცვლილება და ჯავშნიანი ტკიპების მახასიათებლებიც. აგრარული ჩარევა შეიძლება იყოს მრავალფეროვანი: მაგ. ჰერბიციდების და პესტიციდების გამოყენება, ხვნა, მორწყვა, მოსავლის აღება და მცენარის ნარჩენების დაწვა ან შეგროვება მოსავლის აღების შემდეგ. ეს ცვლის ნიადაგის თვისებებს ზედა ფენის გაუარესების, გამოშრობის, ჰაბიტატის

მოდულიკაციისა და საკვები ნივთიერებების ხელმისაწვდომობის გაუარესების გზით (Hülsmann and Wolters, 1998; Neave and Fox, 1998; Fox et al., 1999, Bedano et al., 2005).

ეგვიპტეში (მონუფიის მუჰაფაზა, ტალა) ბამბის პლანტაციებში ნიადაგის დამუშავება ხდებოდა ორი ინსექტიციდით – კუტაბრუნი და სომიალფა (აქტიური ინგრედიენტები: პროფენოფოსი, ქლორფლუაზურონი და ფენვალერატი). დამუშავებულ სამ მომიჯნავე ნაკვეთებსა და შეუწამლავ, საკონტროლო ტერიტორიაზე ჩატარებული კვლევებით დადგინდა, რომ ჯავშნიანი ტკიპების ორი სახეობა *Oribatula (Zygoribatula) exarata* Berlese, 1916 და *Xylobates capucinus* (Berlese, 1908) კარგი ბიოინდიკატორები არიან პესტიციდებით დამუშავებული ნაკვეთებისათვის. ზოგიერთმა ინსექტიციდმა გამოიწვია მნიშვნელოვანი უარყოფითი ზეგავლენა სახეობა *Scheloribates laevigatus* (C.L. Koch, 1835) რიცხოვნობაზე. თუმცა, სახეობამ *Acrotritia ardua* (C.L. Koch, 1841) გამოიჩინა მდგრადობა გამოყენებული პესტიციდების მიმართ (Al-Assiuty and Khalil, 1995).

ინდოეთში (პონდიშერი) მეცნიერებმა შეადარეს ბიოპესტიციდებისა და სინთეზური პესტიციდების ზეგავლენა ნიადაგის არასამიზნე ართროპოდებზე (Coleoptera, Collembola, Arachnida/Opiliones, Oribatida, Gamasida) ორგანულ და ჩვეულებრივ ნიადაგში. კვლევამ აჩვენა, რომ ორგანულ ნიადაგებში ბიოპესტიციდების გამოყენებისას არასამიზნე ართროპოდების სახეობრივი რიცხოვნობა მნიშვნელოვნად არ იცვლება, მაშინ როცა ჩვეულებრივ ნიადაგებში სინთეზური პესტიციდების გამოყენება თვალსაჩინოდ ამცირებს მათ რიცხოვნობას (Padmavathy and Gopalsamy, 2013).

დანიელი მეცნიერი კროგი 6 წლის განმავლობაში (მოლსი, 1984–1990) იკვლევდა ორი სახის პესტიციდის - ფუნგიციდი იზოფენფოსის (დასაშვები დოზის ერთჯერადად შეტანა) და ინსექტიციდი ბენომილის (დასაშვები დოზის ექვსჯერადად შეტანა) პირდაპირ და არაპირდაპირ ზეგავლენას მიკროათროპოდების პოპულაციაზე ხუთ საკვლევ ტერიტორიაზე: კონტროლი, დამუშავებული კონტროლი, ფუნგიციდიანი, ინსექტიციდიანი და დამუშავებული ინსექტიციდიანი. კვლევის შედეგებმა აჩვენა ნიადაგის ართროპოდების რიცხოვნობის მკვეთრი შემცირება პესტიციდებით შეწამლულ ნაკვეთებზე (Krogh, 1991).

პესტიციდების მანკოზებისა და დიფლუბენზურონის ზეგავლენას ნიადაგის მიკროართროპოდებზე სწავლობდა რამდენიმე პოლონელი მეცნიერი (პოზნანი, 2009) ექვსი თვის განმავლობაში. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე პესტიციდების შეყვანის შემდეგ ნიადაგის ტკიპების და ნიადაგის სხვა ართროპოდების რიცხოვნობა მნიშვნელოვნად არ შეცვლილა საკონტროლო ტერიტორიასთან შედარებით და მათი რიცხოვნობის ცვლილება უფრო მეტად დამოკიდებული იყო კლიმატის სეზონურ ცვლილებებზე (Adamski et al., 2009).

ბრიტანეთის კოლუმბიაში (შერიდან კრიკის სასწალო ტერიტორია) მკვლევარები იკვლევდნენ სასუქების ზეგავლენას ნიადაგის ბიოტაზე. აღმოჩნდა, რომ სასუქებით გამდიდრებულ ნიადაგში ტკიპების (კერძოდ ორიბატიდა და პროსტიგმატა) რაოდენობა საკონტროლო ტერიტორიასთან შედარებით იყო უფრო მაღალი. ეს დინამიური ცვლილებები ნიადაგის ბიოტაში, როგორც ჩანს, ასახავს ცვლილებებს მცენარეთა საზოგადოებაში განოყიერების საპასუხოდ (Berch et al., 2006).

საფრანგეთში (ნორმანდიის რეგიონი, კალვადოსი) სწავლობდნენ ნათესში ჰერბიციდების, ინსექტიციდების, ფუნგიციდების ზემოქმედებას ნიადაგის მიკროართროპოდებზე, მათ შორის ჯავშნიან ტკიპებზე. მიკროართროპოდების რიცხოვნობის შემცირებაზე უფრო მეტი გავლენა მოახდინა ნიადაგის მოხვნამ, ვიდრე პესტიციდებით დამუშავებამ (Cortet et al., 2002 b).

1989 წელს იტალიელმა შეისწავლეს მიკროართროპოდების პოპულაცია იონჯას ნათეს მინდორში, რომელიც დამუშავებული იყო შემდეგი ორგანული სასუქებით: ფრინველის ნაკელი, ცხვრის ნაკელი, ჭიების კომპოსტი, ურბანული შლამი, ჩალა და ცირცელის მწვანე სასუქი. ასევე გამოყენებულ იქნა მინერალური სასუქების ორი განსხვავებული დოზა. ექსპერიმენტი ჩატარდა რანდომიზებულ ბლოკურ საველე ნაკვეთებზე ორ მიმდებარე ტერიტორიაზე, რომელთაგან ერთს დაწვიმებით რწყავდნენ. მორწყვა დიდ გავლენას ახდენდა ორგანული და მინერალური სასუქების გავლენაზე მიკროართროპოდების სიმჭიდროვეზე. შედეგმა აჩვენა, რომ ორგანული და მინერალური სასუქების მოქმედება მიკროართროპოდებზე დამოკიდებულია როგორც სასუქის ტიპზე, ასევე მიკროართროპოდების ტაქსონომიურ ჯგუფებზე. საერთო ჯამში, ორგანული სასუქებით დამუშავებულ ნიადაგში მათი რიცხოვნობა შესამჩნევად იზრდება (Fratello et al., 1989).

1971 წელს რუსეთში, პერმსკის ოლქში გამოიკვლიეს სამი პესტიციდის - სევინის, კარბოფოსისა და დიკრეზილის ზემოქმედება ნიადაგის უხერხემლოთა ფაუნაზე, მათ შორის ჯავშნიან ტკიპებზე. ნიადაგის პესტიციდ სევინით ერთჯერადი დამუშავებისას ჯავშნიანი ტკიპების რიცხოვნობა საკვლევ ნიადაგში შესამჩნევად შემცირდა საკონტროლო ტერიტორიასთან შედარებით. მათი რიცხოვნობის აღდგენა თავდაპირველ მდგომარეობამდე მოხდა ერთი წლის შემდეგ. ანალოგიური მოქმედებით ხასიათდება პესტიციდი კარბოფოსი. დიკრეზილი ტოქსიკური აღმოჩნდა კოლემბოლებისთვის, ხოლო ჯავშნიან ტკიპებზე მისი მოქმედება სახეობა-სპეციფიკური იყო: 94%-მდე შემცირდა შემდეგი სახეობების რიცხოვნობა: *Tectocephus velatus* (Michael, 1880), *Fuscozetes fuscipes* (C.L. Koch, 1884) *Liacarus moraviacus* Willmann, 1954 ჯავშნიანი ტკიპების სხვა ზოგიერთი სახეობის - *Oppia fallax* var. *obsoleta* Paoli, *Oribatula (Oribatula) tibialis* (Nikolet, 1855) რიცხოვნობა კი გაიზარდა 3-5-ჯერ (Воронова, 1971).

ნიგერიაში (პორტი ჰარკურტი) პესტიციდების გავლენას ნიადაგის მიკროართროპოდებზე (Collembola, Oribatida, Gamasida) სწავლობდნენ სამი თვის განმავლობაში და დაადგინეს რომ ნიადაგის pH, სიღრმე და პესტიციდების კონცენტრაციები არის ის მნიშვნელოვანი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ნიადაგში მიკროართროპოდების სიმჭიდროვეზე (Imafidor and Wonodi, 2015).

დიტენ M-45 გავლენა (დიითიოკარბამატის ფუნგიციდი; აქტიური ნივთიერება: მანკოზები) შესწავლილი იქნა მკვდარი მერქნის ბინადარ მიკროართროპოდების ფაუნაზე. მიუხედავად იმისა, რომ ზემოქმედება თითქმის არასოდეს ყოფილა 100% ლეტალური დაკვირვებული ტაქსონების უმრავლესობისთვის (Acari: Mesostigmata, Oribatida, ზოგიერთი Uropodina, Actinedida, Collembola და Diplopoda) აჩვენა ძალიან მაღალი კორელაცია ფუნგიციდის კონცენტრაციასა და სიკვდილიანობას შორის ($r > 0,86$) (Adamski et al., 2007).

ნიგერიის პორტ ჰარკურტის უნივერსიტეტში საექსპერიმენტო ნაკვეთზე ორი ჰერბიციდის – გლიფოსატის და მულტრაზინის გამოყენებამ (2011 წლის აგვისტოდან დეკემბრამდე) მნიშვნელოვნად შეამცირა ნიადაგის მიკროართროპოდების (ტკიპები და კოლემბოლები) რიცხოვნობა და მრავალფეროვნება (Mohammed et. al., 2017).

ტირიფის ნარგაობაში სარეველების წინააღმდეგ გამოიყენეს რამდენიმე ჰერბიციდი (აზაფენიდინის, ოქსიფტორფენის და იმაზაკინ-პენდიმეტალინის ნარევი), რადგან შესწავლათ მათი გავლენა ნიადაგის ტკიპების თანასაზოგადოებაზე (გამაზიდა და ორიბატიდა). ჰერბიციდებმა ყველაზე მეტად უარყოფითი გავლენა მოახდინა ორიბატიდების სიმჭიდროვეზე და სახეობრივ შემადგენლობაზე. ჯავშნიანი ტკიპების ორი სახეობა - *Sellnickochthonius immaculatus* (Forsslund, 1942) და *Liochthonius lapponicus* (Trägårdh, 1910) რიცხოვნობა მნიშვნელოვნად შემცირდა ჰერბიციდებით დამუშავებულ ნარგაობაში. ჰერბიციდები, როგორც ჩანს, ამცირებს ტკიპების მრავალფეროვნებას და ცვლის თანასაზოგადოების სტრუქტურას, მაგრამ ისინი ყოველთვის არ ახდენენ გავლენას მათ რიცხოვნობაზე. ივარაუდეს, რომ ორიბატიდების მგრძობელობა ჰერბიციდების მიმართ შეიძლება ასახავდეს ჰერბიციდების არაპირდაპირ ზემოქმედებას ნიადაგის მიკროფლორაზე (Minor and Norton, 2008).

საქართველოში (კავკასიის რეგიონში) პესტიციდების გავლენის შესწავლა ნიადაგის ფაუნაზე თავდაპირველად დაიწყო საგარეჯოს რაიონის სოფ. პატარძელში (კახეთის მხარე) საკარმიდამო ნაკვეთზე (2016–2017), რომელზეც ბოლო 20 წლის განმავლობაში აგრარული სამუშაოები არ ჩატარებულა. კვლევა მოიცავდა პესტიციდების და ღრმა მოხვნის ზემოქმედების შესწავლას ნიადაგის უხერხემლოთა არასამიზნე ფაუნაზე, მათი გავლენის შესწავლას ნიადაგის ეკოსისტემების ფუნქციონირებაზე (Murvanidze et. al., 2019). მიღებული შედეგები ასახულია წინამდებარე ნაშრომში.

2.4 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით

ფართოდაა აღიარებული ნიადაგის მიკროართროპოდების მრავალფეროვნების ფუნქციური მნიშვნელობა არიდულ ეკოსისტემებში (Walter, 2019; Whitford and Parker, 1989; Elkins and Whitford, 1982; Whitford, 1996; Bardgett and Cook, 1998; Bayartogtokh, 2005; Schatz, 2018). ამ ტიპის ეკოსისტემებში ნიადაგის მიკროართროპოდების თანასაზოგადოებების შემადგენლობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება სხვა ეკოსისტემების ნიადაგებისაგან როგორც სივრცული, ისე დროში განაწილებით (Roy and Roy, 2006; Uthappa and Devakuma, 2020). თანასაზოგადოებების სივრცულ განაწილებაზე, სიმრავლესა და სახეობრივ შემადგენლობაზე გავლენას ახდენს ნიადაგის ტემპერატურა, ტენიანობა და ტექსტურა, მცენარეულობის ტიპი და ბუნებრივი და ანთროპოგენური დარღვევები (Santos et al., 1978; MacKay et al., 1986; Whitford et al., 1988; Cepeda-Pizarro and Whitford, 1989a, b, c; Silva et al., 1989; Whitford, 1989; Paoletti, et al., 2007).

კვლევებით დადასტურებულია, რომ ნიადაგის ტენიანობა (წყლის შემცველობა) ერთ-ერთი გადამწყვეტი ფაქტორია, რომელიც ზეგავლენას ახდენს ნიადაგის მიკროართროპოდების ცხოვრების ნირზე, მათ მოსწონთ მაღალი ტენიანობის მქონე ჰაბიტატები და მგრძნობიარენი არიან გვალვის მიმართ (Trueba et al., 1999; Badejo and Akinwale, 2006; Noti et al., 2003; Tsiafouli et al., 2005; Lindo and Winchester, 2006; Lindberg et al., 2002). თუმცა, აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მელამუდის და სხვა მეცნიერების კვლევამ (Melamud et al., 2007) აჩვენა ისრაელში კარმელის მთის მასივის ტრანსექტაზე სახეობების მზარდი სიმდიდრის კორელაცია ტენიანობის გრადიენტის დაცემასთან. ხმელთაშუა ზღვის ზოგიერთ უბანზე ჩაატარეს მოკლევადიანი მანიპულაციური კვლევები, გამოიყენეს რა მორწყვისა და გაშრობის სხვადასხვა მეთოდები. შედეგებმა აჩვენა, რომ გვალვამ შეამცირა ორიბატიდების და კოლემბოლების თანასაზოგადოებების სახეობების სიმდიდრე (ინდივიდების რაოდენობაში განსხვავებები არ იყო მნიშვნელოვანი), ხოლო ირიგაციამ გაზარდა ორივე ჯგუფის მრავალფეროვნება. ეს ფენომენი შესაძლოა გამოწვეული იყოს იშვიათი სახეობების ირიგაციის შემდეგ გამრავლებით (Tsiafouli et al., 2005).

ლინდბერგი და სხვა მეცნიერების კვლევებში (Lindberg et al., 2002; Lindberg and Bengtsson, 2006) ჩამოთვლილია ჯავშნიანი ტკიპების მაღალი მგრძობიანობის რამდენიმე სავარაუდო მიზეზი: სიცოცხლის ზოგიერთ ეტაპზე ისინი ძალიან მგრძობიარენი არიან გვალვის მიმართ, შედარებით დიდი ზომის სახეობებს არ შეუძლიათ ჩასვლა ნიადაგის სიღრმეში, ამიტომ მათ აქვთ დაბალი დისპერსიის უნარი. გარდა ამისა, ბიომასა და სოკოების მრავალფეროვნება ასევე მცირდება გვალვიანობასთან ერთად, სოკოები კი წარმოადგენენ საკვების ძირითად წყაროს ჯავშნიანი ტკიპების მრავალი სახეობისთვის. უფრო მეტიც, ზოგიერთი სახეობის კვერცხდება დაკავშირებულია სპეციალურ სოკოებთან (Hågvar, 1998, Lindberg et al., 2002). ლინდბერგმა და ბენგტსონმა აღწერეს განსხვავებები ორიბატიდების ჯგუფებს შორის გვალვის ტოლერანტობასთან მიმართებაში. სქესობრივი რეპროდუქციის მქონე სახეობებს და ნაკლებად გავრცელებულ სახეობებს აქვთ გვალვისადმი უკეთესი ტოლერანტობის უნარი, ვიდრე გენერალისტ და პართენოგენეზურ სახეობებს (Lindberg and Bengtsson, 2005).

უდაბნოს სახეობებისთვის კი აღმოჩნდა, რომ ნიადაგის ხელოვნურად გაზრდილი ტენიანობა არ ახდენდა გავლენას ორიბატიდების თანასაზოგადოებებზე (Cepeda-Pizarro et al., 1996).

რამდენიმე კვლევაშია ნახსენებია გვალვის მიმართ ტოლერანტული ან მგრძობიარე სახეობები. ნაშრომებში დასახელებულია სახეობები *Zygoribatula exilis*, (Lindberg et al., 2002), *Chamobates borealis* და *Tectocephus velatus* რომლებიც უძლებენ გვალვის ძლიერ ზემოქმედებას, ხოლო *Disshorina ornata* ხასიათდება, როგორც გვალვაგამძლე სახეობა (Taylor and Wolters, 2005). სქესობრივი გამრავლების და ვიწრო ჰაბიტატისადმი სპეციფიკური სახეობები უფრო ტოლერანტული არიან გვალვის მიმართ (Lindberg and Bengtsson, 2005) ვიდრე დიდი ზომის სახეობები, რომლებიც ცხოვრობენ ნიადაგის ზედაპირზე ან საფენში (Lindberg et al., 2002) და ის სახეობები, რომლებსაც კოლონიზაციის ნელი ტემპი ახასიათებთ (Taylor and Wolters, 2005). ზოგიერთ ნაშრომში ნაჩვენებია (Walter and Proctor, 2013, Taylor et al., 2002, Taylor and Wolters, 2005), რომ ზრდასრულ ინდივიდებს შეუძლიათ გაუძლონ წყლის შემცველობის ფართო დიაპაზონს, მაგრამ ნიმფები საკმაოდ მგრძობიარენი არიან გვალვის მიმართ (Taylor and Wolters, 2005). ამავე კვლევის მიხედვით, წყლის

შემცველობა პირდაპირ გავლენას არ ახდენს ორბატიდებზე, ხოლო გვალვა ახდენს მის ზემოქმედებას სოკოების და მიკრობების მეშვეობით, რომლებიც ჯავშნიანი ტკიპების საკვებს წარმოადგენენ. ამრიგად, გვალვისადმი მგრძობელობა ეფექტს ახდენს საკვების შეზღუდვის გზით.

ნახევრადმშრალ რეგიონებში წყლის დეფიციტი მოითხოვს მორწყვის ალტერნატიულ წყაროებს სოფლის მეურნეობის წარმოების გასაუმჯობესებლად. წყლის ეფექტის გავლენა ნიადაგის მეზოფაუნის სტრუქტურაზე შეისწავლეს მშრალ და წვიმიან სეზონზე მზესუმზირის და აბუსალათინის მინდვრებში ბრაზილიის ნახევრადმშრალ რეგიონში. ნაკვეთებზე გამოყენებული იყო სამი ტიპის სარწყავი სისტემა: წარმოებული წყალი დამუშავებული ფილტრაციით (გაფილტრული), დამუშავებული უკუ ოსმოსით (უკუ ოსმოსი) და გრუნტის წყლები. მიუხედავად იმისა, რომ მთლიანი ფაუნის რიცხოვნობა და სიმდიდრე არ განსხვავდებოდა სეზონებს შორის მზესუმზირის ნაკვეთებში, შეიცვალა თანასაზოგადოება. აბუსალათინის ნათესში მეზოფაუნის სიმრავლე, სიმდიდრე და თანასაზოგადოებები, რომელიც დაფიქსირდა წარმოებული წყლით მორწყულ ნაკვეთებზე, განსხვავდებოდა იმ ნაკვეთების ფაუნისაგან, სადაც გრუნტ წყლებს იყენებდნენ. წარმოებული წყლით მორწყვა ხელს უწყობს ნიადაგის ფაუნის თანასაზოგადოებაში მნიშვნელოვან ცვლილებებს, რაც ამართლებს მათ შეფასებას აგროეკოსისტემების მოვლა-პატრონობისა და მონიტორინგისთვის (Ferreira et al., 2005)

კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების შესასწავლად ნიადაგის მიკროართროპოდების თანასაზოგადოებებზე კვლევები დაიწყო 2005 წლიდან, როგორც გრძელვადიანი მრავალფაქტორიანი მანიპულაციური ექსპერიმენტის ნაწილი, რათა შეესწავლათ ნიადაგის მიკროართროპოდების რეაქცია გაზრდილ ტემპერატურასა და ნალექებზე მონღოლეთის პლატოს ნახევრად მშრალ ზომიერ სტეპში. ექსპერიმენტულმა დათბობამ ოდნავ უარყოფითი, მაგრამ უმნიშვნელო გავლენა მოახდინა ტკიპების (-14,6%) და კოლემბოლების (-11,7%) რიცხოვნობაზე. გაზრდილმა ნალექმა კი მნიშვნელოვნად გაზარდა ტკიპებისა და კოლემბოლას რიცხოვნობა 117 და 45,3%-ით. ნალექების გაზრდა იწვევს ნიადაგის მიკროართროპოდების სიმრავლის სტიმულირებას მათ საკვებ რესურსებზე (მცენარეები და მიკრობები) და ჰაბიტატზე ზემოქმედებით. აქედან გამომდინარე,

ნიადაგის მიკროართროპოდების რეგულირებაში კლიმატის ცვლილებების საპასუხოდ უფრო მნიშვნელოვანია საკვები რესურსების ხელმისაწვდომობა, ვიდრე აბიოტური ფაქტორები (ტემპერატურა და წყლის ხელმისაწვდომობა) (Wu et. al., 2014). სხვა კვლევითაც დადასტურდა, რომ ტენიანობა, ნიადაგის ტიპი, pH, C:N თანაფარდობა, საკვები ნივთიერებების კონცენტრაცია და სხვა ფაქტორებმა შეიძლება გამოიწვიონ გაზრდილი რიცხოვნობა ან შემადგენლობის ცვლილებები ორბატიდების თანასაზოგადოებებში (Bayartogtokh, 2005).

სიმულირებული გვალვის ზემოქმედება ნიადაგის მიკროართროპოდების (Collembola და Oribatida და Meso-, Pro- და Astigmata) რიცხოვნობასა და თანასაზოგადოების შემადგენლობაზე შეისწავლეს ზამთრის ხორბლის მინდვრებში გრძელვადიანი ჩვეულებრივი და ორგანული მეურნეობის პირობებში DOK - საცავებში (შვეიცარია). გვალვის სიმულაცია მოახდინეს ატმოსფერული ნალექების 65%-ის გამორიცხვით ხორბლის ზრდის სეზონის განმავლობაში 2017 წლის მარტიდან ივნისამდე. კუდფეხებისა და ჯავშნიანი ტკიპების რაოდენობა უფრო თანმიმდევრულად შემცირდა ჩვეულებრივად მართულ მინდვრებში, ვიდრე ორგანულად მართულ მინდვრებში სიმულაციური გვალვის პირობებში. კოლემბოლების, ისევე როგორც მეზო-, პრო- და ასტიგმატების რიცხოვნობა, მაგრამ არა ორბატიდების, გაიზარდა ნიადაგის ღრმა ფენებში სიმულირებული გვალვის გამო, რაც შესაძლოა გამოეწვია მათ ვერტიკალურ მიგრაციას, როგორც გვალვის თავიდან აცილების სტრატეგიას. ივარაუდეს, რომ ორგანული მეურნეობა აფერხებს გვალვის უარყოფით ეფექტებს ნიადაგის მიკროფუნქსიონებზე, სავარაუდოდ, ნიადაგის ნახშირბადის მაღალი შემცველობის, ნიადაგის მაღალი ტენიანობის და ნიადაგის გაუმჯობესებული სტრუქტურის გამო. ორგანული მეურნეობის სისტემების ეს პოტენციური ნიადაგის ბიომრავალფეროვნებაზე მომავალი გვალვების შედეგების შესამცირებლად იმედისმომცემია და საჭიროებს შემდგომ კვლევას უფრო დიდ კლიმატურ და სივრცულ მასშტაბებში და უნდა გავრცელდეს ნიადაგის ბიოტას სხვა ჯგუფებზე (Meyer et. al., 2021).

კლიმატის ცვლილებებზე ნიადაგის მიკროართროპოდების რეაგირების უკეთ გაგება ხელს შეუწყობს ხმელეთის ეკოსისტემების მომავალი მდგომარეობის პროგნოზირებას. ნიადაგის ტემპერატურისა და ტენიანობის შემცველობის

კონტროლის გათვალისწინებით მათი კვებისა და განვითარების სიჩქარეზე, კლიმატის ცვლილებამ შეიძლება ძლიერი გავლენა იქონიოს ნიადაგის მიკროფუნქსიონების რიცხოვნობასა და საერთო სტრუქტურაზე (Kaneda and Kaneko, 2008). წინა კვლევებმა აჩვენა, რომ კლიმატის დათბობა და ნალექების რეჟიმების შეცვლამ შეიძლება პირდაპირ იმოქმედოს ნიადაგის მიკროართროპოდების რიცხოვნობაზე (Arnold et al., 1999; Wardle et al., 2004). დადასტურებულია, რომ კლიმატის დათბობა და ნალექების რეჟიმების შეცვლა გავლენას ახდენს მცენარეთა პროდუქტიულობაზე (Rustad et al., 2001; Lin et al., 2010) და ნიადაგის მიკრობული ბიომასისა და საზოგადოების სტრუქტურაზე (Zhang et al., 2005; Weixing et al., 2009). ამრიგად, ნიადაგზე კლიმატის ცვლილების პირდაპირი და არაპირდაპირი ზემოქმედების გარკვევისას, მიკროართროპოები დაგვეხმარებიან მექანიკურად გავიგოთ ნიადაგის ფაუნის რეაქცია კლიმატის ცვლილებთან მიმართებაში.

კლიმატის ცვლილების ზემოქმედება ნიადაგის მიკროართროპოდებზე საკამათო საკითხად რჩება (Wardle et al., 2004). ექსპერიმენტული დათბობა მცირე ან თუნდაც უარყოფით გავლენას ახდენს ნიადაგის მიკროფუნქსიონებზე, მაგრამ ნიადაგის წყლის ხელმისაწვდომობის შეცვლა მანიპულირებული გვალვისა და მორწყვის გზით ძლიერ გავლენას ახდენს ნიადაგის მიკროფუნქსიონებზე (Convey et al., 2002, 2003; Kardol et al., 2011). როგორც დათბობის, ასევე ნიადაგის წყლის ხელმისაწვდომობის ცვლილების შედეგები ძირითადად გამოწვეულია ნიადაგის წყლის სტრესის გამწვავებით ან შემსუბუქებით და განსხვავდება ეკოსისტემის ტიპების მიხედვით. ზოგადად, ნიადაგის მიკროართროპოდების დათბობით გამოწვეული შემცირება, სავარაუდოდ, მოხდება უფრო ცივი და მშრალი კლიმატის მგონე ადგილებში, მაშინ როცა ნიადაგის მიკროართროპოდების სტიმულაცია ნალექის გაზრდით ხშირად შეინიშნება მშრალ კლიმატის მქონე რეგიონებში (Blankinship et al., 2011). გარდა ამისა, კლიმატის ცვლილების მანიპულირებული ფაქტორების ზემოქმედება ნიადაგის მიკროართროპოდებზე იცვლება ექსპერიმენტული „მკურნალობის“ ხანგრძლივობისა და მიმართულების მიხედვით (Blankinship et al., 2011). ამრიგად, ნიადაგის მიკროართროპოდების გრძელვადიანი პასუხის გააზრება საჭიროა კლიმატის ცვლილების პირობებში ხმელეთის ნიადაგის

ბიოტას ზოგადი ნიმუშების დასადგენად, განსაკუთრებით არიდულ და ნახევრად მშრალ მდელოებზე წყლის შეზღუდვით.

ბოლო რამდენიმე ათწლეულის განმავლობაში სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციამ გამოიწვია მიწის გამოყენების მნიშვნელოვანი ცვლილებები, რასაც მოყვა ბიომრავალფეროვნების დრამატული დანაკარგები (Tscharntke et al., 2005). ბიომრავალფეროვნების დაკარგვის თვიდან ასაცილებლად სასოფლო-სამეურნეო მიწა გარდაიქმნება შედარებით ბუნებრივ ეკოსისტემებად (Korthals et al., 2001), როგორცაა ბალახოვანი სახნავი ან ველის ეკოსისტემები, რომლებიც შექმნილია ფეხსახსრიანების მრავალფეროვნებისა და სასარგებლო ართროპოდების რიცხოვნობის გასაძლიერებლად (Frank et al., 2009). ასეთი ნახევრად ბუნებრივი ჰაბიტატების ჩამოყალიბება ძირითადად ეხებათ მცენარეებს და მიწისზედა უხერხემლოებს (Corbet, 1995; Duelli et al., 1999, 2003; Siemann et al., 1999) და უგულებელყოფს ნიადაგის უხერხემლოების რეაქციას (Salamon et al., 2011 a, b). თუმცა, ნიადაგის ბიომრავალფეროვნება გაცილებით მაღალია, ვიდრე მიწისზედა მრავალფეროვნება (Deyen and Putten, 2005). მიუხედავად საჭიროებისა, შედარებით მცირე ინფორმაციაა ნიადაგის ბიომრავალფეროვნების განვითარების შესახებ სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკის შეწყვეტის შემდეგ (Kardol et al., 2009; Wissuwa et al., 2013).

სხვადასხვა ავტორების მიერ შეფასებულია ნიადაგის კულტივაცია და ღრმად მოხვნა უარყოფით გავლენას ნიადაგის უხერხემლოთა თანასაზოგადოებაზე (Hülsmann and Wolters, 1998; Cortet et al., 2002 b; Rodrigues et al., 2006; Murvanidze et al., 2019). ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკა ამცირებს ნიადაგში ორბიტიდის ტკიპების რიცხოვნობისა და მრავალფეროვნებას (Crossley et al. 1992; Cancela da Fonseca and Sarkar 1998).

ბურგოსის პროვინციის (ესპანეთი) სტეპურ ნაწილში ჩრდილოეთ კასტილიის ზეგანზე შეისწავლეს ბუნებრივი და ანთროპოგენური ზემოქმედებით დარღვეული ეკოსისტემები (1. დამუშავებული მიწები, 2. მიტოვებული სასოფლო-სამეურნეო მიწები, 3. მდელოები/საძოვრები და 4. ბუნებრივი მუხის ტყეები და ფიჭვის ნარგაობა). ჯავშნიანი ტკიპების მრავალფეროვნება, რიცხოვნობა შემცირდა და ურღვეველი ეკოსისტემებიდან დამუშავებული მიწებისკენ (Arroyo et al., 2005).

ცხვრის ძოვების გავლენა ნიადაგის ტკიპების ფაუნაზე შეისწავლეს დასავლეთ ავსტრალიის სემიარიდული ეკოსისტემების მლამობ ბუჩქნარში. ნიადაგის ტკიპების სახეობების შემადგენლობა, რიცხოვნობა და მრავალფეროვნება იზრდებოდა ძოვების ინტენსივობის შემცირებასთან ერთად. ძლიერი ძოვების ადგილებში ნიადაგის ტკიპების ფაუნის გადარიბება დაკავშირებულია მცენარეული საფარის დეგრადაციასთან და ძლიერ გვალვასთან, რასაც თან სდევს ნიადაგის თვისებების დაქვეითება (Kinnear and Tangway, 2003).

ავსტრალიაში ჩატარებული სხვა კვლევებიც ადასტურებს, რომ ძოვების ინტენსივობის გაზრდამ გამოიწვია ნიადაგის ტკიპების ფაუნის შემცირება (Holt et al. 1996; Kinnear and Tongway 2004).

ქეიმ და სხვ. (1999) დაადგინეს, რომ ჩიუაუას უდაბნოში (ჩრდილოეთ ამერიკა) ტკიპების, როგორც გარემო სტრესის ზემოქმედების ინდიკატორების რიცხოვნობა იზრდებოდა ძოვების დარღვევის შემცირებასთან ერთად (Kay et al., 1999).

პოლონეთში სამი განსხვავებული ტიპის სამოვრების (ბატების, თხის და ირემლადი) და მიმდებარე მდელოებზე ნიადაგის ტკიპების მრავალფეროვნების კვლევამ აჩვენა, რომ ტკიპების რიცხოვნობა და სახეობების სიმდიდრე უფრო მაღლი იყო ბატების სამოვრებზე, სადაც ნიადაგზე ზეწოლა ნაკლები იყო, ვიდრე თხების და ირემების ძოვების ადგილებზე (Pacek et al., 2020).

ბიდგომში (ჩრდილოეთ პოლონეთი) ცხვრის, პირუტყვის და ცხენების სამოვრებზე ნიადაგის ტკიპები შეისწავლეს ნიადაგის სხვადასხვა სიღრმეზე (0–3 სმ. და 3–6 სმ. ფენები). სამოვრებზე ტკიპების სიმჭიდროვე და სახეობრივი მრავალფეროვნება ნაკლები იყო საკონტროლო ნაკვეთებთან შედარებით. ცხვრისა და პირუტყვის ზემოქმედება ტკიპებზე უფრო მაღალი იყო, ვიდრე ცხენების. სახეობა *Liebstadia similis* ჭარბობდა ცხვრისა და პირუტყვის სამოვრებზე, ხოლო *Platynothrhus peltifer* - ცხენების სამოვრებზე. ტკიპების უმეტესობა ბინადრობდა მცენარეების ქვედა ნაწილებში. მათი სიმჭიდროვე ნიადაგში მცირდებოდა ნიადაგის სიღრმესთან ერთად (Chachaj and Seniczak, 2005).

ცხვრის გადაადგილებით გამოწვეული უარყოფითი გავლენა ნიადაგის მცენარეულ საფარზე და ჯავშნიანი ტკიპების სიმჭიდროვეზე, სახეობრივ მრავალფეროვნებაზე, რიცხოვნობასა და ასაკობრივ სტრუქტურაზე შეისწავლეს

გრინდეს ცხვრის ფერმის სამოვარზე (სოგნი, ნორვეგია). ცხვრის გადაადგილება მცენარეულ საფარის შემცირებასთან ერთად უარყოფით გავლენას ახდენდა ჯავშნიანი ტკიპების სიმჭიდროვეზე, მაგრამ გაიზარდა მათი იუვენილების რაოდენობა (Seniczak et al., 2007).

საქართველოს სამხრეთ-აღმოსავლეთ კავკასიის ყველაზე ნაკლებად შესწავლილ რეგიონში არსებულ არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემების ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით შევაფასეთ შირაქის ვაკეზე, ელდარის დაბლობსა და გარეჯის ზეგანზე (დედოფლისწყაროს და საგარეჯოს რაიონები), სადაც გაუდაბნოებისადმი მგრძობიარე და მოწყვლადი ფართობებია, რომლებიც ძლიერ ბუნებრივ და ანთროპოგენურ დაზიანებას განიცდიან (Todria et al., 2021). მიღებული შედეგები ასახულია წინამდებარე ნაშრომში.

3. მასალა და მეთოდები

3.1 საკვლევი ტერიტორიების მოკლე ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება

3.1.1 კასპის თიხის კარიერი

კასპის თიხის კარიერი მდებარეობს კავკასიის ჩრდილოეთ და სამხრეთ მთებს შორის დაბლობზე მდინარე მტკვრის ხეობაში, ქალაქ კასპიდან სამხრეთ-დასავლეთით დაახლოებით 1 კმ-ში, ზღვის დონიდან 528 მ. სიმაღლეზე (N41.928217° E44.400267°).

თიხის კარიერი მოიცავს ბრტყელ ღრმულს, რომელიც გარშემორტყმულია 2-4 მ. სიმაღლის ციცაბო ფერდობებით, ზოგიერთ ადგილებში ამოღებულია 4 მ. სიღრმის ღრმულები მდინარის ხეობის ღორღის ფენებამდე.

კარიერის სალიცენზიო მონაკვეთის საერთო ფართობი 101,96 ჰა-ს შეადგენს, საიდანაც მოპოვების ღია იბიექტის ფართობია 28,32 ჰა.

კლიმატი ხმელთაშუა ზღვისთვის დამახასიათებელია და ნახევრად ნოტიო ხასიათისაა. ზაფხული გვალვიანია, საშუალო წლიური ტემპერატურა შეადგენს 13°C-ს, საშუალო წლიური ნალექიანობა კი - 492 მმ.

ნიადაგის პროდუქტიული ფენა სალიცენზიო ფართობზე არ აღინიშნება, ხოლო კარიერის სიახლოვეს თიხნარი ნიადაგი ხასიათდება საძოვრად ჭარბი გამოყენებით გამოწვეული დეგრადაციით.

სამთო პირობების შესაბამისად, თიხის კარიერზე მცენარეულობა ნაკლებად მრავალფეროვანია. ის ძირითადად წარმოადგენს რუდერალურ არეალებს დაფარვის მცირე ხარისხით. გარდა უშუალოდ კარიერისა, აქ გვხვდება ქვიშნარის მცირე ნაყარი ფერდობებიც, აღნიშნული გავრცელების ტერიტორიები მცენარეულობით საკმაოდ ღარიბია. ტიპური სახეობებია: ინგლისური კოინდარი, შვრიელა, ლურჯი ძირწითელა, საპოვნელა, წიწმატა-სელი, ბადის ტუხტი, ყეინა, ქუდუნა და სხვა. იშვიათად ნახევრად სველ თუ დროებით სველ ღრმულებში გვხვდება რამდენიმე ტიპური სახეობა, მაგ ღალღა.

კარიერის მიმდებარე ტერიტორიზე ფაუნა წარმოდგენილია რამდენიმე სახის მუძუმწოვრით. აქ ბინადრობს გარეული ღორი, შველი, წავი, თეთყელა კვერნა, მგელი, არჩვი, მაჩვი, მელა და კურდღლის სახეობები. გვხვდება რამდენიმე სახის მღრღნელების, ქვეწარმავლების, ასევე ფრინველის ჰაბიტატები, როგორებიცაა:

კავკასიური შურთხი, ალპური ტიროლა, ორბი, როჭი, ჩხიკვი, ოფოფი, კოდალა, შოშია, ქორი, მიმინო, შევარდენი და ბატკანძერა. ამფიბიებიდან გვხვდება: ტყის ბაყაყი, გომბეშო, ვასაკა, ტრიტონი.

კასპის თიხის კარიერის არარეგულარული სამთო-მოპოვებითი სამუშაოები დაიწყო გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან და გაგრძელდა 2006 წლამდე. ამის შემდეგ შპს „ჰეიდელბერგცემენტ კაუკასუსმა“ წამოიწყო კარიერის აქტიური აღდგენითი ღონისძიებები, რომელიც გაგრძელდა 2010 წლამდე (Tränke, 2012), ხოლო 2012, 2013 და 2014 წლებში წამოიწყეს გარკვეული ნაკვეთების შემოღობვა და გამწვანება.

კარიერის დახურვის შემდეგ, ნიადაგის აღდგენის მიზნით შპს „ჰეიდელბერგცემენტ კაუკასუსმა“ განახორციელა სამი ტიპის აღდგენითი სამუშაოები. ესენია:

I. მოქმედებების გარეშე - დაახლოებით 10 ჰა. ხელუხლებელი ტერიტორია მეორადი ბუნებრივი სუქცესიით (მართვის პირველი კატეგორია);

II. აღდგენითი სამუშაოები - ტერიტორიის ზედაპირის მოსწორება და მასზე კომერციული თესლის დათესვა ბალახების და საძოვრის მცენარეულობის ნარევი (მართვის მეორე კატეგორია);

III. აღდგენილ ტერიტორიაზე სამი ნაკვეთი 2012, 2013 და 2014 წლებში შემოღობეს პირუტყვის გადაადგილების შეზღუდვის მიზნით. თითოეულ ნაკვეთში დათესეს ბალახნარი, შეიტანეს თივა, როგორც ორგანული მასალა და დარგეს სხვადასხვა სახეობის ნერგები (*Elaeagnus angustifolia* და *Celtis caucasica* (*Caucasian hackberry*)) (მართვის მესამე კატეგორია).

3.1.2 სოფელი პატარძელი

სოფელი პატარძელი მდებარეობს ქალაქ საგარეჯოდან 8 კილომეტრში, ზღვის დონიდან დაახლოებით 800 მეტრ სიმაღლეზე (N41.736949° E45.248295°).

ტერიტორიისთვის დამახასიათებელია მიო-პლიოცენურ ქანებზე განვითარებული რელიეფის სტრუქტურულ-დენუციური ფორმები, დაბალი ანტიკლინური ქედების და ცალკეული დაბალი მთებისა და გორაკების არსებობა.

კლიმატი ზომიერად თბილი სტეპურიდან ზომიერად ნოტიოზე გარდამავალია. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 11-12°C-ს შეადგენს, საშუალო წლიური ნალექები კი - 860 მმ. წელიწადში (მარუაშვილი, 1970).

ტერიტორიაზე ძირითადად გავრცელებულია რუხი-ყავისფერი ნიადაგები, რომელთა დიდი ნაწილი ათვისებულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სახნავ-სათეს ფართობებად (ხორბალი, ქერი, სიმინდი, მზესუმზირა). შედარებით მცირე ფართობი გამოიყენება მევენახეობა-მეხილეობისთვის (ურუშაძე, 1997; ურუშაძე და სხვ., 2015).

მცენარეულობა მშრალი-სტეპურია და გვხვდება უროიანი, ვაციწვერიანი, ავშნიანი, ჯაგეკლიანი და ნაირბალახოვანი დაჯგუფებები. ბუჩქნარი მცენარეები წარმოდგენილია ძეძვნარით და ჯაგრცხილნარით (კეცხოველი, 1959).

მიმდებარე ტერიტორიაზე გვხვდება კურდღელი, მგელი, მაჩვი, კვერნა, მელა, ტურა, ზღარბი, თრითინა, წავი, თაგვი, ზაზუნა, თხუნელა, ნუტრია, სკუნსი და დედოფალა; მცირე რაოდენობით არის ლელიანის კატა და ზოლებიანი აფთარი. ორნითოფაუნას ქმნიან ხოხობი, გარეული მტრედი, მწყერი, კაჭკაჭი, კვირიონი, ყვავი და სხვ. გვხვდება რამდენიმე სახეობის მღწელების ჰაბიტატებიც.

3.1.3 აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული სტეპები

საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილის სემიჰუმიდური, სემიარიდული და არიდული ტერიტორიებიდან შირაქის ვაკე, ელდარის დაბლობი და გარეჯის ზეგანი (დედოფლისწყაროს და საგარეჯოს რაიონები) გაუდაბნოებისადმი მგრძობიარე და მოწყვლადი ფართობებია.

უკანასკნელ პერიოდში გლობალური დათბობის ფონზე ამ ტერიტორიებზე არიდიზაციის ხელშემწყობი ფაქტორების (გვალვების სიხშირე) ინტენსივობის გამო გაზრდილია არიდულობა, რომელიც შედარებით მკვეთრად წლის თბილ პერიოდშია გამოხატული, ხოლო ცივ პერიოდში სითბოს მკვეთრი შემცირებიდან გამომდინარე არიდულობის ინდექსის ზრდა საშუალოდ ორჯერ ხდება. წლის თბილ პერიოდში არიდულობის ინდექსი შირაქის ვაკეზე 0,5 და მასზე ნაკლებია, ელდარის ვაკეზე 0,2-0,3, ხოლო გარეჯის სერზე 0,3 და მასზე ნაკლები (გაუდაბნოებასთან ბრძოლის მოქმედებათა მეორე ეროვნული პროგრამა, 2014).

აღმოსავლეთ საქართველოში ნახევრადუდაბნოების, მშრალი ველების და არიდული მეჩხერი (ნათელი) ტყეების ვერტიკალური სარტყელი ვრცელდება ზღვის დონიდან 150-600 მეტრ სიმაღლეზე.

არიდული და სემიარიდული ტერიტორიებისათვის დამახასიათებელია მშრალი სუბტროპიკული კლიმატი, კონტინენტარულობის ნიშნებით, შედარებით მშრალი, თითქმის უთოვლო, ზომიერად ცივი ზამთრით და ცხელი, გვალვიანი ზაფხულით (ივლისი და აგვისტო). ყველაზე ცხელ თვეებში ჰაერის ტემპერატურა აღწევს 33-35°C-ს. ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობა უახლოვდება 450 მმ-ს, რაც დამახასიათებელია ნახევრადუდაბნოსა და სტეპური ზონებისათვის, ხოლო ელდარის დაბლობზე, რომელიც საქართველოში ერთადერთი ადგილია, სადაც ნამდვილი ნახევრადუდაბნოს ლანდშაფტია განვითარებული, ნალექების წლიური ჯამი 250-333 მმ. ფარგლებშია. ნალექების ყველაზე დიდი რაოდენობა აღინიშნება აპრილში, მაისში და ივნისში, შემდგომ კი დგება გვალვის პერიოდი (Basilashvili et al., 2015; Tsitsagi et al., 2018).

შირაქის აკუმულაციური ვაკე მდებარეობს დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში (N41.380933° E46.372700°), ზღვის დონიდან 560-700 მ სიმაღლეზე, გაშლილია ალაზან-ივრის შუამდინარეთში და წარმოადგენს ივრის ზეგანის უდიდეს ბრტყელ აკუმულაციურ ვაკეს, რომლის სიგრძეა 40 კმ, სიგანე კი 19 კმ. დიდი შირაქის ვაკე აღმოსავლეთით უერთდება კასრისწყლის ვაკეს, რომლისათვისაც დამახასიათებელია ეროზიული რელიეფი.

შირაქის ვაკის რელიეფს ტიპობრივი სერებიან-ტაფობებიანი ხასიათი აქვს. წარმოადგენს ნეოგენური წყებების სინკლინურ ჩაზნექილობას, რომელიც ამოვსებულია მეოთხეული ნაფენებით (თიხნარებით და რიყნარებით). სინკლინების ამოვსების შედეგად გაჩენილ აკუმულაციურ ვაკეებს დიდი სივრცეები უკავია და უხვად შეიცავს არტეზიულ წყლებს.

დაბალი ანტიკლინური ბეჭობები დიდი შირაქის ვაკისაგან გამოყოფენ ვიწრო, ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ გაჭიმულ პატარა შირაქსა და ნაგომრებისთვის სინკლინურ დეპრესიებს. მიკრორელიეფური ფორმებიდან ფართოდაა გავრცელებული ხრამები, რომლებიც ბევრგან ბედლენდურ ლანდშაფტს ქმნიან, არის ტალახიანი ვულკანები და ხელოვნური გამოქვაბულები.

ჰიდროგრაფიული ქსელი მდიდარია მუდმივი და პერიოდული მდინარეებით. არსებობს მთელი რიგი ხევეები, რომლებიც პერიოდულად მთელ თავის სიგრძეზე წყლოვანდებიან. მთელ ფართობზე მიმოფანტულია მტკნარი და მომლაშო წყაროები. მათ მიერ წარმოქმნილი ნაკადულები მეტწილად იქვე იჟონება ფხვიერ ნაფენებში.

უმთავრესად გავრცელებულია შავმიწა და წაბლა ნიადაგები.

მცენარეულობა წარმოდგენილია სტეპური (ბალახეული), ბუჩქნარისებური და ტყის ტიპებით. თითქმის ყველა მცენარეული ცენოზი აქ მეორადი წარმოშობისაა, და იკავებს ადამიანის საქმიანობითა და ჰავის გამშრალეობით გამქრალი ნათელი ტყეებისაგან განთავისუფლებულ ადგილს. ამჟამად ტერიტორია მთლიანად სახნავადაა გადაქცეული (უმთავრესად მარცვლეული კულტურებისათვის). შირაქის ვაკე საქართველოს პურის ბედელია. სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისაგან თავისუფალ ფართობებს ახასიათებს ბალახეული მცენარეულობა უროიანი, უროიან-ნაირბალახოვანი, ვაციწვერიანი სტეპების ტიპისა. ბუჩქნარები და სალსაღაჯის, აკაკის

ხის, ღვისა და სხვა ქსეროფიტული ჯიშების ტყეები უმთავრესად სერების კალთებზეა შემორჩენილი.

ივრის ზეგანი უკიდურეს სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში გადადის ელდარის აკუმულაციურ ვაკე-დაბლობში (N41.120278° E46.373889°) (უჭირავს ივრის მარცხენა სანაპირო ზოლი), თითქმის ჰორიზონტალურ სიბრტყეს წარმოადგენს, რომლის აბსოლუტური სიმაღლე 100-260 მ. ფარგლებში ცვალებადობს. თავისი კლიმატური, ნიადაგური და გეობოტანიკური თავისებურებების გამო მჭიდროდ არის დაკავშირებული აღმოსავლეთ ამიერკავკასიის ნახევრადუდაბნოსებურ ლანდშაფტურ ოლქთან და წარმოადგენს აზერბაიჯანის ნახევრადუდაბნოთა უშუალო გაგრძელებას. საქართველოს ფარგლებში მისი სიგრძე მდინარე ივრის მარცხენა სანაპიროს გასწვრივ 20-22 კმ-ია, ხოლო მაქსიმალური სიგანე 6-7 კმ.

წარმოქმნილია მეოთხეული ალუვიური თიხნარებით და შეადგენს მტკვარ-არაქსის აკუმულაციური დაბლობი ვაკის ნაწილს.

ვაკისა და მასზე ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან მობჯენილი გამიშვლებული ფერდობების ივრის ზეგნის კიდის) ჰავის სიმშრალის გამო რაიონი სრულიად მოკლებულია ჰიდროგრაფიულ ქსელს.

დაბლობის ზედაპირის მნიშვნელოვანი ნაწილი სავსებით გატიტვლებულია და გვალვისგანაა დამსკდარი. დაბლობის უკიდურესი სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი ცნობილია „ბუღა-მოედნის“ სახელწოდებით.

ელდარის ვაკის ლანდშაფტი საქართველოს ნახევრადუდაბნოს ხასიათისაა და ძირითადად ცხვრის საზამთრო სამოვარია.

ნიადაგური საბურველი უმეტესწილად წარმოდგენილია და ღია მურა ნიადაგებით.

გავრცელებული ქსეროფილური (ხურხუმოიანი და აბზინდა-უროიანი ნახევრადუდაბნოს ტიპის) მცენარეულობა.

გარეჯის სერი (გარეჯის ქედი, უდაბნოს ქედი) მდებარეობს საგარეჯოს მუნიციპალიტეტში (N41.500000° E45.333333°), უმაღლესი წერტილია მთა უდაბნო, ზღვის დონიდან 879 მ. სიმაღლეზე. დაბალი სერი იწყება მთა ნატახტართან და

საგარეჯოს მუნიციპალიტეტის ფარგლებში მთავრდება ივრის მარჯვენა სანაპიროსთან. ფხვიერი ნაფენებით წარმოქმნილ ვაკეებს შორის აქ ყველაზე ვრცელია უდაბნოს ვაკე, რომელსაც 8–10 კმ. სიგრძე და 5-7. კმ სიგანე აქვს. რელიეფში გაბატონებულია კავკასიონის პარალელური კუესტისებური სერები, აგებულია ნეოგენური კირქვებით, თიხებით, ქვიშაქვებითა და კონგლომერატებით, რომლებიც ურთიერთშორის გამიჯნულია სინკლინური, ზოგ შემთხვევაში ფხვიერი ნაფენებით შემცველი გასწვრივი ღრმულებით.

მიკროლეფიური ფორმები წარმოდგენილია უწყლო და პერიოდული წყლიანი ხევებით, ხრამებით, ბედლენდებით, თიხებში განვითარებული ფსევდოკარსტული წარმონაქმნებით, ხელოვნური გამოქვაბულებით. ტერიტორია მოკლებულია მუდმივ მდინარეთა ქსელს.

ნიადაგებიდან გვხვდება წაბლა და შავმიწა ნიადაგები, რომლებზეც განვითარებულია სტეპური მცენარეულობა: ნაირბალახოვან-ვაციწვერიანი, უროიანი, ჭანგიანი და სხვა ტიპები. სერების კალთებზე იზრდება ბუჩქნარი - ღვიის ორი სახეობა, კავკასიის გლერძი, ეფედრა, ბეყენა, შავჯაგა, ცხრატყავა, ენდემური სახის ჩინგილი (*Halimodendron halodendron*). ბალახოვნებს შორის აღსანიშნავია ვიწრო ენდემი - გარეჯის სალბი (*Salvia garedji*), რომელიც საქართველოს წითელ წიგნშია შეტანილი, გავრცელების მცირე არეალის და მისი სავარაუდო შემცირების მიზნით.

(მარუაშვილი, 1970; კეცხოველი, 1959; ურუშაძე, 1997; Akhalkatsi and Tarkhnishvili, 2012; ნახუცრიშვილი, 2000).

ზემოთ ხსენებულ ტერიტორიებზე ცხოველთა სამყარო წარმოდგენილია აღმოსავლეთ ამიერკავკასიის სტეპისა და ნახევრად უდაბნოების ფაუნის წარმომადგენლებისაგან: აფთარი, ქურციკი (ჯეირანი), შველი, რუხი კურდღელი, ზოლებიანი აფთარი, აფთარი, სტეპის მელა, ჭრელტყავა, კავკასიური დედოფალა, ამიერკავკასიური მაჩვი, კავკასიური ფოცხვერი და სხვ.

ფრინველებიდან გვხვდება: ტოროლა, მწყერი, მინდვრის მწყერჩიტა, ხოხობი, გნოლი, დურაჯი, შევარდენი, ქორი, მიმინო, ფასკუნჯი, ძერა, სტეპის არწივი და სხვ.

მღრნელებიდან გავრცელებულია: რუხი ვირთაგვა, მექვიშია, რუხი ზაზუნა, ამიერკავკასიური მემინდვრია და სხვ.

გვხვდება ამფიბიებიც. ხვლიკებიდან აღსანიშნავია: კავკასიური ჯოჯო, ზოლებიანი ხვლიკი, ბოხმეჭა და სხვ.

ბევრია ქვეწარმავალი, მათ შორის შხამიანი გველების რამდენიმე სახეობა. გველებიდან წარმოდგენილია: გიურზა, მახრჩობელა, გველხოკერა (გაუდაბნობასთან ბრძოლის მოქმედებათა მეორე ეროვნული პროგრამა, 2014).

3.2 საველე სამუშაოები

3.2.1 ექსპერიმენტის დიზაინი და ნიადაგის სინჯების შეგროვება

3.2.1.1 კასპის თიხის კარიერზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით

კასპის თიხის კარიერზე ნიადაგის სინჯები შევაგროვეთ 2015 წლის ოქტომბერში, 2016 წლის თებერვალში, ივნისსა და ივლისში. თითოეული შერჩეული ნაკვეთის ზომა იყო 100 მ², საიდანაც ნიჩბით ვიღებდით 10 × 10 სმ. ზომის ნიადაგის 4-4 სინჯს 10-12 სანტიმეტრ სიღრმეზე.

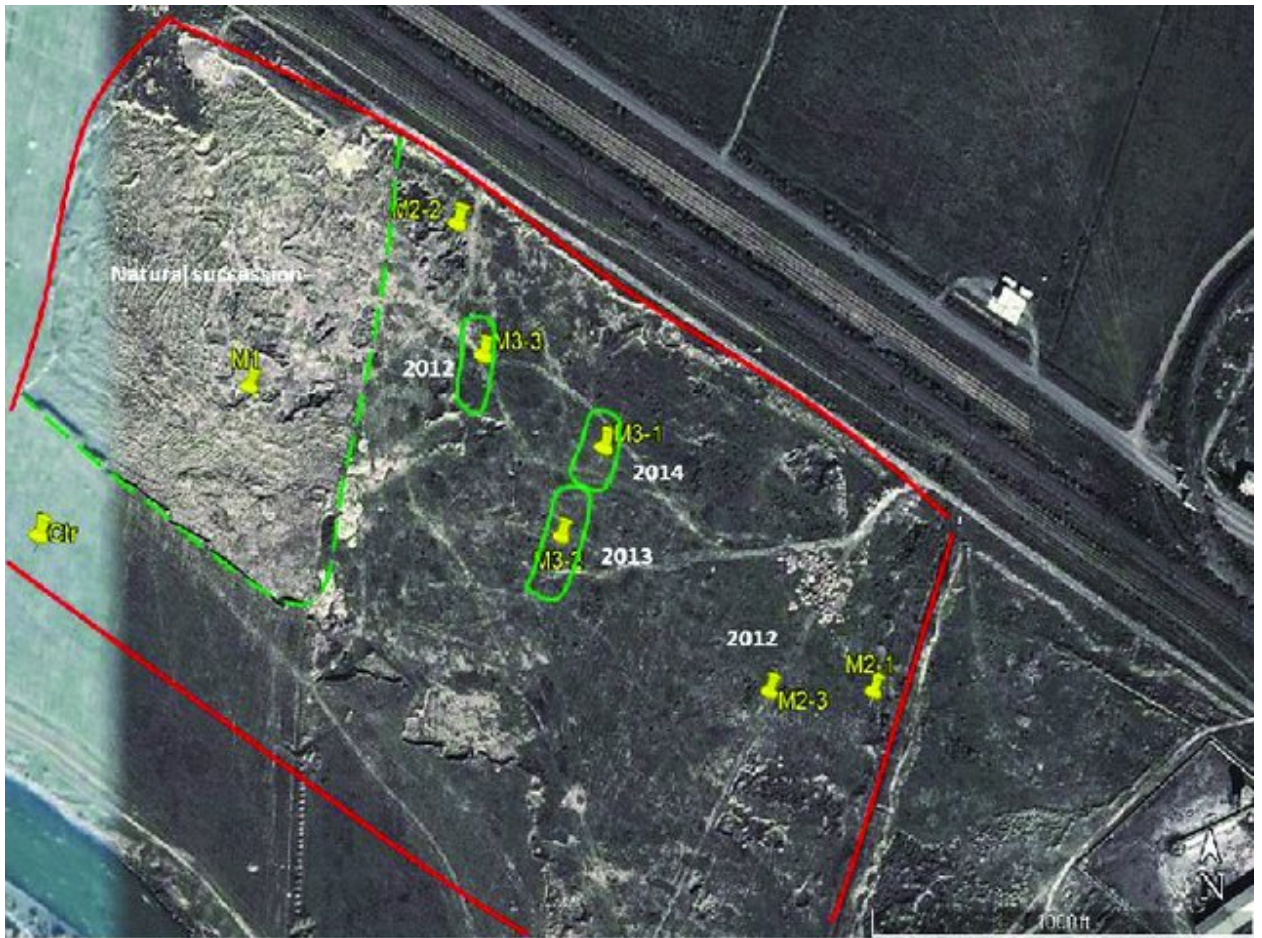
კასპის თიხის კარიერზე ნიადაგის სინჯები შევაგროვეთ ბუნებრივი სუქსცესიის (M1), ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატის (M2-1), 2012 წელს დათესილი ბალახის (M2-2; M2-3), სხვადასხვა დროს (2012, 2013 და 2014 წლები) რეკულტივირებულ და შემოღობილ (M3-1; M3-2; M3-3) კარიერებზე და მიმდებარე ბუნებრივ მდელოზე, რომელიც განიხილება, როგორც საკონტროლო წერტილი (Ctr) (ცხრ. 1; სურ. 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9).

არარეკულტივირებული ტერიტორია მიმდინარე ბუნებრივი სუქსცესიით (M1), წარმოდგენილია მცირე ზომის უსწორმასწორო გორაკებით სამთო მოპოვების პროცესში ნიადაგის მექანიკური გადატანის შემდეგ. ყველა ტერიტორიაზე (გარდა M3) ხდება საქონლის მუდმივად მოვება.

ცხრილი 1. კასპის თიხის კარიერზე გამოკვლეული ეკოსისტემების აღწერა და მათი გეოგრაფიული მდებარეობა

მართვის კატეგორია	ნიადაგის სინჯების აღების ადგილი	ნაკვეთის აღწერა	GPS კოორდინატები
Ctr	კონტროლი (ბუნებრივი მდელო)	ბუნებრივი მდელო (გადამოვებული); მცენარეულობის დაფარულობა დაახლოებით 30%	N41.927617° E44.391100°
M1	არარეკულტივირებული კარიერი	ბუნებრივი სუქსცესია (გადამოვებული ბორცვები); მცენარეული დაფარულობა 20%-ზე ნაკლები	N41.929000° E44.393000°
M2-1	რეკულტივირებული კარიერი - 1	ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი (ფშატი და ტამარიქსი)	N41.927400° E44.399283°
M2-2	რეკულტივირებული კარიერი - 2	2012 წელს ნათესი ბალახი (გადამოვებული); მცენარეული დაფარულობა დაახლოებით 30%	N41.930050° E44.394983°
M2-3	რეკულტივირებული კარიერი - 3	2012 წელს ნათესი ბალახი (გადამოვებული); მცენარეული დაფარულობა დაახლოებით 30%	N41.927300° E44.398600°
M3-1	რეკულტივირებული კარიერი (შემოღობილი) - 1	2014 წელს შემოღობილი; არ ხდება მოვება; მცენარეული დაფარულობა დაახლოებით 50%	N41.928483° E44.396400°
M3-2	რეკულტივირებული კარიერი (შემოღობილი) - 2	2013 წელს შემოღობილი; არ ხდება მოვება; მცენარეული დაფარულობა დაახლოებით 80%	N41.927833° E44.396050°
M3-3	რეკულტივირებული კარიერი (შემოღობილი) - 3	2012 წელს შემოღობილი; არ ხდება მოვება; მცენარეული დაფარულობა 90%-ზე მეტი	N41.929133° E44.395133°

სურათი 1. კასპის თიხის კარიერზე ნიადაგის სინჯების შეგროვების წერტილები: M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 - რეკულტივირებული კარიერი - 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერევატი); M2-2 - რეკულტივირებული კარიერი - 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 - რეკულტივირებული კარიერი - 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 - 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი - 1 (შემოღობილი); M3-2 - 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი - 2 (შემოღობილი); M3-3 - 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი - 3 (შემოღობილი); Ctr - კონტროლი (ბუნებრივი მდელო)



სურათი 2. M1 -
არარეკულტივირებული კარიერი
(ბუნებრივი სუქცესია)



სურათი 3. M2-1 – რეკულტივირებული
კარიერი 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის
დერივატი)



სურათი 4. M2-2 – რეკულტივირებული
კარიერი 2 (2012 წელს დათესილი
ბალახი)



სურათი 5. M2-3 – რეკულტივირებული
კარიერი 3 (2012 წელს დათესილი
ბალახი)



სურათი 6. M3-1 – 2014 წელს
რეკულტივირებული კარიერი 1
(შემოღობილი)



სურათი 7. M3-2 – 2013 წელს
რეკულტივირებული კარიერი 2
(შემოღობილი)



სურათი 8. M3-3 – 2012 წელს
რეკულტივირებული კარიერი 3
(შემოღობილი)



სურათი 9. Ctr – კონტროლი (ბუნებრივ
მდელო)



3.2.1.2 პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებაზე სოფელ პატარძელში

საველე სამუშაოები მიმდინარეობდა სოფ. პატარძელში საკარმიდამო ნაკვეთზე, რომელზეც აგრარული სამუშაოები არ ჩატარებულა 20 წელზე მეტი დროის განმავლობაში. ნაკვეთი არ გამოიყენებოდა ინტენსიური მოვებისთვის, თუმცა წარმოადგენდა სათიბს. საველე სამუშაოები დაიწყო 2016 წლის მარტში და გაგრძელდა 2017 წლის იანვრის ჩათვლით.

მოსამზადებელი სამუშაოები:

- I. საექსპერიმენტო ნაკვეთის მექანიკური დამუშავება (მოხვნა, დაბარვა) (სურ. 10);
- II. შემოღობვა, რადგან არ მომხდარიყო ნათესების მექანიკური დაზიანება საქონლის მიერ (სურ. 11);
- III. კარტოფილის დასათესად მომზადება და მისი დათესვა შერჩეულ ნაკვეთებზე (სურ. 12; 13).

საექსპერიმენტო ნაკვეთის ზომა შეადგენდა 192 მ², რომელიც დაყვავით სამ თანაბარი ზომის ნაკვეთებად (თითოეული 48 მ²), რომელთაგან ორს ვიყენებდით, როგორც საკონტროლო ნაკვეთს (დაუმუშავებელი მინდორი და მოხნული მინდორი). დარჩენილი ნაკვეთებიდან ერთი დამუშავდა და მასზე დავთესეთ კარტოფილის კულტურა. ნათესი ფართობი თავის მხრივ დაყვავით 12 (2 × 2) მ² ფართობის მქონე ქვენაკვეთებად. მათგან 6 ნაკვეთზე ხორციელდებოდა კულტურისთვის შესაბამისი წამლობა, ხოლო 6 ნაკვეთი დავტოვეთ შეუწამლავი. ქვენაკვეთები ერთმანეთისგან 40 სმ-ით იყო დაშორებული, რაც შეზღუდავდა ნიადაგის ცხოველების აქტიურ მოძრაობას ქვენაკვეთებს შორის და თავიდან აგვარიდებდა პესტიციდების მოხვედრას შეუწამლავ ნაკვეთებზე.

შეჯამებული სახით, ნაკვეთის დამუშავების სქემა შემდეგია (ცხრ. 2):

- I. საკონტროლო – ხელუხლებელი, დაუმუშავებელი მინდორი - MCtr (სურ. 14);
- II. საკონტროლო – მიმდებარე მოხნული დაუთესავი მინდორი - PICtr (სურ. 15);

III. ექვსი დამუშავებული, ნაკვეთი სადაც ითესებოდა კარტოფილი და ხდებოდა მათი რეგულარული შეწამვლა - PPI. თითოეული ნაკვეთის ფართობი 2×2 მ (სურ. 16);

IV. ექვსი დამუშავებული, ნაკვეთი სადაც ითესებოდა კარტოფილი, მაგრამ შეწამვლა არ ხდებოდა - UPI თითოეული ნაკვეთის ფართობი 2×2 მ.

საექსპერიმენტო ნაკვეთზე კვლევა ჩატარდა კარტოფილის კულტურის ორი სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში. ნიადაგის სინჯების აღება ჯავშნიანი ტკიპების გამოყოფის მიზნით ხდებოდა კარტოფილის სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში ყოველთვიურად (მაისი-აგვისტო), ხოლო არასავეგეტაციო პერიოდში სამ თვეში ერთხელ (ოქტომბერი და იანვარი). თითოეულ ნათეს ნაკვეთში ნიჩბით ვიღებდით 10 სმ³ მოცულობის ნიადაგის თითო სინჯს, ხოლო საკონტროლო დამუშავებულ და საკონტროლო მოხნულ მინდვრებში ნიადაგის ოთხ-ოთხ სინჯს 10-12 სანტიმეტრ სიღრმეზე (სულ 20 ნიადაგის სინჯი თითო აღებაზე). საერთო ჯამში მოხდა მასალის 13-ჯერ აღება, რაც ჯამში 254 სინჯს შეადგენს.

3.2.1.2.1 წამლობის სქემა

ექვსჯერადი წამლობა ჩატარდა კარტოფილის სავეგეტაციო პერიოდის სხვადასხვა ეტაპზე. წამლობას ვატარებდით წინასწარ შერჩეული სქემისა და შხამქიმიკატების მიხედვით, რომელიც მოგვაწოდა არასამთავრობო ორგანიზაციამ „საქართველოს აგრარიკოსთა მოძრაობა“ (<http://georgianels.ge>). შესაწამლად გამოყენებულ იქნა საქართველოს სურსათის ეროვნული სააგენტოს მიერ გამოქვეყნებული საქართველოში რეგისტრირებული პესტიციდები (<http://nfa.gov.ge/ge>) (ცხრ. 3).

ცხრილი 2. ექსპერიმენტის დიზაინი

კონტროლი, მინდორი – MCtr	UPI-3	PPI-6	კონტროლი, მოხნული – PICtr
	PPI-3	UPI-6	
	UPI-2	PPI-5	
	PPI-2	UPI-5	
	UPI-1	PPI-4	
	PPI-1	UPI-4	

ცხრილი 3. ექსპერიმენტული ნაკვეთის კარტოფილის ნათესების შეწამვის სქემა

#	განვითარების სტადია (წამლობის ჩატარების პერიოდი)	პესტიციდის დანიშნულება	პესტიციდის სავაჭრო დასახელება, პრეპარატიული ფორმა	მოქმედი ნივთიერება	დოზა 100 ლიტრ წყალში
I	სათესლე მასალის დამუშავება დარგვამდე	ფუნგიციდი	როგრალი აქვაფლო, სკ	იპროდიონი 500გ/ლ	400 მლ.
II	აღმოცენების შემდეგ, ნათესი 10სმ. სიმაღლის მიღწევისას	ფუნგიციდი	ბრავო, კს	ქლოროტალონილი _ 500გ/ლ	600 მლ.
III	ნათესი 20სმ. სიმაღლისა მიღწევისას	ფუნგიციდი	რიდომილ გოლდი, მც, წდგრ	მეფენოქსამი + მანკოცები 40+640 გ/კგ	500 გ.
IV	ნათესის შეკვრა	ფუნგიციდი	რიდომილ გოლდი პლუსი, სფ	მეფენოქსამი 25გ/კგ + სპილენძის ოქსიქლორიდი 400 გ/კგ	1 კგ.
V	ბუტონების წარმოქმნა (ყვავილობის წინ)	ფუნგიციდი	რიდომილ გოლდი, მც, წდგრ	მეფენოქსამი + მანკოცები 40+640 გ/კგ	1 კგ.
VI	მასიური ყვავილობა	ფუნგიციდი	პერგადო, CU 27, წდგრ	მანდიპროპამიდი 25 გ/კგ + სპილენძის ქლორჟანგი 245 გ/კგ	800 გ.
VII	ყვავილობის დასრულების პერიოდი	ფუნგიციდი	ბრავო, კს	ქლოროტალონილი _ 500გ/ლ	600 მლ.
VII	მოსავლის აღებამდე 20 დღით ადრე	ფუნგიციდი	ბორდოს ნარევი, 20 სფ	200 გ/კგ სპილენძის მიხედვით, სპილენძის სულფატი + კალციუმის ჰიდროქსიდი	1 კგ.

სურათი 10. საექსპერიმენტო ნაკვეთის მექანიკური დამუშავება



სურათი 11. საექსპერიმენტო ნაკვეთის შემოღობვა



სურათი 12. კარტოფილის დასათესად მომზადება



სურათი 13. კარტოფილის დათესვა შერჩეულ ნაკვეთებზე



სურათი 14. საკონტროლო –
ხელუხლებელი, დაუმუშავებელი
მინდორი



სურათი 15. საკონტროლო – მიმდებარე
მოხსნული დაუთესავი მინდორი



სურათი 16. კარტოფილის კულტურის
შეწამვლა პესტიციდით



3.2.1.3 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით

საველე სამუშაოები ჩავატარეთ აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში - შირაქის ვაკე (სოფელი ზემო ქედი, სოფელი ქვემო ქედი და სოფელი ფიროსმანი), ელდარის დაბლობი (სოფელი კასრისწყალი) და გარეჯის ზეგანი (სოფელი უდაბნო). ნიადაგის სინჯები შევავროვეთ 2017 წლის ნოემბერში, 2018 წლის აპრილში და ივნისში.

თითოეულ ტერიტორიაზე შევარჩიეთ 7 საკვლევი წერტილი: სახნავი მიწების ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზია; საძოვრების ძლიერი (PH) და საშუალო (PM) მოვება; ბუნებრივი (გეოლოგიური) ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზია; ბუნებრივი სტეპი (N) (ცხრ. 4; სურ. 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24), . თითოეულ საკვლევ ტერიტორიაზე შერჩეული იქნა 3 ნაკვეთი, რომლის ზომა შეადგენდა 50 მ²-ს, ნაკვეთზე ნიჩბით 10-12 სმ. სიღრმეზე ვიღებდით 10 სმ³ მოცულობის სტანდარტული ზომის ნიადაგის 3-3 სინჯს. სულ ავიღეთ ნიადაგის 189 × 3 სინჯი.

ბუნებრივი და ანთროპოგენური პროცესების შედეგად მიწების/ნიადაგების დეგრადაციის ხარისხის დადგენა და შეფასება მოხდა FAO – ს (2006) მიერ შედგენლი ხუთი ხარისხით: არადეგრადირებული (დაურღვეველი), სუსტად დეგრადირებული, საშუალო დეგრადირებული, ძლიერ დეგრადირებული და ძალიან ძლიერ დეგრადირებული (დარღვეული). აგრეთვე, ეროზიის ხარისხის ვიზუალური შეფასება ეფუძნება ნიადაგის შესახებ არსებულ ლიტერატურული წყაროების მონაცემებს (Morgan, 2005; Machavariani, 1987; Kairis et al., 2015).

ცხრილი 4. აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდულ ტერიტორიებზე გამოკვლეული ეკოსისტემები და მათი გეოგრაფიული მდებარეობა ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))

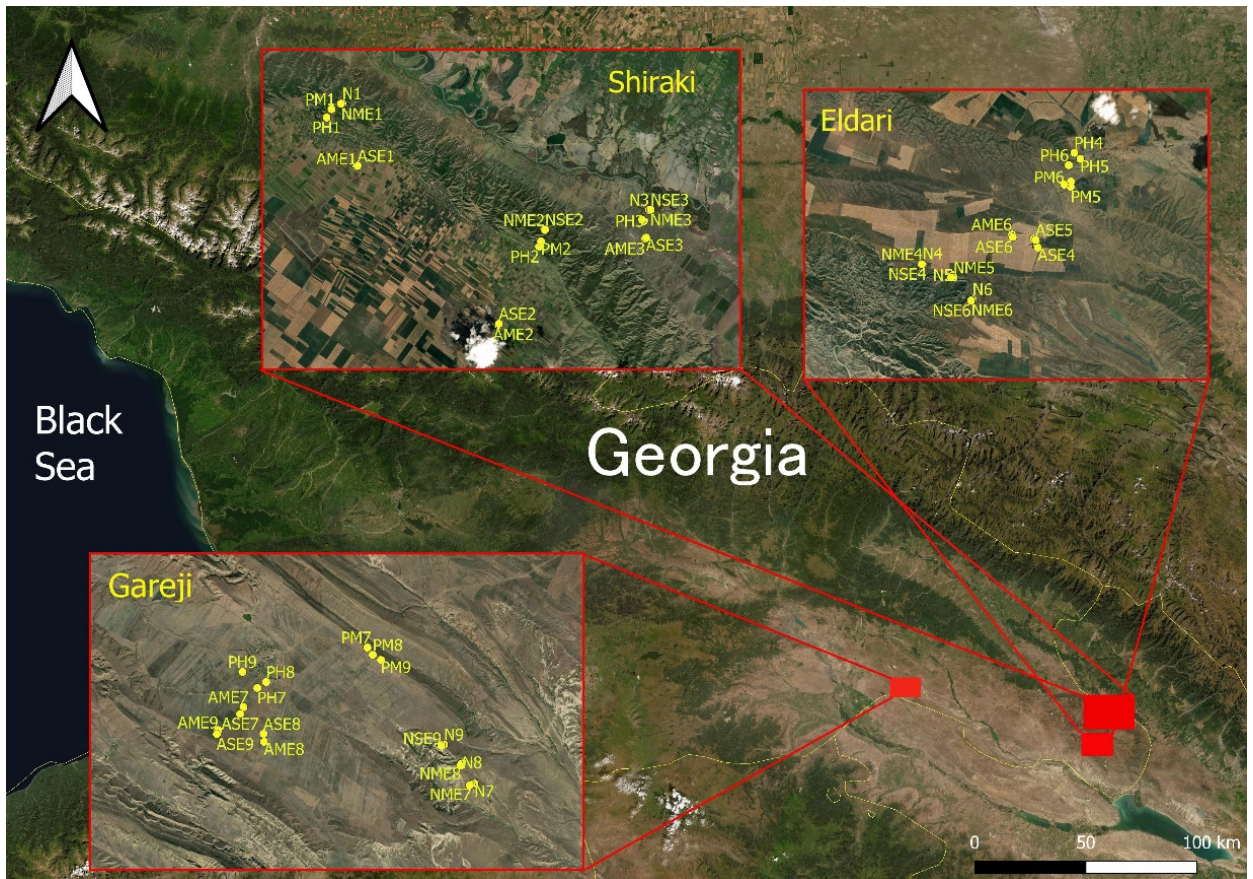
აბრევიატურა	ნიადაგის სინჯების აღების ადგილი	ნაკვეთის აღწერა	GPS კოორდინატები
ASE	სოფელი ზემო ქედი	სახნავის ძლიერი ეროზია	N41.411483° E46.404383°
AME		სახნავის საშუალო ეროზია	N41.411667° E46.404883°
PH		ძლიერი ძოვება	N41.432517° E46.387100°
PM		საშუალო ძოვება	N41.436067° E46.389867°
NSE		ბუნებრივი ძლიერი ეროზია	N41.438483° E46.395267°
NME		ბუნებრივი საშუალო ეროზია	N41.438317° E46.395450°
N		ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი	N41.438600° E46.396000°
ASE	სოფელი ქვემო ქედი	სახნავის ძლიერი ეროზია	N41.343470° E46.486023°
AME		სახნავის საშუალო ეროზია	N41.343079° E46.485700°
PH		ძლიერი ძოვება	N41.376783° E46.509133°
PM		საშუალო ძოვება	N41.379000° E46.510233°
NSE		ბუნებრივი ძლიერი ეროზია	N41.384150° E46.512550°
NME		ბუნებრივი საშუალო ეროზია	N41.383883° E46.512383°
N	ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი	N41.384133° E46.512133°	
ASE	სოფელი ფიროსმანი	სახნავის ძლიერი ეროზია	N41.380633° E46.570617°
AME		სახნავის საშუალო ეროზია	N41.380100° E46.570050°
PH		ძლიერი ძოვება	N41.388250° E46.569664°

აბრევიატურა	ნიადაგის სინჯების აღების ადგილი	ნაკვეთის აღწერა	GPS კოორდინატები
PM	სოფელი ფიროსმანი	საშუალო ძოვება	N41.388417° E46.568267°
NSE		ბუნებრივი ძლიერი ეროზია	N41.392717° E46.573233°
NME		ბუნებრივი საშუალო ეროზია	N41.392622° E46.573017°
N		ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი	N41.392658° E46.572343°
ASE	სოფელი კასრისწყალი 1	სახნავის ძლიერი ეროზია	N41.259933° E46.436650°
AME		სახნავის საშუალო ეროზია	N41.260267° E46.436167°
PH		ძლიერი ძოვება	N41.289933° E46.451950°
PM		საშუალო ძოვება	N41.280833° E46.450533°
NSE		ბუნებრივი ძლიერი ეროზია	N41.254701° E46.387832°
NME		ბუნებრივი საშუალო ეროზია	N41.254708° E46.388231°
N		ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი	N41.254911° E46.388274°
NSE		ბუნებრივი ძლიერი ეროზია	N41.254701° E46.387832°
NME		ბუნებრივი საშუალო ეროზია	N41.254708° E46.388231°
N		ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი	N41.254911° E46.388274°
ASE	სოფელი კასრისწყალი 2	სახნავის ძლიერი ეროზია	N41.262367° E46.435700°
AME		სახნავის საშუალო ეროზია	N41.262750° E46.434867°
PH		ძლიერი ძოვება	N41.287982° E46.454488°
PM		საშუალო ძოვება	N41.279183° E46.450467°
NSE		ბუნებრივი ძლიერი ეროზია	N41.250451° E46.400256°
NME		ბუნებრივი საშუალო ეროზია	N41.250450° E46.401200°

აბრევიატურა	ნიადაგის სინჯების აღების ადგილი	ნაკვეთის აღწერა	GPS კოორდინატები
N	სოფელი კასრისწყალი 2	ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი	N41.251260° E46.400883°
ASE	სოფელი კასრისწყალი 3	სახნავის ძლიერი ეროზია	N41.263250° E46.426083°
AME		სახნავის საშუალო ეროზია	N41.264067° E46.425783°
PH		ძლიერი ძოვება	N41.286017° E46.449617°
PM		საშუალო ძოვება	N41.279850° E46.447733°
NSE		ბუნებრივი ძლიერი ეროზია	N41.243162° E46.408552°
NME		ბუნებრივი საშუალო ეროზია	N41.243313° E46.408783°
N		ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი	N41.243561° E46.409279°
ASE		სოფელი უდაბნო 1	სახნავის ძლიერი ეროზია
AME	სახნავის საშუალო ეროზია		N41.493300° E45.370583°
PH	ძლიერი ძოვება		N41.498100° E45.375217°
PM	საშუალო ძოვება		N41.508217° E45.411950°
NSE	ბუნებრივი ძლიერი ეროზია		N41.473738° E45.446116°
NME	ბუნებრივი საშუალო ეროზია		N41.473953° E45.446602°
N	ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი		N41.474133° E45.447683°
ASE	სოფელი უდაბნო 2		სახნავის ძლიერი ეროზია
AME		სახნავის საშუალო ეროზია	N41.484600° E45.377450°
PH		ძლიერი ძოვება	N41.499567° E45.378183°
PM		საშუალო ძოვება	N41.506367° E45.413717°
NSE		ბუნებრივი ძლიერი ეროზია	N41.478699° E45.443040°

აბრევიატურა	ნიადაგის სინჯების აღების ადგილი	ნაკვეთის აღწერა	GPS კოორდინატები
NME	სოფელი უდაბნო 2	ბუნებრივი საშუალო ეროზია	N41.479118° E45.443164°
N		ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი	N41.479417° E45.443625°
ASE	სოფელი უდაბნო 3	სახნავის ძლიერი ეროზია	N41.486517° E45.361667°
AME		სახნავის საშუალო ეროზია	N41.487583° E45.362150°
PH		ძლიერი ძოვება	N41.502100° E45.370250°
PM		საშუალო ძოვება	N41.505117° E45.416467°
NSE		ბუნებრივი ძლიერი ეროზია	N41.483582° E45.436622°
NME		ბუნებრივი საშუალო ეროზია	N41.483769° E45.436692°
N		ბუნებრივი. ბუნებრივი სტეპი	N41.483932° E45.437516°

სურათი 17. ნიადაგის სინჯების შეგროვების წერტილები აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდულ ტერიტორიებზე ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) სამოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადამოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))



სურათი 18. სახნავი მიწების ძლიერი ეროზია (ASE)



სურათი 19. სახნავი მიწების საშუალო ეროზია (AME)



სურათი 20. ძლიერი ძოვება (PH)



სურათი 21. საშუალო ძოვება (PM)



სურათი 22. ბუნებრივი (გეოლოგიური)
ძლიერი ეროზია (NSE)



სურათი 23. ბუნებრივი (გეოლოგიური)
საშუალო (NME) ეროზია



სურათი 24. ბუნებრივი სტეპი (N)



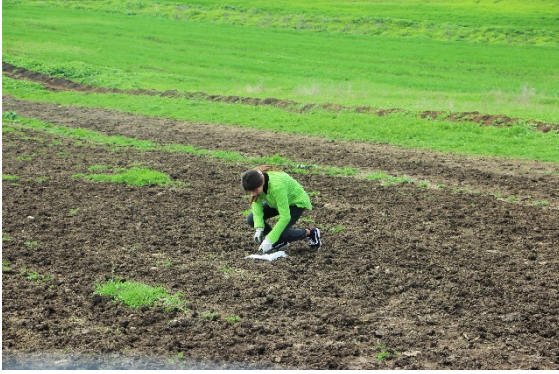
3.3 მასალის ლაბორატორიული დამუშავება

ნიადაგის სინჯებს ვათავსებდით პოლიეთილენის პარკებში და ვახდენდით მათ ეტიკეტირებას. ვინიშნავდით საკვლევი ნაკვეთების GPS კოორდინატებს და ვაკეთებდით საკვლევი ტერიტორიების ფოტოგრაფირებას (სურ. 25). ამის შემდეგ ხდებოდა ნიადაგის სინჯების ლაბორატორიული დამუშავება.

აღებული ნიადაგის სინჯებიდან ჯავშნიანი ტკიპების გამოყოფა ხდებოდა ლაბორატორიულ პირობებში ბერლეზეს მოდიფიცირებული აპარატის საშუალებით (Coineau, 1974), რაც გულისხმობს სინჯების მოთავსებას საცრებზე 60 ვატიანი ნათურების ქვეშ (სურ. 26). აპარატის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია ნიადაგის ცხოველების უარყოფით რეაქციაზე სინათლის, სიმშრალის და მომატებული ტემპერატურის მიმართ (Coleman et al., 2017). ნიადაგიდან ჯავშნიანი ტკიპების გამოყოფა 7-10 დღის განმავლობაში მიმდინარეობდა. საცრებიდან მასალას ვიღებდით ყოველ 24 საათში ერთხელ. გამოყოფილ ინდივიდებს ვინახავდით 70%-იან სპირტში. სახეობის რკვევისათვის რძის მჟავას საშუალებით მზადდებოდა დროებითი პრეპარატები (სურ. 27). ზრდასრული სახეობების რკვევა ხდებოდა ლაბორატორიაში მ. მურვანიძის ხელმძღვანელობით ბინოკულარით, მიკროსკოპით და სპეციალური სარკვევების დახმარებით (Гиляров & Криволицкий, 1975; Weigmann, 2006; Perez-Iñigo, 1993; 1997) (სურ. 28). ვაუჩერი ეგზემპლარები შენახულია აგრარული უნივერსიტეტის ენტომოლოგიის ინსტიტუტის კოლექციებში (ოთახი № 002). ასევე ყველა გამოთვლება ტარდებოდა მხოლოდ იმაგობზე.

ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების სისტემატიკური სია შედგენილია შატცის (Schatz et al., 2011) მიხედვით. სახეობების ეკოლოგია მითითებულია ვაიგმანის (Weigmann, 2006) და მურვანიძე, მუმლაძის და თოდრიას (Murvanidze and Mumladze, 2016; Murvanidze et al., 2019) ნაშრომების მიხედვით. სახეობამდე გარკვეული იქნა მხოლოდ ზრდასრული ინდივიდები. ასევე ყველა სტატისტიკური გამოთვლა ტარდებოდა მხოლოდ იმაგობზე.

სურათი 25. ნიადაგის სინჯების შეგროვება საველე პირობებში



სურათი 26. აღებული ნიადაგის სინჯებიდან ჯავშნიანი ტკიპების გამოყოფა ლაბორატორიულ პირობებში ბერლეზეს მოდიფიცირებული აპარატის საშუალებით



სურათი 27. სახეობის რკვევისათვის რძის მჟავას საშუალებით დამზადებული დროებითი პრეპარატები



სურათი 28. ზრდასრული სახეობების რკვევა ლაბორატორიაში ბინოკულარით, მიკროსკოპით და სპეციალური სარკვევების დახმარებით



3.4 სტატისტიკური ანალიზი

ჯავშნიანი ტკიპების სახეობათა მრავალფეროვნების, დომინანტობის, თანასაზოგადოების მსგავსების და სინჯების სისრულის შესაფასებლად გამოვიყენეთ როგორც პარამეტრული, ისე არაპარამეტრული შემფასებლები: ჩაოს ინდექსები ($Chao_1$ და $Chao_2$), სიმპსონის მრავალფეროვნების (1-D) ინდექსი, ფაუნის შემადგენლობის მსგავსების კლასტერი, მასალის აღების სისრულის ამსახველი აკუმულაციური მრუდები (Magurran, 2004). თანასაზოგადოების სტრუქტურის გამოსავლენად და მეტათანასაზოგადოებების სივრცული განაწილების კვლევისათვის გამოვიყენეთ თანასაზოგადოების ეკოლოგიაში მიღებული მეთოდები (რიცხოვნობის განაწილების მოდელები (Magurran, 2004)), ცალკეულ სახეობათა და სახეობათა კომპლექსების დამოკიდებულების შესასწავლად გარემო ფაქტორებთან გამოვიყენეთ ერთ და მრავალგანზომილებიანი რეგრესიული მეთოდები (Quinn and Keogh, 2002).

მონაცემთა სტატისტიკური ანალიზი გაკეთდა სხვადასხვა სტატისტიკური პროგრამების გამოყენებით (PAST v3.13 (Hammer, 2001); Biodiversity Professional (Mc Aleece et al., 1997), R (R Core Team, 2019).

სახეობათა რაოდენობისა და მათ დასახლების სიმჭიდროვეს შორის განსხვავებების გამოსავლენად ცვლადთა ანალიზის ANOVA (Analysis of Variance/Friedman's Anova) (Friedman, 1937; Galili, 2010) პროგრამული პაკეტის გამოყენებით თითოეული შესწავლილი ნაკვეთები შევადარეთ ბუნებრივ მდელს. გამოყენებულ იქნა რანდომიზირებული ბლოკების მეთოდი, როდესაც საკვლევი ტერიტორიები დაყავით ბლოკებათ შედარებით გასწორებული პირობებით და ტესტირებული ვარიანტები განაწილდა ექსპერიმენტულ და საკონტროლო ჯგუფებში შემთხვევითი თანმიმდევრობით. ANOVA მონაცემთა ანალიზი გაკეთდა MS Office Excel - ში და R-Studio პროგრამების გამოყენებით (R Core Team 2019; Galili, 2010).

ჯავშნიანი ტკიპების სახეობათა მრავალფეროვნება და დასახლების სიმჭიდროვე გამოთვლილი იქნა ყველა საველე ექპედიციის დროს შეგროვილი სახეობების და ინდივიდების ჯამის საშუალო არითმეტიკულით თითოეული შესწავლილი ტერიტორიისათვის m^2 . საშუალო მონაცემები სამჯერადი და ოთხჯერადი აღებისათვის და სტანდარტული გადახრა გამოვთვალეთ MS Microsoft

Excel-ის საშუალებით, რაც უფრო დიდია სტანდარტული გადახრა, მით მეტია მონაცემთა ცვალებადობა (გაფანტულობა). დასახლების სიმჭიდროვის ამსახველი გრაფიკები ავაგეთ MS Microsoft Excel-ში.

სახეობათა სიმდიდრის შესაფასებლად გამოვიყენეთ ჩაოს ინდექსის ($Chao_1$) არაპარამეტრული მეთოდი. $Chao_1$ საშუალებით დავადგინეთ სახეობათა აბსოლუტური რაოდენობის თანასაზოგადოებაში სინჯის მონაცემებზე დაყრდნობით, რის საფუძველზეც შევაფასეთ მასალის აღების სისრულე (სახეობათა სრული რაოდენობა) (Chao and Colwell, 2017).

მასალის აღების სისრულე ($Chao_1$ -ჩაოს ინდექსი) თითოეული ნაკვეთისათვის გამოვთვლება შემდეგი S_{Chao1} ფორმულით:

$$S_{Chao1} = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_1} \quad \text{სადაც,}$$

S_{Chao1} არის თანასაზოგადოებაში სახეობების მთლიანი რაოდენობა შესწავლილ ტერიტორიაზე;

S_{obs} - სახეობების რაოდენობა ერთ სინჯში (obs – observed);

F_1 – იმ სახეობების რაოდენობა, რომლებიც წარმოდგენილია ერთი ინდივიდით (singletons);

F_2 – იმ სახეობების რაოდენობა, რომლებიც წარმოდგენილია ორი ინდივიდით (doubletons).

დომინანტობის და მრავალფეროვნების სიმპსონის (1-D) ინდექსები გამოვთვალეთ PAST სტატისტიკური პროგრამის საშუალებით (PAST v3.13 (Hammer et al., 2001)). სიმპსონის მრავალფეროვნების (1-D) ინდექსი ნიშნავს ალბათობას იმისა, რომ ერთი და იმავე პოპულაციიდან შემთხვევით აღებული ორი ინდივიდი სხვადასხვა სახეობას მიეკუთვნება (Simpson, 1949). ინდექსი ვარირებს 0-დან 1-მდე და რაც უფრო ახლოსაა 1-თან D-ს მნიშვნელობა, მით მაღალია მრავალფეროვნება.

სიმპსონის ბიომრავალფეროვნების ინდექსი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$D = \sum \left\{ \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right\} \quad \text{სადაც,}$$

D - არის სიმპსონის ბიომრავალფეროვნების ინდექსი;

n_i - არის ერთი სახეობის ინდივიდების რაოდენობა ნაკვეთზე;

N - არის ინდივიდების საერთო რაოდენობა ნაკვეთზე.

ფაუნის შემადგენლობაში მსგავსების გამოსავლენად გამოყენებულ იქნა კლასტერის ტექნიკა (ჟაკარის ფაუნის მსგავსების ინდექსის მიხედვით). ინდექსი გვიჩვენებს ორ ან მეტ საკვლევ ნაკვეთებს შორის სახეობების მსგავსების პროცენტულ რაოდენობას და ნათლად გამოხატავს ჯავშნიანი ტკიპების ეკოლოგიურ დაჯგუფებებს. მთელი მონაცემებისათვის კლასტერების ასაგებად გამოვიყენეთ *PAST* v3.13 სტატისტიკური პროგრამა (Hammer et al., 2001).

BioDiversity Pro v2.0 პროგრამის საშუალებით ავაგეთ აკუმულაციური მრუდები. ეს მრუდები გვიჩვენებს მასალის აღების სისრულეს თითოეული შესწავლილი ნაკვეთისათვის (სახეობათა სრულ აღწერას) (Biodiversity Professional (McAleece et al., 1997)).

ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების რაოდენობის ცვლილება გამოვითვალეთ ყველა გამოკლულ პერიოდში თითოეული შესწავლილი ნაკვეთისათვის და ავაგეთ გრაფიკები MS Microsoft Excel-ში.

სინჯში სახეობის რიცხოვნობა და დასახლების სიმჭიდროვე განვიხილეთ ჰაბიტატის დარღვევის ფუნქციის ჭრილში, რისთვისაც გამოვიყენეთ რეგრესიის ეფექტი გეოგრაფიული მდებარეობისა და სეზონურობის გათვალისწინებით.

არიდული ეკოსისტემების კვლევის დრო მიღებული მონაცემებისთვის რეგრესიის ანალიზი ჩატარდა lme4 R-Package-ში lmer ფუნქციით (Bates et al. 2013). მრავალფეროვნებისა და სიმჭიდროვის მრავალჯერადი შედარებები ჰაბიტატის კლასებს შორის შემოწმდა „multcomp“ პაკეტის გამოყენებით (Hothorn et al. 2008).

სახეობების/ჰაბიტატების შესამოწმებლად და თითოეული შესწავლილი ჰაბიტატისათვის ინდიკატორი სახეობების გამოსავლენად, თითოეული სახეობისა და შესწავლილი ჰაბიტატისთვის გამოვიყენეთ ინდიკატორული სახეობების ანალიზი (ISA) (Dufrene and Legendre, 1997; De Cáceres et al, 2012) მონაცემთა ანალიზი მოხდა *R-Studio*-ში ((test species/habitat association R -‘indicspecies’) (De Cáceres, 2013; R Core Team, 2019)).

არიდულ ეკოსისტემებში ჩატარებული კვლევის დროს გამოვლენილი თითოეული სახეობისათვის ინდიკატორული დონე შემოწმდა თითოეული ჰაბიტატის ტიპისა და მათი კომბინაციებისთვის multipatt/IndVal.g ფუნქციის გამოყენებით. თითოეული სახეობისათვის, ასევე შეფასდა შემდეგი ინდიკატორული სიდიდეები: სპეციფიკურობა (კონკრეტული ტერიტორიის ჰაბიტატის ჯგუფისათვის მიკუთვნება სახეობის ყოფნა-არყოფნის გათვალისწინებით) და მგრძობელობა (სამიზნე ჰაბიტატების ჯგუფში სახეობის პოვნის ალბათობა) (Dufrene and Legendre 1997). სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, სპეციფიკურობა ნიშნავს თუ რამდენად მტკიცედ არის სახეობა მიჯაჭვული კონკრეტული ტიპის ჰაბიტატების დაჯგუფებასთან (თუმცა შეიძლება ის არ გვხვდებოდეს ამ დაჯგუფების ყველა ჰაბიტატში), ხოლო მგრძობელობა ნიშნავს თუ რამდენად კარგად ფარავს სახეობა ამა თუ იმ დაჯგუფებაში შემავალ ყველა ჰაბიტატს (De Cáceres et al., 2012).

ზოგიერთ შემთხვევაში, სახეობა შეიძლება გამოაკლდეს სამიზნე ჰაბიტატის ჯგუფს არა ჰაბიტატის მახასიათებლის, არამედ გეოგრაფიული მდებარეობის გამო. ამ მიზეზით და საკვლევი ტერიტორიის დიდი მასშტაბის გათვალისწინებით, ინდიკატორული სახეობების/კომბინაციების დაშლით, პრიორიტეტი ენიჭება სპეციფიკურ მახასიათებლებს.

ამრიგად, ინდიკატორული სიდიდეების დაშლა მგრძობელობისა და სპეციფიკურობის მიხედვით გვეხმარება დავადგინოთ შესაბამისი სახეობის ინდიკატორული ღირებულება. გამომდინარე აქედან, მოხდა არიდული ეკოსისტემების საკვლევი ტერიტორიების ინდიკატორი სახეობებით დაფარულობის განსაზღვრა (სპეციფიკის ზღვრულ დონედ 0,8, ხოლო მგრძობელობის 0,25 ერთეული განიხილება (Dufrene and Legendre 1997, De Cáceres et al. 2012).

ვინაიდან ჯავშნიანი ტკიპების სიმჭიდროვე დიდადაა დამოკიდებული სეზონურობაზე (Seastedt and Crossley Jr, 1980; Wehner et al., 2018), ინდიკატორ სახეობათა ანალიზი ჩატარდა როგორც მთლიანი მონაცემებისთვის, ისე სეზონურად. თითოეული სახეობის ინდიკატორულ ღირებულებასთან ერთად, ინდიკატორ სახეობათა კომპლექსების გამოსავლენად გავტესტეთ სახეობათა კომბინაციებიც (De Cáceres et al. 2012), სადაც სპეციფიკურობისა და მგრძობელობის ზღვრულ ნორმებად 0.85 და 0.3 განისაზღვრა.

გამოკვლევული ტერიტორიების და ნიადაგის სინჯების შეგროვების ადგილების
ამსახველი რუკები დამზადდა Google Earth Pro (7.3.3.7786) პროგრამის საშუალებით.

4. შედეგების განხილვა

4.1 ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) ფაუნისტურ-ეკოლოგიური ანალიზი

4.1.1 კასპის თიხის კარიერებზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით

კასპის თიხის კარიერზე რეგისტრირებულია ჯავშნიანი ტკიპების 41 სახეობა, რომელიც განაწილებულია 17 ზეოჯახში, 24 ოჯახსა და 32 გვარში (დან. 1). ფაუნისტური თვალსაზრისით ყველაზე მდიდარი ზეოჯახებია **Gustavioidea** და **Oppioidea** 3-3 ოჯახით, თუმცა ზეოჯახების უმრავლესობა თითო ოჯახითაა წარმოდგენილი. ყველაზე მრავალრიცხოვანი აღმოჩნდა გვარი **Oribatula (Zygoribatula)** - 4 სახეობით.

თიხის კარიერზე ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების ყველაზე მეტი რიცხოვნობა დაფიქსირდა რეკულტივირებულ (გადამოვებულ) კარიერებსა (M2-1; M2-2; M2-3) და ბუნებრივ მდელოს (Ctr) ტერიტორიაზე, ხოლო ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი იყო არარეკულტივირებულ კარიერზე, სადაც ბუნებრივი მეორადი სუქსცესია მიმდინარეობს (M1) (ცხრ. 5).

სულ რეგისტრირებული 3085 ინდივიდის დაახლოებით 89% (2753 ინდივიდი) ეკუთვნის მხოლოდ 8 დომინანტი სახეობას (**Punctoribates punctum** (C.L. Koch, 1839), **Oribatula (Z.) cognata** (Oudemans, 1902), **Pilogalumna crassiclava** (Berlese, 1914), **Tectocephus velatus** (Michael, 1880), **Epilohmannia cylindrica** (Berlese, 1904), **Acrotritia ardua** (C.L. Koch, 1841), **Ramusella clavipectinata** (Michael, 1885), **Galumna flagellata** Willmann, 1925) (დან. 1). მათგან **P. punctum** დომინირებს ყველა გამოკვლეულ წერტილში და მისი რიცხოვნობა შეადგენს საერთო რიცხოვნობის დაახლოებით 56%-ს, ხოლო დომინანტი სახეობების ინდივიდების რაოდენობის 63%-ს. **P. punctum** და **T. velatus** ტოლერანტური სახეობებია დარღვეული ეკოსისტემებისადმი და ცნობილნი არიან, როგორც სუქცესიის ადრეული ეტაპების კარგი პიონერი კოლონიზატორები (Skubala, 1995; Skubala and Gulvik, 2005). ეს სახეობა, როგორც წესი, დიდი სიმჭიდროვით გვხვდება ურბანულ, რუდერალურ და დარღვეულ ჰაბიტატებზე (Maraun and Scheu, 2000; Maraun et al., 2003; მურვანიძე და სხვ., 2009; Murvanidze et al., 2011; St. John et al., 2002; Weigmann, 1995). ასევე ეს სახეობები კარგად უძლებენ ექსტრემალურ პირობებს და დიდ სიმჭიდროვეებს

აღწევნ იქ, სადაც უფრო მგრძობიარე სახეობები ვერ ძლებენ. სწორედ ეს იყვნენ ძირითადი კოლონიზატორი სახეობები მანგანუმის საბადოს პოსტ-ინდუსტრიულ ნაყარებზე, კავთისხევის კირქვის და გარდაბნის თიხის სხვადასხვა წელს აღდგენილ და მიტოვებულ კარიერებზე (Murvanidze et al., 2013; მურვანიძე და სხვ., 2013; Murvanidze and Todria, 2015).

სახეობები *Nothrus anauniensis* Canestrini & Fanzago, 1876, *Dorycranosus splendens* (Coggi, 1898), *Oppiella (O.) nova* (Oudemans, 1902), *Scutovertex armazi* Murvanidze & Weigmann, 2012, *Oribatella colchica* Krivolutsky, 1974 შეგვხვდა მხოლოდ ბუნებრივ (საკონტროლო) ტერიტორიაზე (Ctr), *Metabelba italica* Sellnick, 1931, *Epimerella smirnovi* (Kulijev, 1962), *Oppiella (R.) fallax* (Paoli, 1908), *Oppiella (R.) subpectinata* (Oudemans, 1900), *Parachipteria fanzagoi* (Jacot, 1929), *Pilogalumna tenuiclava* (Berlese, 1908) რეკულტივირებულ კარიერზე (M2-3), ხოლო სახეობები *Oribatula (Oribatula) tibialis* (Nicolet, 1855) და *Li acarus brevilamellatus* Mihelčič, 1955 2012 წელს რეკულტივირებულ (აღდგენილ) კარიერზე (შესაბამისად M3-1 და M3-3). ოთხი სახეობა *Epilohmannia cylindrica* (Berlese, 1904), *Ramusella clavipectinata* (Michael, 1885), *Tectocephus velatus* (Michael, 1880) და *Punctoribates punctum* (C.L. Koch, 1839) საერთო აღმოჩნდა ყველა გამოკვლეული წერტილისათვის (დან. 1).

ბუნებრივ მდელოზე (Ctr) ნაპოვნი იქნა კავკასიისა და საქართველოს ორიბატიდული ფაუნისათვის იშვიათი სახეობა *Scutovertex armazi* Murvanidze & Weigmann, 2012, რომელიც პირველად რეგისტრირებულ იქნა 2012 წელს არმაზის ხეობაში (Murvanidze and Weigmann, 2012) და ზოგადად, გვხვდება არიდულ ეკოსისტემებში.

კვლევის პერიოდში თითოეულ ტერიტორიაზე სახეობების რიცხოვნობის დინამიკის შესწავლამ აჩვენა სახეობათა რიცხოვნობის უფრო მაღალი მაჩვენებელი ოქტომბრის და თებერვლის თვეებში რეკულტივირებულ კარიერებზე (M2-2; M2-3), 2012 წელს რეკულტივირებული (შემოღობილ) კარიერზე (M3-3) და საკონტროლო ტერიტორიაზე (Ctr). ხოლო ივნისსა და ივლისში სახეობათა რიცხოვნობა შემცირდა თითქმის ყველა გამოკვლეულ ტერიტორიაზე (გრაფ. 1).

სიმპსონის მრავალფეროვნების ინდექსი (1-D) მაღალია ბუნებრივ მდელოსა (Ctr) და რეკულტივირებულ კარიერებზე (M2-1; M2-2; M2-3), შედარებით დაბალია

რეკულტივირებულ (შემოდობილ) კარიერებზე (M3-1; M3-2; M3-3), ხოლო ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი - არარეკულტივირებულ კარიერზე (M1) (ცხრ. 5).

Chao-1 ინდექსის გამოთვლამ და მასალის აღების სისრულის ამსახველმა აკუმულაციურმა მრუდმა აჩვენა მასალის შეგროვების 100%-იანი სისრულე 2012 და 2013 წლებში რეკულტივირებულ (შემოდობილ) კარიერებზე (M3-2; M3-3), 90-98% სისრულე არარეკულტივირებულ კარიერზე (M1) და რეკულტივირებულ კარიერებზე (M2-1; M2-2; M2-3). 2014 წელს რეკულტივირებული (შემოდობილი) ტერიტორიის (M3-1) და ბუნებრივი მდელოს (საკონტროლო) (Ctr) ტერიტორიებზე დაფიქსირდა მასალის შეგროვების მხოლოდ 0,51-0,77%-იანი სისრულე, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ამ ტერიტორიებზე დამატებითი სამუშაოების ჩატარების შემთხვევაში, ახალი სახეობების აღმოჩენის ალბათობა საკმაოდ მაღალია (ცხრ. 5. გრაფ. 2).

კლასტერის ანალიზი მიუთითებს, რომ მსგავსების ყველაზე მაღალი მაჩვენებლით ერთად დაჯგუფდა სხვადასხვა წელს აღდგენილი კარიერების (M3) და ბუნებრივი მდელოს (Ctr) ორიბატიდული ფაუნა, შედარებით დაბალი მსგავსებით მათთან ერთად დაჯგუფდა რეკულტივირებული კარიერების ფაუნა (M2), ხოლო არარეკულტივირებული კარიერების (M1) ფაუნა სრულიად იზოლირებულია ყველა კარიერისაგან (გრაფ. 3).

ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების დასახლების სიმჭიდროვე (ინდ/მ²) ყველაზე დაბალი იყო რეკულტივირებულ კარიერებზე (M2-2 – 437; M2-3 – 931), შედარებით მეტი არარეკულტივირებულ, რეკულტივირებულ და 2012 წელს რეკულტივირებულ (შემოდობილ) კარიერებზე (M1 – 2456; M2-1 – 2019; M3-3 – 2269), ხოლო ყველაზე მაღალი – 2013 და 2014 წელს რეკულტივირებულ (შემოდობილ) კარიერებზე (M3-1 – 3968; M3-2 – 3594) და ბუნებრივ (საკონტროლო) ტერიტორიაზე (Ctr – 3606) (გრაფ. 4.).

ANOVA ანალიზით გამოვლინდა, რომ კარიერებს შორის ჯავშნიანი ტკიპების დასახლების სიმჭიდროვე არ არის სარწმუნოდ განსხვავებული ერთმანეთისგან ($F_{3,12,0,05}=3,49$. $F=0,16$. $P=0,92$. $P>0,05$. $F_{STAT}=0,16<3,49$), ხოლო სახეობათა რაოდენობას შორის გამოვლინდა მნიშვნელოვანი განსხვავებები ($F_{3,12,0,05} = 3,49$. $F=8,54$. $P=0,003$. $P<0,05$. $F_{STAT} = 8,54>3,49$).

კასპის თიხის კარიერის არარეგულარული სამთო-მოპოვებითი სამუშაოები დაიწყო გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან და გაგრძელდა 2006 წლამდე. ამის

შემდეგ შპს „ჰეიდელბერგცემენტ კაუკასუსმა“ კარიერის დახურვის შემდგომ წამოიწყო კარიერის აქტიური აღდგენითი ღონისძიებები ნიადაგის აღდგენის მიზნით, რომელიც გაგრძელდა 2010 წლამდე (Tränke, 2012). ჩვენმა კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ აღდგენის კატეგორია - „მოქმედებების გარეშე“ – დაახლოებით 10 ჰა. ხელუხლებელი ტერიტორია მეორადი ბუნებრივი სუქცესიით (მართვის პირველი კატეგორია (M1)) არ არის ეფექტური სტრატეგია ნიადაგის ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებების (და ალბათ, მთელი ნიადაგის ეკოსისტემის) განვითარებისათვის კასპის შემოგარენში არსებული კლიმატურ პირობებში. საპირისპიროდ, სხვა კვლევებში დასტურდება ბუნებრივი სუქცესიის ეფექტურობა (Dunger et. al., 2001; Skubala, 2006; Murvanidze et al., 2013) და აღინიშნება, რომ ბუნებრივად მიმდინარე სუქცესია შეიძლება განიხილებოდეს, როგორც კარგი ეკოლოგიური თვითაღდგენის პროცესი. მიუხედავად ამისა, ნიადაგის ფორმირებასა და კარიერების ნიადაგის დარღვეული სტრუქტურის აღდგენას ხელს უწყობს ნაყარების ხელოვნური რეკულტივაცია, რომელიც გაცილებით სწრაფად აღადგენს ნიადაგის სტრუქტურას ვიდრე ბუნებრივი პროცესი (Murvanidze and Todria, 2015).

ორიბატიდული თანასაზოგადოების ცუდი ჩამოყალიბება არარეკულტივირებული ტერიტორიებზე (მიმდინარე ბუნებრივი სუქცესიით (M1)) შეიძლება აიხსნას ორი მიზეზით:

(ა) კასპის თიხის კარიერის არარეგულარული სამთო-მოპოვებითი სამუშაოების შეჩერებას (2006) და ნიადაგის სინჯების აღებას (2015) შორის დროის ინტერვალი არ არის საკმარისი პერიოდი ნიადაგის ფაუნის ჩამოყალიბებისათვის, ფაუნის განვითარებისათვის 10 წელზე მეტია საჭირო (Murvanidze et. al., 2013; Skubala, 2006);

(ბ) კასპის თიხის კარიერის გარშემო არ არის განვითარებული მცენარეული საფარის „წყარო“ (და შესაბამისად, ნიადაგის ნაყოფიერი ფენისთვის), არარეკულტივირებული კარიერი მიმდინარე ბუნებრივი სუქცესიით (M1) და რეკულტივირებული (შემოუღობავი (M2)) ნაკვეთები გარშემორტყმულია ინტენსიური ძოვების ბუნებრივი და აღდგენილი მდელოებით, ტყის ტერიტორიების გარეშე. ინტენსიური ძოვება იწვევს ნიადაგის ბალახოვანი საფარის დაზიანებას, გაშიშვლებას, ნიადაგის დატკეპნას, აფერხებს მცენარეული საფარის თვითაღდგენას, ეს ხელს

უწყობს ეროზიულ პროცესების და მეწყრული მოვლენებს განვითარებას, რაც იწვევს ნიადაგის უნაყოფობას და მას უვარგისს ხდის ნიადაგის ფაუნის ჩამოყალიბებისათვის.

წინა გამოკვლევებში კარიერების ჯავშნიანი ტკიპების ახალი სახეობებით კოლონიზაცია ხდებოდა კარიერის მიმდებარე ტყეებიდან, ძველი ნაყარებიდან და ბუნებრივი მდელოებიდან (Murvanidze et. al., 2013; მურვანიძე და სხვ., 2013). რაც უფრო ძველი იყო კარიერი, მით უფრო მაღალი იყო მრავალფეროვნება, მიუხედავად ამისა, კარიერებზე ნიადაგის აღდგენითი პროცესები ჯერ კიდევ მიმდინარეობდა და ყველაზე ძველი კარიერების ფაუნაც კი განსხვავდებოდა ბუნებრივი მდელოს ფაუნისაგან. შესაბამისად, რაც უფრო ძველი იყო კარიერი, მით მაღალი მრავალფეროვნებით ხასიათდებოდა და პირიქით. აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჰაბიტატის მრავალფეროვანი ფრაგმენტების არსებობა აჩქარებს მეორადი სუქცესიის პროცესებს მიტოვებულ კარიერებზე, ხოლო მათი არ არსებობისას სუქცესიური პროცესები შეიძლება მიმდინარეობდეს ძალიან ნელა ან საერთოდ არ წარიმართოს და ამიტომ აუცილებელია აქტიური აღდგენითი სამუშაოების ჩატარება.

საკონტროლო (ბუნებრივი მდელო (Ctr)) და რეკულტივირებულ (შემოღობილ (M3)) ტერიტორიებზე ორიბატიდული ფაუნის დიდი მსგავსების მიუხედავად, ჩვენი მოლოდინის საწინააღმდეგოდ, რეკულტივირებულ (შემოღობილი (M3)) ტერიტორიებზე (რომლებიც დაცულია ძველებისაგან) დაფიქსირდა ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების დაბალი რიცხოვნობა (როგორც სახეობების რიცხოვნობის, ასევე მთლიანი სახეობების მრავალფეროვნების) მიმდებარე რეკულტივირებულ (შემოღობავ (M2)) ან ბუნებრივ ტერიტორიებთან შედარებით. შემოღობვამ დაიცვა რეკულტივირებული ტერიტორიები ჭარბი ძველებისაგან და ხელი შეუწყო ხშირი მცენარეული საფარის განვითარებას ნიადაგის ფაუნის ჩამოყალიბებისათვის. ნიადაგის სტრუქტურის აღდგენას მოსდევს ნიადაგის ფაუნის განვითარება და პირიქით. კარიერების რეკოლონიზაცია ნიადაგის ფორმირების უნარის მქონე უხერხემლოებით, აუმჯობესებს ნიადაგის სტრუქტურას და მას ხდის უფრო ხელსაყრელს შემდგომი აქტიური კოლონიზაციისათვის (Murvanidze and Todria, 2015). ამასთანავე, როგორც ცხრილი 5-ია ნაჩვენები, რეკულტივირებულ, შემოღობილ ტერიტორიებზე (M3) ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების განაწილება უფრო დაბალია, ვიდრე

რეკულტივირებულ, შემოუღობავ (M2) ტერიტორიებზე, სადაც დომინირებდა სახეობა *Punctoribates punctum* (C.L. Koch, 1839). ამ სახეობის ყველაზე მაღალი რიცხოვნობა დაფიქსირდა არარეკულტივირებულ კარიერზე (M1) და დომინირებს ყველა გამოკვლეულ წერტილში.

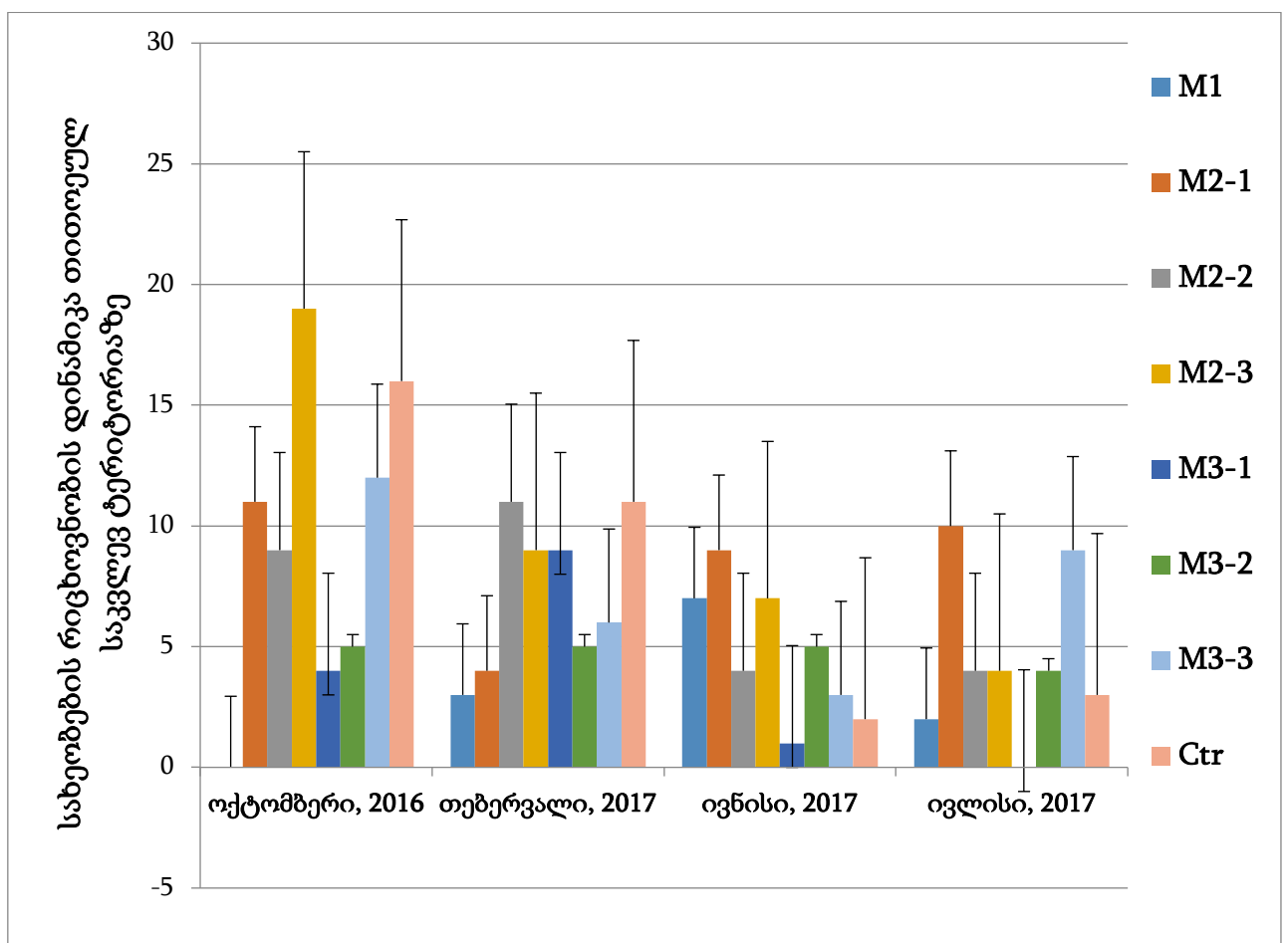
საკვლევ ნაკვეთებზე დომინანტი სახეობები ტოლერანტურები არიან დარღვეული ეკოსისტემებისადმი. აქვთ უნარი დასახლდნენ ფართო ეკოლოგიური სპექტრის მქონე ჰაბიტატებში, რაც გამოწვეულია ფართო კვებითი სპეციალიზაციით (Stefaniak and Seniczak, 1981), ხოლო სწრაფი გამრავლების უნარის გამო ისინი მალევე აღიდგენენ რიცხოვნობას ეკოსისტემის რღვევის შემდეგ. ამ სახეობების მაღალი რიცხოვნობაც შემოღობილ (M3) კარიერებზე ასევე მიუთითებს, რომ დროის ინტერვალი შემოღობვას (2012, 2013 და 2014 წლები) და ნიადაგის სინჯების შეგროვებას (2015-2016) შორის არ იყო საკმარისი პერიოდი ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებისთვის და შესაბამისად ნიადაგის ფაუნის ჩამოყალიბებისათვის. უფრო მეტიც, იმ მგრძობიარე სახეობებისთვის, რომლებიც დამოკიდებულნი არიან ჰაბიტატის ხარისხზე და პასიური განაწილების შესაძლებლობებზე, შემოღობვით შესაძლოა შეიქმნას დამატებითი ბარიერი, რადგან ცხოველები (მაგ.: მსხვილფეხა საქონლისთვის), რომლებმაც შესაძლოა ხელი შეუწყონ ორიბატიდების პასიურ გავრცელებას ვერ ახერხებენ შესვლას შემოღობილ ნაკვეთზე. მიუხედავად ჯავშნიანი ტკიპების დაბალი მობილობისა და კოლონიზაციის ნელი უნარისა, ჩატარებული კვლევებით დასტურდება, რომ ნიადაგის ფეხსახსრიანების პასიური გავრცელების დიდი უნარი აქვთ და შესაძლოა მოხდეს სხვადასხვა ვექტორებით, როგორებიცაა: ქარი (Karasava et al., 2005; Lehmitz et al., 2011; Lehmitz et al., 2012), ფრინველები (Lebedeva, 2012), ხოჭოები (Dunger et al., 2001; Waleckx et al., 2018) და ბაყაყებითაც კი (Beaty et al., 2013), რაც ხელს უწყობს კოლონიზაციის წყარო ჰაბიტატებიდან დეგრადირებული ჰაბიტატებისკენ. მართლაც, იმ სახეობების დაფიქსირება რეკულტივირებულ (შემოუღობავ (M2)) ტერიტორიებზე, როგორებიცაა: *Ceratoppia quadridentata* (Haller, 1882), *Quadroppia quadricarinata* (Michael, 1885), *Epimerella smirnovi* (Kulijev, 1962), *Scutovertex armazi*, *Oribatella colchica* Krivolutsky, 1974, 1925, მიუთითებს იმაზე, რომ ამ სახეობებმა ვერ შეძლეს პასიური გავრცელება რეკულტივირებულ, შემოღობილ ნაკვეთებზე (M3). მიუხედავად ამისა, როგორც ჩანს, ეს ვექტორები ვერ

იქნება პასუხისმგებელი კასპის თიხის კარიერზე ჯავშნიანი ტკიპების კოლონიზაციის ჩამოყალიბებაზე. ჩვენ ვფიქრობთ, რომ პოსტინდუსტრიულ ნაყარებზე პირუტყვის აქტიური მოვება აფერხებს მცენარეული საფარის განვითარებას და ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების დაგროვებას (Carvalho, 2010), თუმცა ამავდროულად შესაძლოა ხელს უწყობდეს მიმდებარე ტერიტორიებიდან ნიადაგის მიკროართროპოდების გადაადგილებას. სამწუხაროდ, არ არის საკმარისი ცნობები იმის შესახებ, თუ რა როლს ასრულებს მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის გადაადგილება ჯავშნიანი ტკიპების გავრცელებაში, რომ ჩვენი დასკვნები კიდევ უფრო გამყარდეს.

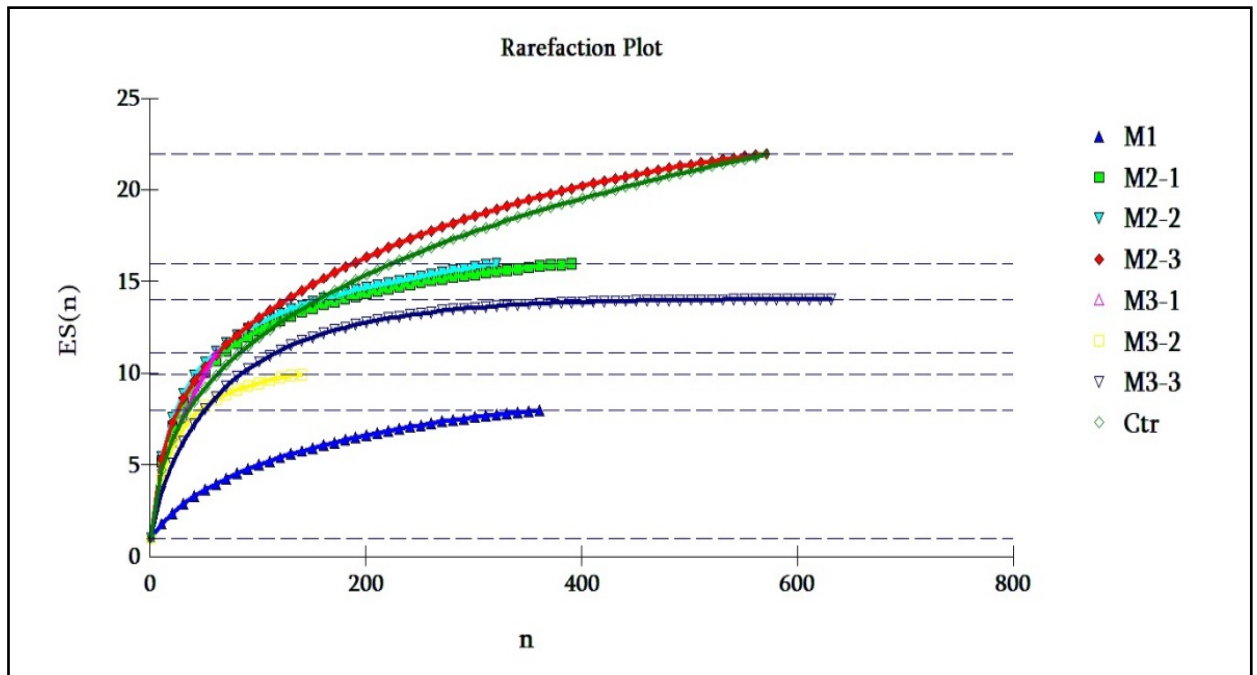
ცხრილი 5. ჯავშნიანი ტკიპების ბიომრავალფეროვნების ინდექსები კასპის თიხის კარიერზე (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი – 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი); M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი – 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი – 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 1 (შემოღობილი); M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 2 (შემოღობილი); M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 3 (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო))

	M1	M2-1	M2-2	M2-3	M3-1	M3-2	M3-3	Ctr
სახეობები _ S	8	17	17	23	11	10	15	23
ინდივიდები	363	363	340	575	53	147	635	572
დომინანტობა _ D	0.85	0.23	0.21	0.24	0.36	0.43	0.52	0.29
სიმკვრივე _ 1-D	0.15	0.77	0.79	0.77	0.64	0.57	0.48	0.71
შენიშნული _ H	0.39	1.89	1.94	1.94	1.67	1.39	1.22	1.74
Evenness _ e ^{H/S}	0.18	0.42	0.45	0.31	0.39	0.39	0.23	0.25
Chao-1	8.33	17.33	18.5	23.86	21.5	10	15	30
დასახლების სიმჭიდროვე ინდ/მ ²	2456± 3107	2019± 2154	438± 544	931± 663	3969± 1977	3594± 3976	2269± 4421	3606± 4591

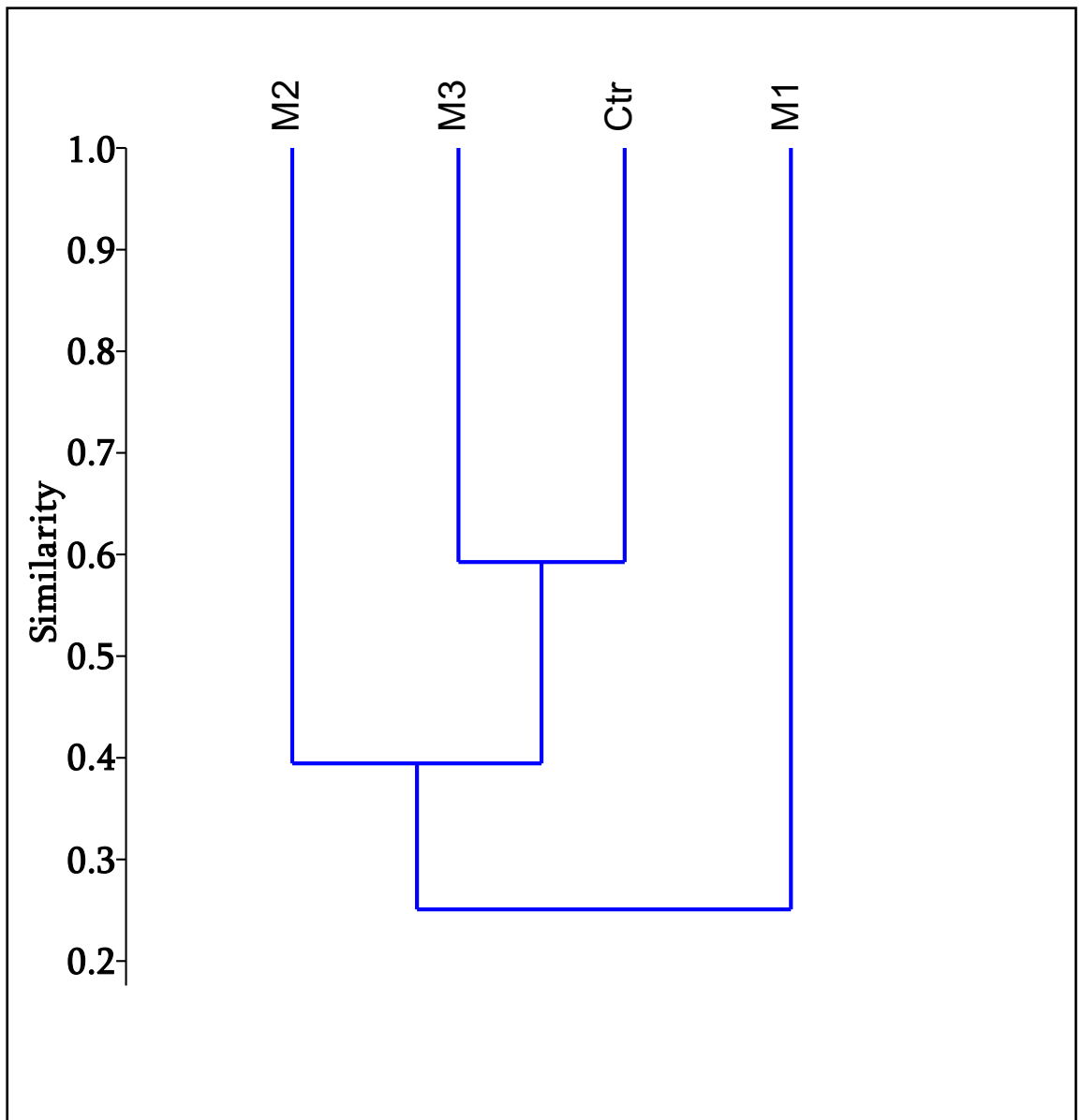
გრაფიკი 1. ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების რიცხოვნობის ცვლილება კასპის თიხის კარიერზე ყველა გამოკლულ პერიოდში თითოეული შესწავლილი ტერიტორიებისათვის (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ± 1 სტანდარტულ გადახრას) (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 - რეკულტივირებული კარიერი - 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერევატი); M2-2 - რეკულტივირებული კარიერი - 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 - რეკულტივირებული კარიერი - 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 - 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი - 1 (შემოღობილი); M3-2 - 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი - 2 (შემოღობილი); M3-3 - 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი - 3 (შემოღობილი); Ctr - კონტროლი (ბუნებრივი მდელო))



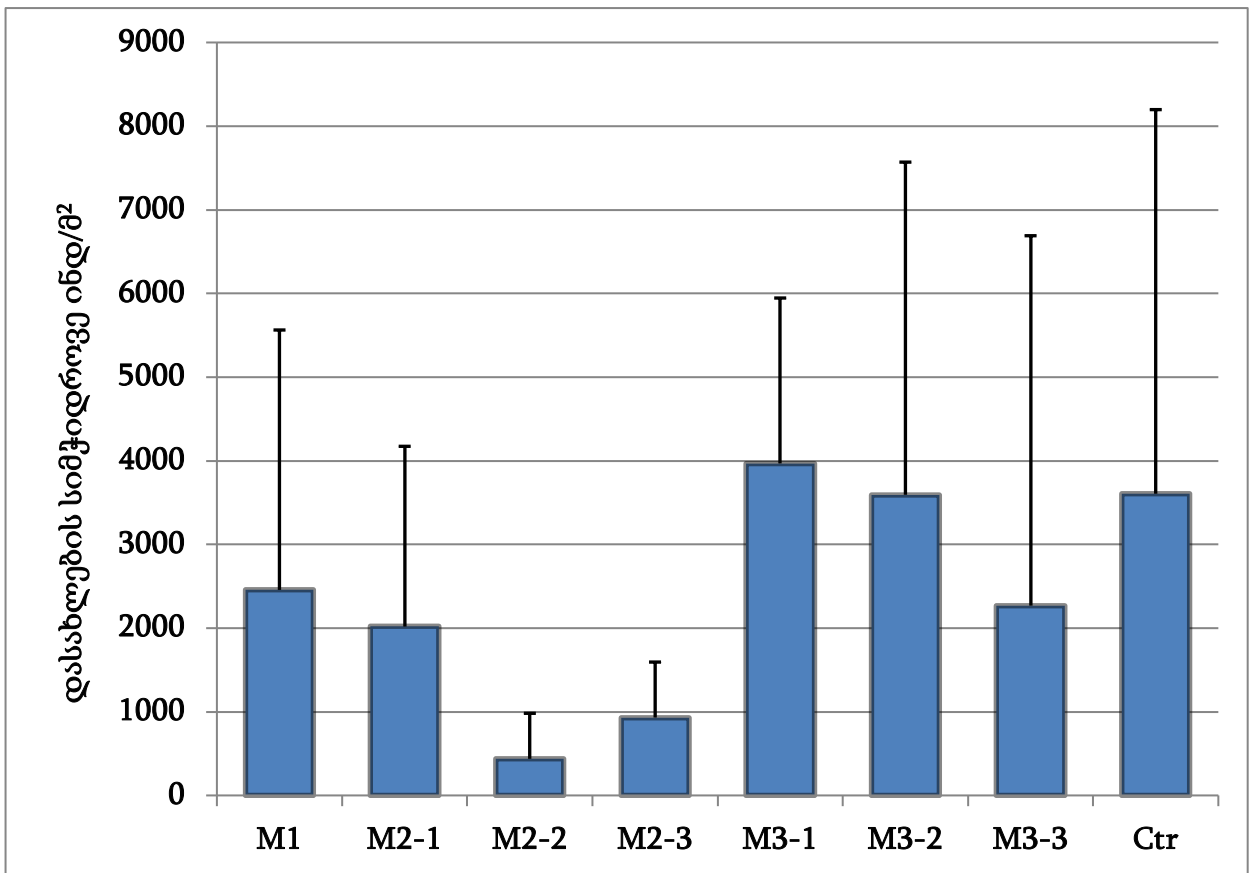
გრაფიკი 2. მასალის ადების სისრულის ამსახველი აკუმულაციური მრუდი (Rarefaction Plot) კასპის თიხის კარიერისათვის (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი – 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი); M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი – 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი – 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 1 (შემოღობილი); M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 2 (შემოღობილი); M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 3 (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო))



გრაფიკი 3. ფაუნისტური მსგავსების კლასტერი ჟაკარდის კოეფიციენტის მიხედვით (M1 – არარეკულტივირებული კარიერი; M2 – რეკულტივირებული კარიერი; M3 – რეკულტივირებული კარიერი (შემოდობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო)



გრაფიკი. 4. ჯავშნიანი ტკიპების დასახლების სიმჭიდროვე ინდ/მ² კასპის თიხის კარიერზე (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ± 1 სტანდარტულ გადახრას) (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 - რეკულტივირებული კარიერი - 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერევატი); M2-2 - რეკულტივირებული კარიერი - 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 - რეკულტივირებული კარიერი - 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 - 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი - 1 (შემოღობილი); M3-2 - 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი - 2 (შემოღობილი); M3-3 - 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი - 3 (შემოღობილი); Ctr - კონტროლი (ბუნებრივი მდელო))



4.2.1 პესტიციდების გავლენის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე სოფელ პატარბეულში

საკვლევ ტერიტორიაზე სულ რეგისტრირებული იქნა ჯავშნიანი ტკიპების 84 სახეობა, რომელიც განაწილებულია 22 ზეოჯახში, 39 ოჯახსა და 61 გვარში (დან. 2). ყველაზე მდიდარი ზეოჯახებია **Oripodoidea** 5 ოჯახით და **Crotonioidea, Oppioidea** **Oripodoidea** 4-4 ოჯახით. ყველაზე მრავალრიცხოვანი აღმოჩნდა გვარი **Oppiella** – 5 სახეობით. ზეოჯახების უმრავლესობა თითო ოჯახითაა წარმოდგენილი. **Graptoppia (Graptoppia) paraanalisis** Subías & Rodriguez 1985 და **Oribatula (Zygoribatula) skrjabini** (Bulanova-Zakhvatkina, 1967) ახალი იყო საქართველოს ფაუნისათვის, ხოლო **Mongaiardia grandjeani** Calugar & Vasiliu, 1984 ახალი იყო კავკასიის რეგიონისათვის (Murvanidze and Arabuli, 2017).

ჩატარებული საველე სამუშაოების შედეგად ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების ყველაზე დიდი რაოდენობა აღინიშნა ბუნებრივ, საკონტროლო ნაკვეთზე (MCtr) - 59 სახეობა, დამუშავებულ, შეწამლულ ნაკვეთზე (PPL) - 52, დამუშავებულ, შეუწამლავ ნაკვეთზე (UPL) - 49, ხოლო საკონტროლო, მოხნულ ნაკვეთზე (PLCtr) - 41 სახეობა (ცხრ. 6).

სულ რეგისტრირებული 5765 ინდივიდების დაახლოებით 84% (4841 ინდივიდი) წარმოდგენილია 9 დომინანტი სახეობით (**Dorycranosus splendens** (Coggi, 1898), **Ramusella clavipectinata** (Michael, 1885), **Tectocepheus punctulatus** Djaparidze, 1985, **Tectocepheus velatus** (Michael, 1880), **Protoribates capucinus** (Berlese, 1908), **Oribatula (Oribatula) tibialis** (Nicolet, 1855), **Oribatula (Z.) skrjabini** Bulanova-Zachvatkina, 1967, **Liebstadia longior** (Berlese, 1908) და **Punctoribates punctum** (C.L. Koch, 1839), მათ შორის დომინანტი სახეობა **P. punctum** შეადგენს საერთო რიცხოვნობის 28%-ს, ხოლო დომინანტი ინდივიდების 33%-ს (დან. 2).

საკვლევ ტერიტორიაზე დიდი სიმჭიდროვით გამორჩეული დომინანტი სახეობების უმრავლესობა ძირითადად გვხვდებიან ურბანულ, რუდერალურ, აგრარულ და სხვადასხვა დარღვეულ ჰაბიტატებში, კარგად უძლებენ სტრესულ გარემოს და გვევლინებიან სუქცესიის ადრეულ ეტაპებზე კოლონიზატორი სახეობების როლში (Maraun and Scheu, 2000; Maraun et al., 2003; Murvanidze et al., 2009; Murvanidze et al., 2011; St. John et al., 2002; Weigmann, 1995).

სახეობები *Steganacarus (S.) spinosus* (Sellnick, 1920), *Hermannella punctulata* Berlese, 1908, *Belba dubinini* Bulanova-Zachvatkina, 1962, *Metabelba flagelliset* Bulanova-Zachvatkina, 1965, *Caleremaeus monilipes* (Michael, 1882), *Damaeolus ornatissimus* Csiszar, 1962 შეგვხვდა მხოლოდ შეწამლულ დამუშავებულ ნაკვეთზე (PPI), *Hypochthonius luteus* Oudemans, 1917, *Oxyoppioides decipiens* (Paoli, 1908), *Pantelozetes paoli* (Oudemans, 1913), *Chamobates voigtsi* (Oudemans, 1902) და *Pilogalumna crassiclava* (Berlese, 1914) შეუწამლავ მოხნულ ნაკვეთზე (UPI), *Steganacarus (Tropacarus) carinatus* (C.L. Koch, 1841), *Platynothrus peltifer* (C.L. Koch, 1835), *Nothrus palustris* C.L. Koch, 1839, *Oppiella (R.) subpectinata* (Oudemans, 1900) *Peloptulus phaenotus* (C.L. Koch, 1844) და *Oribatella nigra* Kulijev, 1967 მოხნულ (საკონტროლო) ნაკვეთზე (PICtr), *Hermannia gibba* (C.L. Koch, 1839), *Arthrodamaeus femoratus* (C.L. Koch, 1840), *Eupterotegaeus ornatissimus* (Berlese, 1908), *Amerobelba decedens* Berlese, 1908, *Suctobelba granulata* Hammer, 1952, *Eupelops acromios* (Hermann, 1804) და *Scheloribates latipes* (C.L. Koch, 1844) ბუნებრივ (საკონტროლო) ნაკვეთზე (MCtr). ოთხივე შესწავლილი ნაკვეთისათვის საერთო აღმოჩნდა ჯავშნიანი ტკიპების 20 სახეობა (დან. 2).

კვლევის პერიოდში თითოეულ ტერიტორიაზე სახეობათა რიცხოვნობის შესწავლამ აჩვენა, რომ სახეობების რიცხოვნობა ოთხივე გამოკვლეულ ნაკვეთზე მაღალი იყო წლის თბილ პერიოდში (მაისი, ივნისი, ივლისი, აგვისტო), ხოლო წლის ცივ პერიოდში რიცხოვნობა იკლებს. ამასთანავე, სახეობების რიცხოვნობა სხვა ნაკვეთებთან შედარებით ყველაზე მაღალი იყო საკონტროლო (ბუნებრივ) და საკონტროლო მოხნულ ნაკვეთებზე (გრაფ. 5).

სიმპსონის მრავალფეროვნების ინდექსი (1-D) მაღალი იყო ყველა შესწავლილ ნაკვეთებზე (PPL, UPI, MCtr), შედარებით დაბალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა მოხნულ საკონტროლო ნაკვეთზე (PICtr) (ცხრ. 6). საერთო ჯამში, შესწავლილ ნაკვეთებს შორის სიმპსონის მრავალფეროვნების ინდექსში განსხვავება საკმაოდ მცირეა (მინიმალურია) და მერყეობს 0,70-0,86 შორის.

შესწავლილ ნაკვეთებზე მასალის სისრულის გამოსავლენად ჩატარებულმა Chao-1 ინდექსის გამოთვლამ და აკუმულაციურმა მრუდმა აჩვენა მასალის შეგროვების 85-90%-იანი სისრულე ყველა გამოკვლეულ ნაკვეთზე (PPL; UPI; MCtr), ხოლო მოხნულ საკონტროლო ნაკვეთზე (PICtr) საკმაოდ დაბალი მაჩვენებელი 54%-

იანი სისრულე. საერთო ჯამში, ოთხივე ტერიტორიაზე მრუდი კვლავ იზრდება და საველე სამუშაოების ჩატარების შემთხვევაში მოსალოდნელია დამატებითი სახეობების გამოვლენის ალბათობა მაღალია (ცხრ. 6. გრაფ. 6).

ნაკვეთებს შორის ფაუნისტური მსგავსების გამოსავლენად ჩატარებულმა კლასტერის ანალიზმა აჩვენა, რომ ჯავშნიანი ტკიპები მსგავსების ყველაზე მაღალი მაჩვენებლით ერთად დაჯგუფდნენ ბუნებრივი (MCtr) და პესტიციდებით შეუწამლავი (UPL) ნაკვეთებზე, მათთან ერთად საკმაოდ ახლოს დაჯგუფდა შეწამლული ნაკვეთის (PPI) ორიბატიდული ფაუნა, ხოლო მოხნული საკონტროლო ნაკვეთის (PICtr) ფაუნა იზოლირებულია სამივე ნაკვეთისაგან (გრაფ. 7).

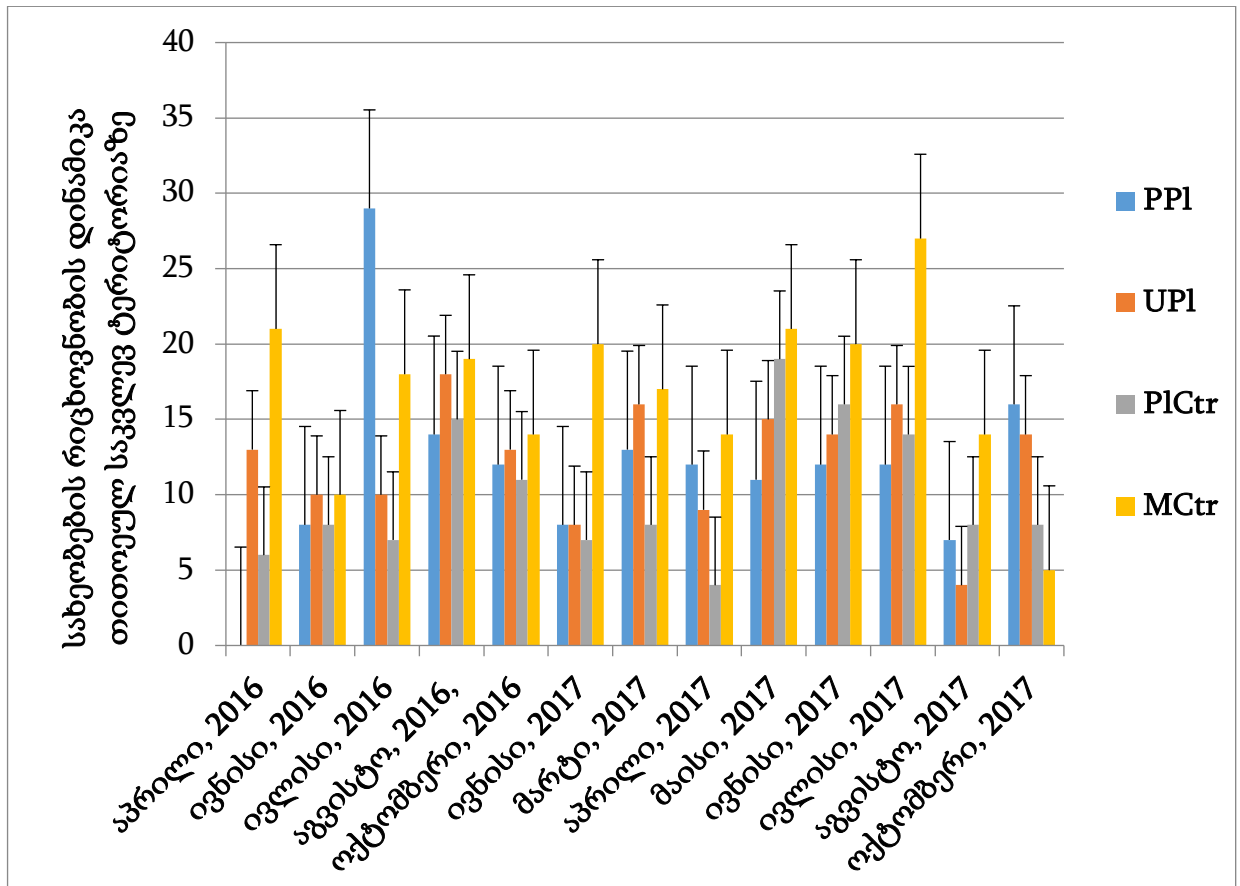
ჯავშნიანი ტკიპების დასახლების სიმჭიდროვე (ინდ/მ²) დაბალი იყო მოხნულ (საკონტროლო) და შეუწამლავ ნაკვეთებზე (PICtr – 1528; UPL - 1728), გაიზარდა შეწამლულ ნაკვეთზე (PLCtr - 1896) და ყველაზე მაღალ მაჩვენებელს მიაღწია დაუმუშავებელ (საკონტროლო) მინდორზე (MCtr - 3785) (გრაფ. 8).

დისპერსიული ანალიზის ფრიდმანის ტესტით (Analysis of variance / Friedman's Anova) თითოეულ გამოკვლეულ ნაკვეთს შორის არ გამოვლინდა სახეობების რიცხოვნობის, სიმჭიდროვის და მრავალფეროვნების მნიშვნელოვანი განსხვავებები (ყველა შემთხვევაში $P > 0,05$ -ზე).

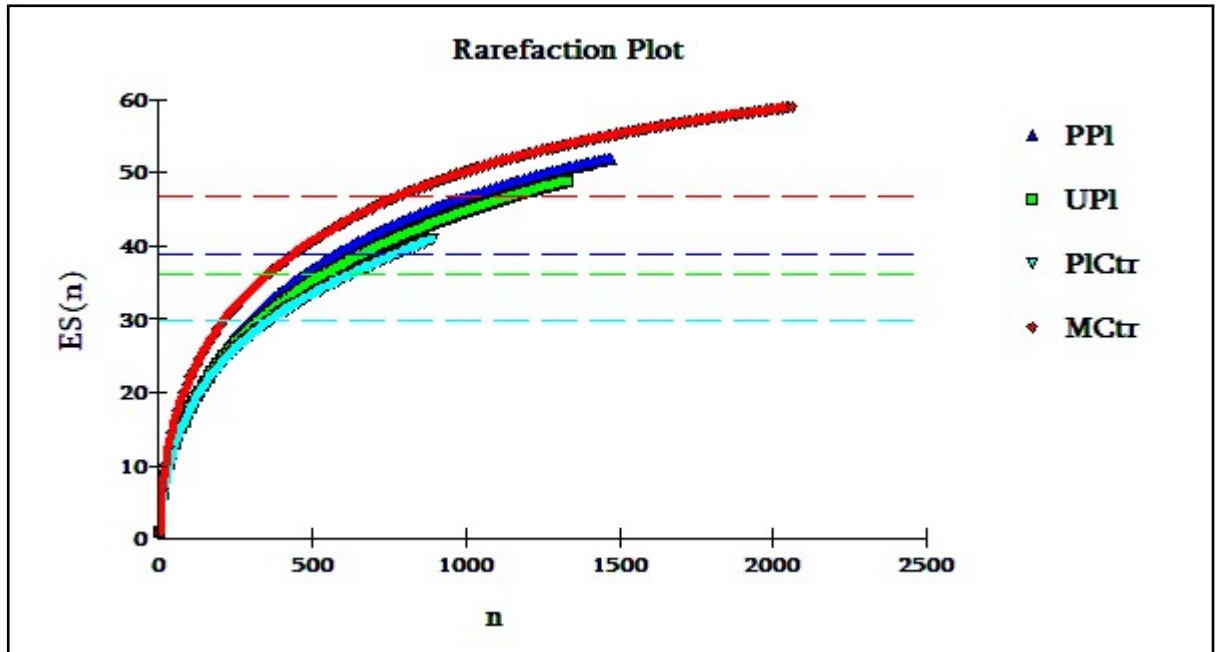
ცხრილი 6. ჯავშნიანი ტკიპების ბიომრავალფეროვნების ინდექსები სოფელ პატარძულში (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი)

	PPI	UPI	PICtr	MCtr
სახეობები	52	49	41	59
ინდივიდები	148	133	89	206
დომინანტობა _ D	0.14	0.15	0.29	0.14
სიმპსონი _ 1-D	0.86	0.85	0.70	0.86
შენონი _ H	2.41	2.38	1.99	2.64
ევენესი _ e ^{H/S}	0.21	0.22	0.179	0.24
Chao-1	59.8	57.27	76	65.88
დასახლებს სიმჭიდროვე ინდ/მ ²	1896±1728	1710±1038	1528±1029	3785±3795

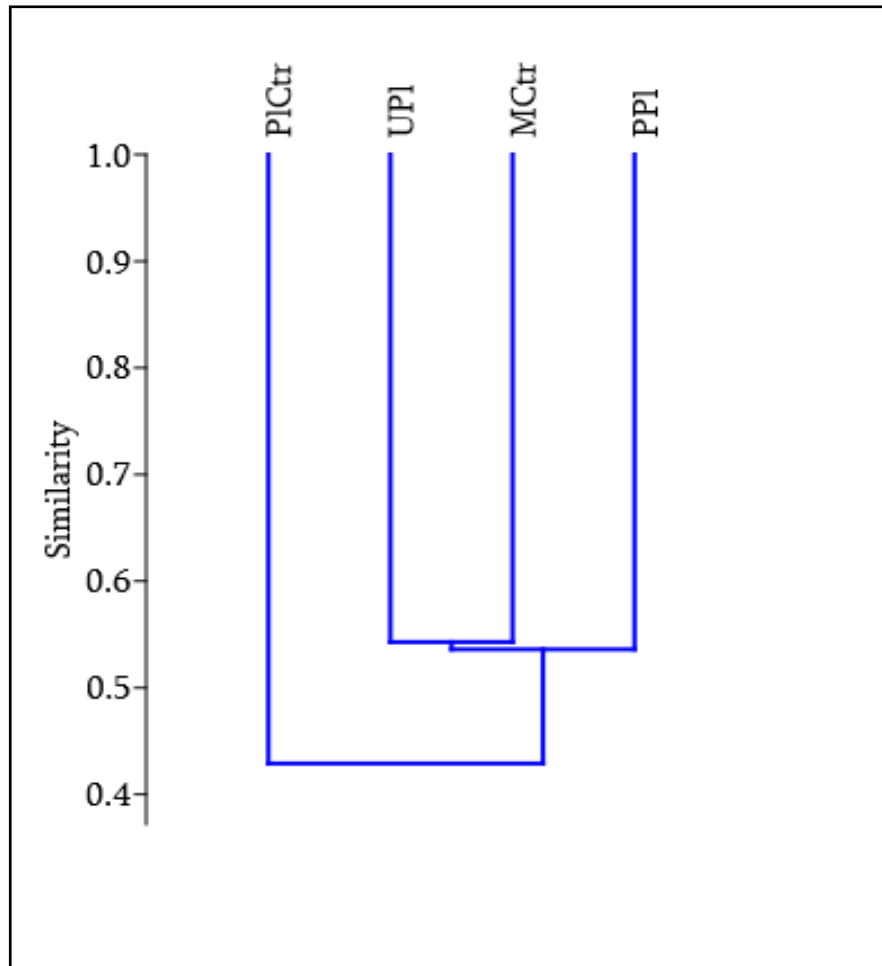
გრაფიკი 5. ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების რაოდენობის ცვლილება ყველა გამოკლულ პერიოდში თითოეული შესწავლილი ნაკვეთისათვის (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ± 1 სტანდარტულ გადახრას) (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი)



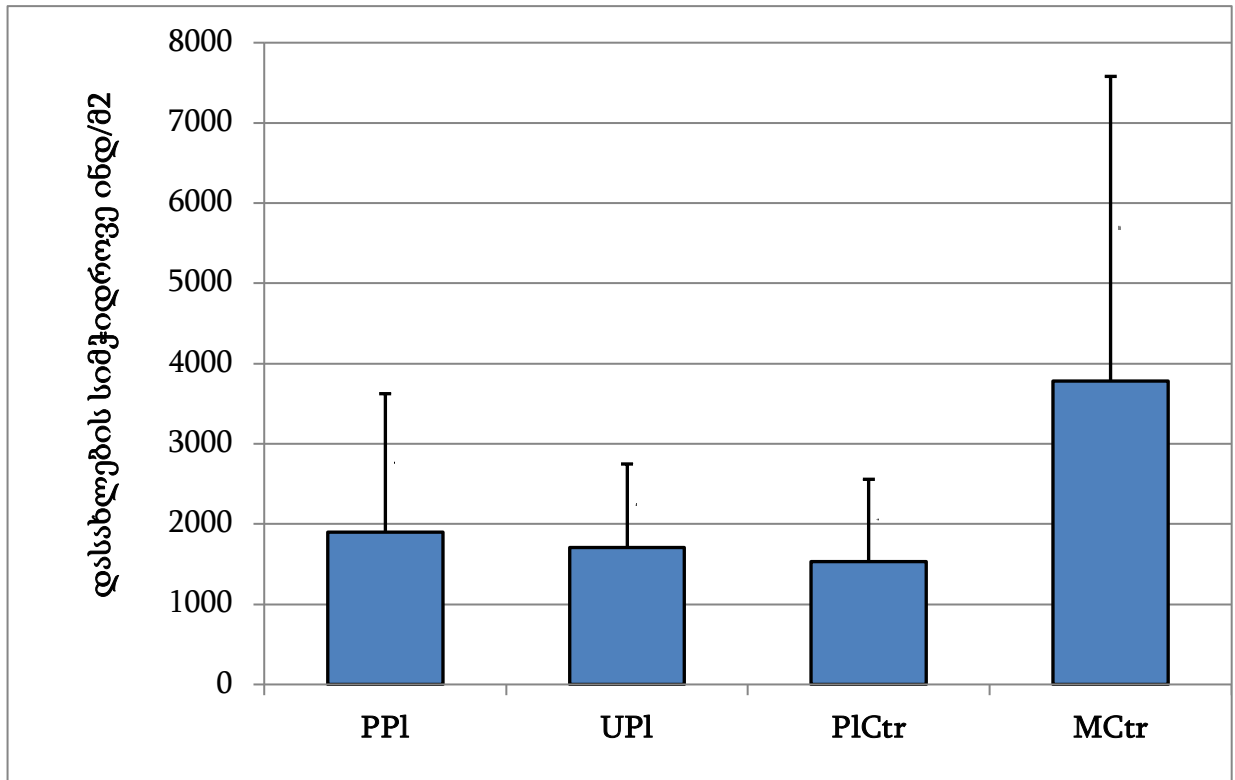
გრაფიკი 6. სოფელ პატარძელში საკვლევი წერტილის მასალის ადების სისრულის ამსახველი აკუმულაციური მრუდი (Rarefaction Plot) (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი)



გრაფიკი 7. ფუნქციური მსგავსების კლასტერი ჟაკარდის კოეფიციენტის მიხედვით (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მიწები)



გრაფიკი 8. ჯავშნიანი ტკიპების დასახლების სიმჭიდროვე (ინდ/მ²) (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ± 1 სტანდარტულ გადახრას) (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PIctr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი)



4.2.3 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით

სამივე საკვლევ ტერიტორიაზე სულ რეგისტრირებულია ჯავშნიანი ტკიპების 81 სახეობა, რომლებიც განაწილებულია 23 ზეოჯახში, 37 ოჯახში და 56 გვარში (დან. 3). 55 სახეობა ნაპოვნია შირაქის ვაკეზე, საიდანაც *Hemileius (Simkinia) ovalis* Kulijev, 1968 (ქვემო ქედი, ბუნებრივი სტეპი (N)) ახალი სახეობაა საქართველოს ფაუნისათვის, ელდარის დაბლობზე – 54, საიდანაც საქართველოს ფაუნისათვის ახალია *Peloribates glaber* Mihelčič, 1956 (კასრისწყალი, ბუნებრივი ძლიერი ეროზია (NSE)), ხოლო გარეჯის ზეგანზე – 61 სახეობა, სადაც ნაპოვნია საქართველოსათვის ახალი სახეობა *Ceratozetes bulanovae* Kulijev, 1962 (უდაბნო, ძლიერი ძოვება (PM)). ფაუნისტური თვალსაზრისით ყველაზე მდიდარი ზეოჯახებია **Plateremaeoidea** 4 ოჯახით, **Crotonioidea, Ameroidea, Oripodoidea** 3-3 ოჯახით. ზეოჯახების უმრავლესობა თითო ოჯახითა და სახეობით არიან წარმოდგენილნი. ყველაზე მრავალრიცხოვანი აღმოჩნდა გვარები **Oribatula** - 7 სახეობით, **Scheloribates** – 5, **Ceratozetes** და **Oppiella** - 4-4 სახეობით.

ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების ყველაზე მეტი რიცხოვნობა დაფიქსირდა ბუნებრივი სტეპის (საკონტროლო) (N – 69) და სახნავის საშუალო ეროზიის (AME – 51) ტერიტორიებზე, შედარებით დაბალი რიცხოვნობაა საშუალო ძოვების (PM – 41) და ბუნებრივი საშუალო ეროზიის (NME - 44) ტერიტორიებზე და უფრო ნაკლები ძლიერი ძოვების (PH - 36), სახნავის ძლიერი ეროზიის (ASE - 35) და ბუნებრივი ძლიერი ეროზიის (NSE - 30) ტერიტორიებზე (ცხრ. 7).

სულ რეგისტრირებული 13225 ინდივიდის 75% (9945 ინდივიდი) წარმოდგენილია 8 დომინანტი სახეობით (*Tectocepheus velatus* (Michael, 1880), *Oribatula (Zygoribatula) cognata* (Oudemans, 1902), *Oribatula (Zygoribatula) exarata* Berlese, 1916, *Oribatula (Zygoribatula) terricola* Van der Hammen, 1952, *Hemileius (Simkinia) ovalis* Kulijev, 1968, *Scheloribates (Hemileius) initialis* (Berlese, 1908), *Scheloribates laevigatus* (C.L. Koch, 1835), *Punctoribates punctum* (C.L. Koch, 1839)). მათ შორის დომინანტი ორი სახეობა, *S. laevigatus* და *P. punctum* (6219 ინდივიდი), წარმოადგენს მთლიანი ინდივიდების 47%-ს, ხოლო დომინანტი სახეობების 62%-ს (დან. 3).

სახეობები *Steganacarus (Steganacarus) magnus* (Nicolet, 1855), *Eremulus flagellifer* Berlese, 1908, *Liacarus coracinus* (C.L. Koch, 1841), *Ceratoppia quadridentata* (Haller, 1882), *Berniniella bicarinata* (Paoli, 1908), *Oppiella (R.) hygrophila* (Mahunka, 1987), *Eupelops acromios* (Hermann, 1804), *Oribatula (Oribatula) tibialis* (Nicolet, 1855) და *Liebstadia pannonica* (Willmann, 1951) შეგხვდა მხოლოდ ბუნებრივ სტეპებში (N), *Lopheremaeus mirabilis* (Csiszar, 1962), *Berlesezetes aff. cuspidatus* Mahunka, 1982, *Multioppia laniseta* Moritz, 1966, *Lepidozetes singularis* Berlese, 1910, *Ceratozetes gracilis* (Michael, 1884), *Ceratozetes laticuspidatus* Menke, 1964 და *Chamobates interpositus* Pschorn-Walcher, 1953 სახნავის ძლიერი ეროზიის ტერიტორიებზე (ASE), ხოლო *Ceratozetes bulanove* Pschorn-Walcher, 1953 ძლიერი მოვების (PM) ტერიტორიაზე. საერთო ჯამში, 15 სახეობა მხოლოდ ერთ საკვლევ ტერიტორიაზე იქნა ნაპოვნი (152 ინდივიდი), საიდანაც 8 სახეობა წარმოდგენილია მხოლოდ თითო ინდივიდით. 16 სახეობა საერთო აღმოჩნდა ყველა გამოკვლეული ტერიტორიისათვის. ეს სახეობები მუდმივად გვხვდება ყველა შესწავლილ ჰაბიტატებში, მაგრამ უფრო დიდ სიმჭიდროვეს აღწევენ ბუნებრივ ტერიტორიებზე (დან. 3).

რეგისტრირებული 81 სახეობიდან 24 დამახასიათებელია მშრალი, არიდული, სემიარიდული და უდაბნოს ეკოსისტემებისათვის, 19 სახეობა კი მუდმივად გვხვდება ყველა ტიპის ჰაბიტატებში (დან. 3) (Weigmann, 2006). დომინანტი სახეობები კარგად უძლებენ სტრესულ პირობებს, ტოლერანტური არიან დარღვეული ეკოსისტემებისადმი, აქვთ უნარი დასახლდნენ ფართო ეკოლოგიული სპექტრის მქონე ეკოსისტემებში და დიდი სიმჭიდროვით გვხვდებიან იქ, სადაც მგრძნობიარე სახეობები ვერ ძლებენ (Maraun and Scheu, 2000; Maraun et al., 2003; Murvanidze et al., 2009; Murvanidze et al., 2011; St. John et al., 2002; Weigmann, 1995). ის სახეობები, რომლებიც სპეციფიკურია მშრალი ეკოსისტემების და ტყის ნიადაგებისათვის (Weigmann, 2006), დიდი მრავალფეროვნებით შეგხვდა ბუნებრივ ეკოსისტემებში (N) და ბუნებრივ საშუალო ეროზიის ტერიტორიაზე (NSE).

კვლევის პერიოდში თითოეულ ტერიტორიაზე სახეობათა რაოდენობის შესწავლისას დიდი რაოდენობა აღინიშნა ბუნებრივ სტეპებში (N), სახნავის საშუალო ეროზიის (AME) და საშუალო მოვების (PM) საკვლევ ტერიტორიებზე აპრილსა და

მაისში, შედარებით დაბალი რიცხოვნობაა ნოემბრის თვეში ყველა გამოკვლეულ ტერიტორიაზე, გარდა ბუნებრივი სტეპისა (გრაფ. 9)

სიმპსონის მრავალფეროვნების ინდექსი (1-D) სხვა ტერიტორიებთან შედარებით უფრო მაღალი იყო ბუნებრივი სტეპისა (N) და ბუნებრივი საშუალო ეროზიის (NSE) ტერიტორიებზე. საერთო ჯამში, შესწავლილ ტერიტორიებს შორის სიმპსონის მრავალფეროვნების ინდექსში განსხვავება საკმაოდ მცირეა (მინიმალურია) და მერყეობს 0,70-0,87 შორის (ცხრ. 7).

Chao-1 ინდექსის გამოთვლამ და მასალის აღების სისრულის ამსახველმა აკუმულაციურმა მრუდმა აჩვენა მასალის შეგროვების დაახლოებით 92-98%-იანი სისრულე საშუალო ძოვების (PM), ბუნებრივი სტეპის (N) და სახნავის საშუალო ეროზიის (AME) ტერიტორიებზე, 80-90%-იანი სისრულე დანარჩენ ტერიტორიებზე (PM, ASE, NSE, NME) (ცხრ. 7; გრაფ. 10).

კლასტერის ანალიზი მიუთითებს, რომ ფაუნის მსგავსების ყველაზე მაღალი მაჩვენებლით ერთად დაჯგუფდა ბუნებრივი და საშუალოდ ეროდირებული ბუნებრივი სტეპის ორიბატიდული ფაუნა (N; NME), მათთან შედარებით მაღალი მსგავსებით დაჯგუფდა ბუნებრივი ძლიერი ეროზიის (NSE) ფაუნა, ხოლო მათგან იზოლირებულად, მაგრამ ერთად დაჯგუფდა დარღვეული ეკოსისტემების ორი ჯგუფი - ძლიერ და საშუალოდ გადამოვებული (PH; PM) და ძლიერ და საშუალოდ ეროდირებული სახნავები (ASE; AME) ორიბატიდული ფაუნა (გრაფ. 11).

დასახლების სიმჭიდროვის ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი აღინიშნა ბუნებრივად ძლიერ ეროდირებულ ტერიტორიებზე (NSE - 3258), გაიზარდა ძლიერ გადამოვებულ (PH - 8250) და ძლიერ ეროდირებულ სახნავ (ASE - 9325) ტერიტორიებზე, უფრო მაღალი მაჩვენებელი იყო საშუალოდ გადამოვებულ (PM - 17833), საშუალოდ ეროდირებულ სახნავებსა (AME - 19750) და ბუნებრივ საშუალოდ ეროდირებულ (NME - 3258) ტერიტორიებზე და ყველაზე მაღალ ნიშნულს მიაღწია ბუნებრივ სტეპში (N - 38083). თუმცა განსხვავება სტატისტიკურად სარწმუნო იყო მხოლოდ ბუნებრივ და დარღვეულ ეკოსისტემებს შორის და არა თავად დარღვეულ ტერიტორიებს შორის (გრაფ. 12).

რეგრესიის მოდელებით (როგორც ერთი ეკოსისტემის, ისე მთელი საკვლევი ტერიტორიისთვის (ცხრ. 9; ცხრ. 10) კარგად გამოჩნდა ფაუნის მრავალფეროვნების

ცვლილება დარღვევების რეჟიმის მიმართებაში (ტერიტორიის მიხედვით მონაცემები – $\chi^2(6) = 51, p < 0,001$, ცალკეული სინჯის მიხედვით – $\chi^2(6) = 98, p < 0,001$). კერძოდ, ბუნებრივ ჰაბიტატებთან შედარებით, ყველა სხვა დარღვევის ჯგუფებში, მნიშვნელოვნად შემცირდა მრავალფეროვნების კოეფიციენტი (სახეობის რიცხოვნობა და ინდივიდების რაოდენობა) (ცხრ. 9; 10; გრაფიკი 13). დარღვეული ჯგუფების რამდენჯერმე შედარებამ აჩვენა სახეობების რიცხოვნობის და მრავალფეროვნების მნიშვნელოვანი კლება ბუნებრივ ტერიტორიებიდან სხვა საკვლევ ტერიტორიებისკენ (გრაფ. 13).

სახეობების მრავალფეროვნება იცვლებოდა ჰაბიტატის ჯგუფებს შორის. ბუნებრივ მდელოზე საშუალოდ იყო 27 ($\pm 2SD$) სახეობა, რაც სარწმუნოდ მეტია ($F_{6,56} = 25,43, p < 0,001$) ყველა სხვა დარღვევის ჯგუფებთან შედარებით საშუალოდ და ძლიერ ეროდირებული ბუნებრივი სტეპების ჩათვლით (ცხრ. 9; ცხრ10).

აღსანიშნავია, რომ გამოვლენილი სახეობების რიცხოვნობა თანმიმდევრულად შემცირდა ნაკლებად დარღვეული ტერიტორიებიდან ძლიერ დაზიანებული ტერიტორიებისკენ სამივე გამოკვლევულ ეკოსისტემაში. საშუალო ეროზიის მქონე სახნავ – სათესი მიწები მნიშვნელოვნად მაღალი სახეობის მრავალფეროვნებით გამოირჩეოდა სხვა ტიპის დარღვევების მქონე ტერიტორიებთან შედარებით (PH; NSE; ASE) (გრაფ. 13).

რეგრესიის ანალიზის შედეგები ნაწილობრივ ემთხვევა ინდიკატორულ სახეობათა ანალიზს (ISA). მაგალითად, ყველაზე მეტი ინდიკატორი სახეობა დაფიქსირდა ბუნებრივ ტერიტორიებზე, რომელთა უმეტესობა არ გვხვდება დარღვეული ეკოსისტემებში (ცხრ. 10). სამოვრებზე გვხვდება მაღალი ინდიკატორული მნიშვნელობის მქონე საშუალოდ 7 სახეობა (სპეციფიკურობა $> 0,9$) სინჯების აღების სეზონურობის მიუხედავად (ცხრ. 10). შესაბამისად, ბუნებრივ ტერიტორიებზე აღინიშნება ინდიკატორი სახეობების არსებობა (80%-ზე მეტი) სპეციფიკურობის თითქმის ყველა ზღვრის გათვალისწინებით (ცხრ. 8). *Oribatella berlesei* (Michael, 1908) გამოვლინდა, როგორც ერთადერთი საუკეთესო ინდიკატორი სახეობა სამოვრებისათვის, რომლისთვისაც $> 0,9$ სპეციფიკურობასთან ერთად ზომიერად მაღალი მგრძობელობაც აღინიშნება (დაახლოებით 0,5) განურჩევლად სეზონებისა. რამდენიმე სხვა სახეობა ასევე კარგი მაჩვენებელი იყო ერთი ან მეტი

სხვადასხვა სეზონისთვის (ცხრ. 10). მაგალითად, *Neoliodes theleproctus* (Hermann, 1804) აჩვენა მაღალი სპეციფიკურობა ($>0,9$) სამოვრებისთვის გაზაფხულზე და შემოდგომაზე (მგრძნობელობით 0,25 და 0,11), მაგრამ სპეციფიკურობა დაბალი იყო ($<0,9$, 0,22 მგრძნობელობით) ყველა სეზონისთვის ერთად. კვლევამ არ გამოავლინა კარგი ინდიკატორი სახეობა სხვა დარღვევების ჯგუფებისთვის. ერთადერთი გამონაკლისი იყო საშუალოდ ეროზირებული სახნავ-სათესი მიწები (AME), რომელთათვისაც *Nothrus anauniensis* Canestrini and Fanzago, 1876 შეიძლება ჩაითვალოს შემოდგომის პერიოდისთვის კარგ ინდიკატორად (დაბალი მგრძნობელობით - 0,11). ნაპოვნია რამდენიმე ინდიკატორი სახეობა ჰაბიტატების ჯგუფების კომბინაციისთვის, ისე რომ სხვადასხვა სახეობამ შესაძლოა იმოქმედოს, როგორც ინდიკატორებმა სხვადასხვა დარღვეულ ჯგუფებში სეზონების მიხედვით. მაგალითად, *Steganacarus magnus* (Nicolet, 1855), *Protoribates capucinus* (Berlese, 1908) და *Pilogalumna crassiclava* (Berlese, 1914), მჭიდრო კავშირშია სახნავ-სათეს მიწებთან საშუალო და მძიმე ეროზიებით - AME/ASE გაზაფხულსა და შემოდგომაზე (ცხრ. 10), მაგრამ არცერთი მათგანი არაა კარგი ინდიკატორი მთელი თანასაზოგადოების მონაცემების გაერთიანებისას. ამის საპირისპიროს, სახეობების წყვილებად დაჯგუფებამ აჩვენა, რომ საკმაოდ ბევრი წყვილია სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი ინდიკატორი. მაგალითად ბუნებრივი სტეპებისათვის ყველა სეზონის დაჯგუფებისათვის: *Oribatella berlesei* / *T. velatus* (სპეციფიკურობა = 1,00, მგრძნობელობა = 0,36, $p < 0,001$), საშუალო და ძლიერ გადაძოვებული სამოვრებისთვის - *Schelorbates laevigatus* / *Oribatula (Z.) terricola* (სპეციფიკურობა = 0,93, მგრძნობელობა = 0,20, $p < 0,001$), ბუნებრივი სტეპებისათვის, საშუალოდ გადაძოვებული სამოვრებისთვის, საშუალოდ ეროზირებული სახნავ-სათესი მიწებისათვის - *Trichoribates naltschiki* / *O. (Z.) cognata* (სპეციფიკურობა = 0,90, მგრძნობელობა = 0,20, $p < 0,001$) (ცხრ. 8; ცხრ. 9; ცხრ. 10).

საერთო ჯამში, გამოკვლეულ არიდულ ეკოსისტემებში ორიბატიდების მრავალფეროვნება არ არის მაღალი (81 სახეობა) საქართველოს სხვა რეგიონებთან შედარებით, როგორცაა: ბორჯომ-ხარაგაულის ეროვნული პარკის შერეული ტყეები (96 სახეობა) (Murvanidze and Mumladze, 2014) ან მტირალას ეროვნული პარკი (124 სახეობა) (Murvanidze et al., 2016). გასაკვირი არაა, რომ სახეობების რიცხოვნობა

მცირდება ბუნებრივი სტეპიდან სახნავი მიწებისა და სამოვრებისკენ, თუმცა, ძლიერ ეროდირებული ბუნებრივი სტეპების ნიადაგებში სახეობრივი მრავალფეროვნება მცირეა (ცხრ. 10; გრაფ. 13).

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგებმა დაადასტურა სხვა ავტორების მიერ აღნიშნული ნიადაგის კულტივაციის უარყოფითი ზეგავლენა ნიადაგის უხერხემლოებზე (Hülsmann and Wolters, 1998; Cortet et al., 2002 b; Arroyo et al., 2005; Rodrigues et al., 2006; Murvanidze et al., 2019).

ინტენსიური ძოვება, განსაკუთრებით ცხვრის მიერ, ორიბატიდების მრავალფეროვნების შემცირებას იწვევს (Kinneer and Tongway, 2004; Seniczak et al., 2007), რაც დაკავშირებულია მცენარეული საფარის დეგრადაციასთან, ხოლო მრავალფეროვნება იზრდება ძოვების ინტენსივობის შემცირებასთან ერთად (Kinneer and Tongway, 2004).

ჩვენი გამოკვლევები აჩვენებს ორიბატიდების დაბალ მრავალფეროვნებას და რიცხოვნობას ძლიერ დარღვეულ ტერიტორიებზე, (ცხრილი 8), რაც მიუთითებს ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა: საკვები რესურსების სიმცირე და მექანიკურ დაზიანებაზე საშუალოდ გადამოვებულ ტერიტორიებზე.

ბუნებრივი სტეპები აჩვენებენ დიდ მრავალფეროვნებას 68 სახეობით. მათგან შვიდი სახეობა (*Ceratoppia quadridentata* (Haller, 1882), *Eremulus flagellifer* Berlese, 1908, *O. berlesei*, *Oribatula interrupta* (Willmann, 1939), *X. tegeocranus*, *Metabelba papillipes* (Nicolet, 1855), *Striatoppia weigmanni* Murvanidze and Behan-Pelletier, 2011) არაერთხელ გვხვდება ყველა სეზონზე, რითაც ვვარაუდობთ, რომ ეს სახეობები სპეციფიკურია დაურღვეველი ნიადაგებისთვის (ცხრ. 8).

ამის საპირისპიროდ, ძლიერ დარღვეული ბუნებრივი ჰაბიტატები წარმოდგენილია ყველაზე ღარიბი სახეობრივი მრავალფეროვნებით და დაბალი ინდივიდების შემადგენლობით ერთეულ ფართობზე ყველა სხვა ჰაბიტატებთან შედარებით. სამოვრებთან ან სახნავ-სათეს მიწებთან შედარებით, სადაც ნიადაგის სტრუქტურა და ნაყოფიერება დაყვანილია ნიადაგის ცხოველთა საზოგადოების შესანარჩუნებამდე, ძლიერ ეროდირებულ ბუნებრივ ტერიტორიებზე, რომლებიც ძნელად მისადგომია ცხვრებისთვის ან მსხვილფეხა პირუტყვთათვის (მექანიკური ბარიერების გამო), დარღვევის ძირითადი მიზეზი ფერდობის დახრილობაა, რაც

ნიადაგის საფერველის გამოფიტვას იწვევს და მას მიკროართროპოდების სიცოცხლისათვის უვარგისად აქცევს.

უბიქვისტი სახეობები *P. punctum* და *Sch. laevigatus* ჩვეულებრივ გვხვდება ყველა ტიპის ეკოსისტემაში. ამასთანავე ინდივიდების დიდი რაოდენობა გვხვდება იმ ადგილებში, სადაც სხვა მგრძნობიარე სახეობები ვერ ძლებენ (Murvanidze et al. 2013, 2018). *Sch. laevigatus* ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული სახეობაა სამოვრებზე, საშუალოდ ეროდირებულ ტერიტორიებსა და ბუნებრივ სტეპებში, თუმცა ის არ შეგხვდა სახნავ-სათეს მიწებში. ამ სახეობებმა აჩვენეს მაღალი სპეციფიკურობა (0,99) და საშუალო მგრძნობელობა (0,43) (შეზღუდულია და წარმოდგენილია სამიზნე ტერიტორიების ჯგუფების შესაბამისად) ბუნებრივი სტეპის და საშუალო ბუნებრივი ეროზიის, საშუალო და ძლიერი ძოვების ტერიტორიებზე. ეს სახეობა, *H. initialis* ერთად, როგორც ჩანს, სპეციფიკური სახეობაა ბუნებრივი სტეპისთვის და საშუალოდ და ძლიერ გადაძოვებული სამოვრებისთვის, თუმცა გამოირჩევა დაბალი მგრძნობელობით (0,19) (ცხრ. 8). გაზაფხულზე *P. punctum* აჩვენა მაღალი სპეციფიკურობა და მგრძნობელობა ყველა ტიპის სახნავი მიწების მიმართ, სახეობა *Acrotritia ardua*-თან (C. L. Koch, 1841) კომბინაციაში (ცხრ. 8; გრაფ. 13).

იმ სახეობებიდან, რომლებიც ძირითადად გვხვებიან დარღვეულ ნიადაგებში (მდაროები, მიტოვებული კარიერები, ურბანული და რუდერალური ადგილები, სასოფლო-სამეურნეო ნაკვეთები და სხვ.), სამოვრებში და სახნავ-სათეს ტერიტორიებზე, ყველა სეზონზე დომინირებდა *Oribatula (Z.) terricola* Van den Hammen 1952 (სპეციფიკურობა - 0,97, მგრძნობელობა - 0,24) *Epilohmannia cylindrica* (Berlese, 1904) და *Tectoribates ornatus* (Schuster, 1958) სახეობებთან ერთად. სავარაუდოა, რომ ეს სახეობები არიან სამოვრებისათვის სპეციფიკური სახეობები, თუმცა დაბალი მგრძნობელობით (ცხრ. 8).

სახეობა *Scutovertex sculptus* Michael, 1879 შეგხვდა ყველა დაზიანებულ ტერიტორიაზე, თუმცა მაღალი რიცხოვნობით გამოირჩეოდა ბუნებრივი ტერიტორიებზე. ამ სახეობამ აჩვენა მაღალი სპეციფიკურობა (0,94), მაგრამ ძალიან დაბალი მგრძნობელობა (0,09) სტეპებში. *S. sculptus* და *Passalozetes africanus* Grandjean 1932 ერთად ხასიათდება მაღალი სპეციფიკურობით, თუმცა დაბალი მგრძნობელობით (0,14) ბუნებრივ ტერიტორიებზე (ცხრ. 8). *S. sculptus* ჩვეულებრივ

დამახასიათებელია მშრალი მდელოებისა და ხავსებისთვის, მაგრამ ასევე ხშირად გვხვდება პოსტინდუსტრიულ ნაყარებსა (Skubala, 1995; Skubala, 1999; Murvanidze et al. 2013) და ურბანულ ჰაბიტატებში (Shtanchaeva and Netuzhilin, 2003).

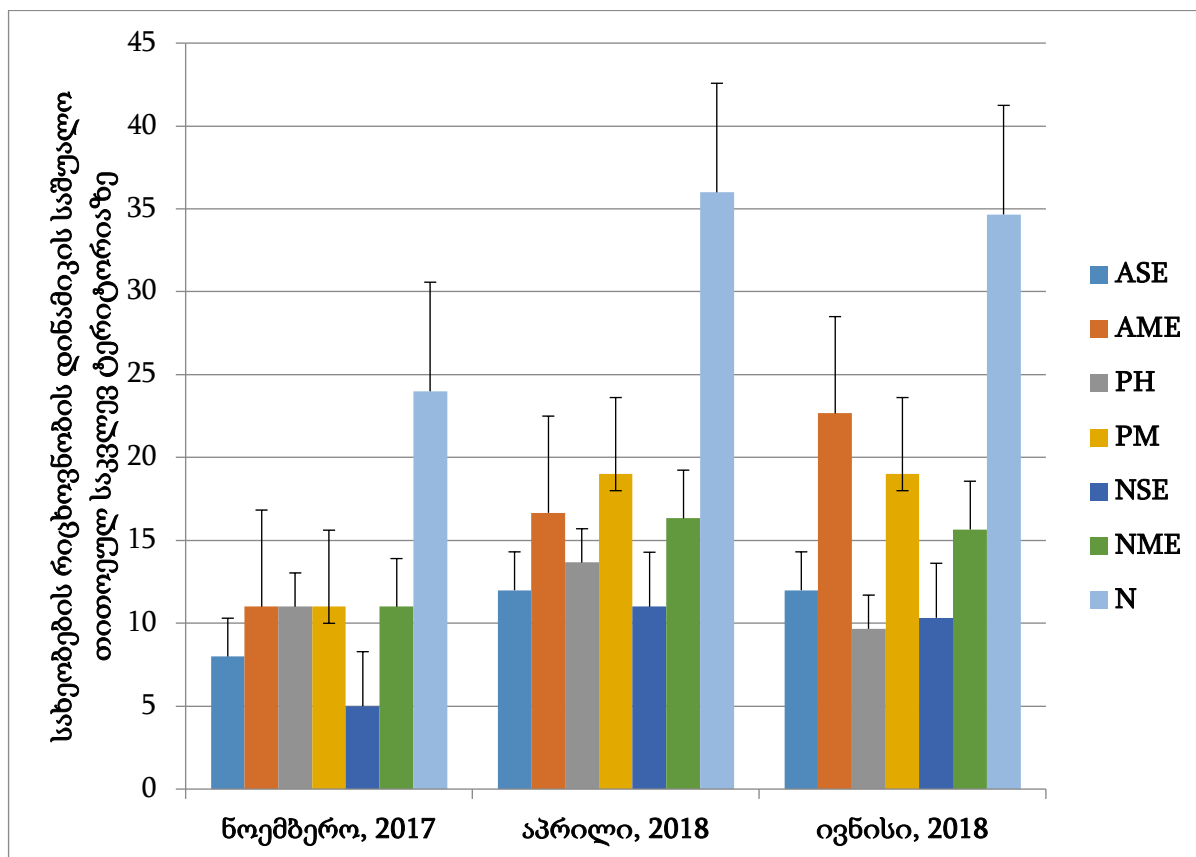
სახეობამ *Oribatella berlesei*, რომელიც ბუნებრივ ეკოსისტემების ერთ-ერთი კარგი ინდიკატორია, აჩვენა მაღალი სპეციფიკურობა (0,99) და მგრძობელობა (0,46) ყველა სეზონზე. ეს სახეობა უპირატესობას ტყის ნიადაგებსა და საფენს ანიჭებს, რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს მის მიჯაჭვულობას ბუნებრივ ჰაბიტატებთან (Murvanidze and Mumladze, 2016).

ბუნებრივ სტეპებში (ძლიერ ეროდირებული სტეპების ჩათვლით (NSE)) დაფიქსირდა კიდევ ერთი სახეობა *Xenillus tegeocranus*, რომელმაც აჩვენა მაღალი სპეციფიკურობა (0,91) მაგრამ საშუალო მგრძობელობა (0,30). ეს სახეობა მაღალ სპეციფიკურობას, მაგრამ დაბალ მგრძობელობას (0,22) აჩვენებს კომბინაციაში *O. (Z.) exarata* და *Hemileius (Simkinia) ovalis* (Kulijev, 1968)-თან ერთად, რაც მიუთითებს ჯანსაღი ნიადაგების მოთხოვნილებაზე (ცხრ. 8). ზოგადად, *X. tegeocranus* უპირატესობას ანიჭებს ტყის ნიადაგებს, მაგრამ გვხვდება ალპურ მდელოებზეც (Weigmann, 2006).

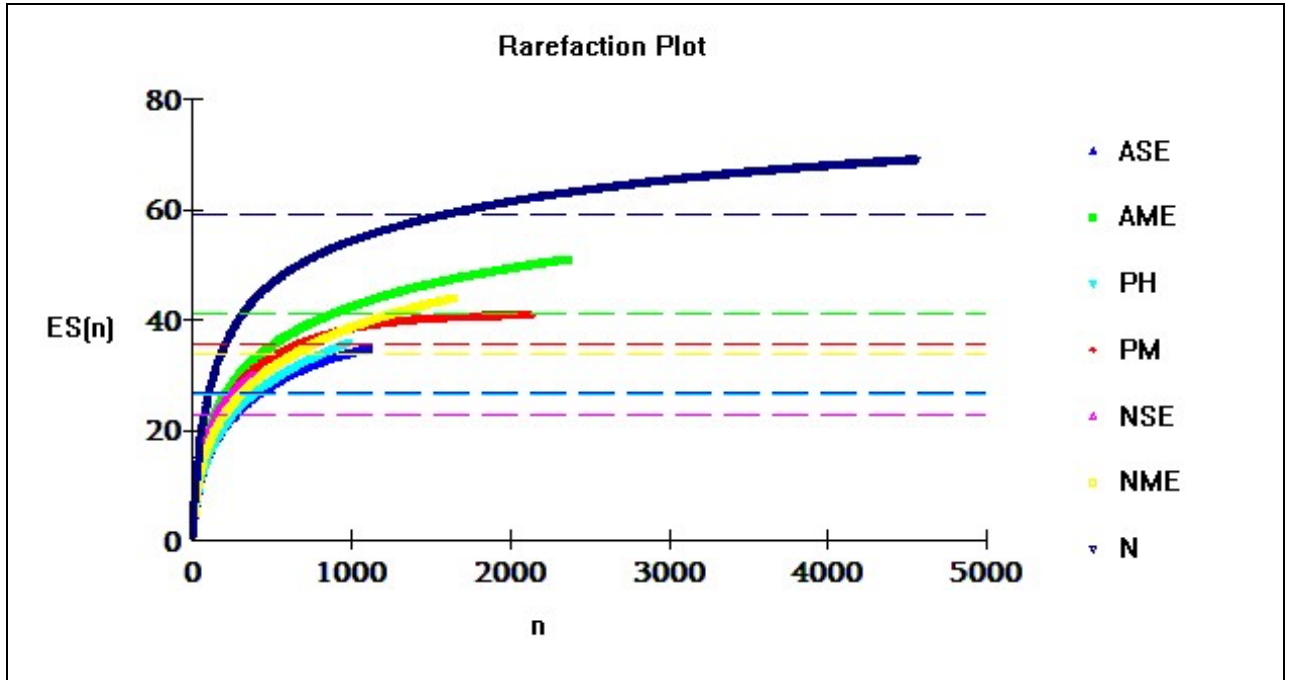
ცხრილი 7. ჯავშნიანი ტკიპების ბიომრავალფეროვნების ინდექსები აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))

	ASE	AME	PH	PM	NSE	NME	N
სახეობები _ S	35	51	36	41	30	44	69
ინდივიდები	1119	2370	990	2140	391	1645	4570
დომინანტობა _ D	0.29	0.24	0.24	0.25	0.18	0.29	0.13
სიმპსონის ინდექსი _ 1-D	0.7	0.76	0.76	0.76	0.82	0.7	0.87
შენონის ინდექსი _ H	1.85	2.279	1.96	2.22	2.297	2.006	2.86
განაწილება (evenness) _ e^H/S	0.18	0.19	0.19	0.22	0.33	0.17	0.25
Chao-1	40.6	55.5	45.17	42	35.25	49.63	73.67
დასახლების სიმჭიდროვე ინდ/მ ²	9325± 6815	19750± 8235	8250± 5137	17833± 9885	3258± 82355	3258± 1534	3808± 19568

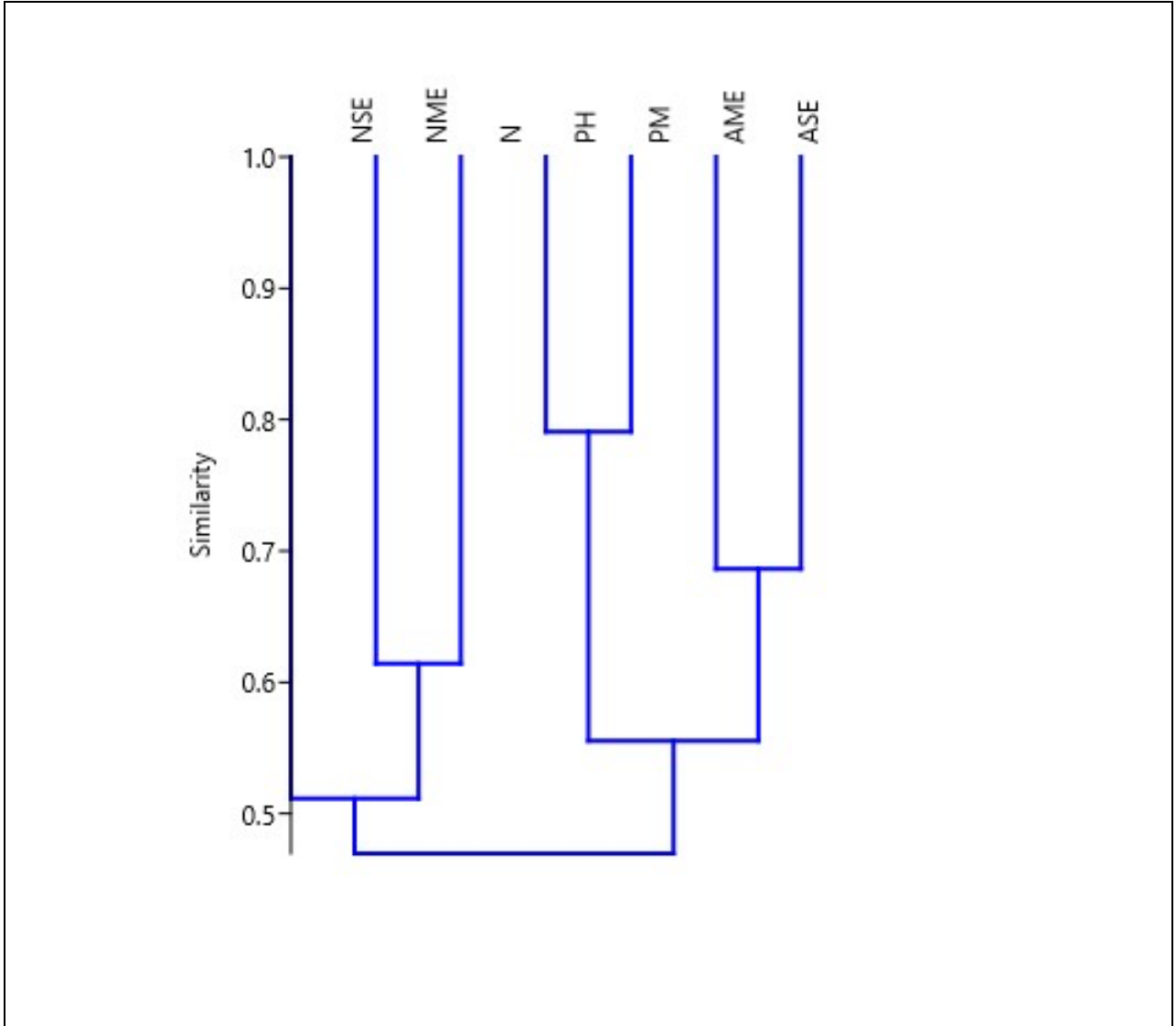
გრაფიკი 9. ჯავშნიანი ტკიპების სახეობების რაოდენობის ცვლილება ყველა გამოკლულ პერიოდში თითოეული შესწავლილი ნაკვეთისათვის (შეცდომათა ზოლი აჩვენებს ± 1 სტანდარტულ გადახრას) ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) სამოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))



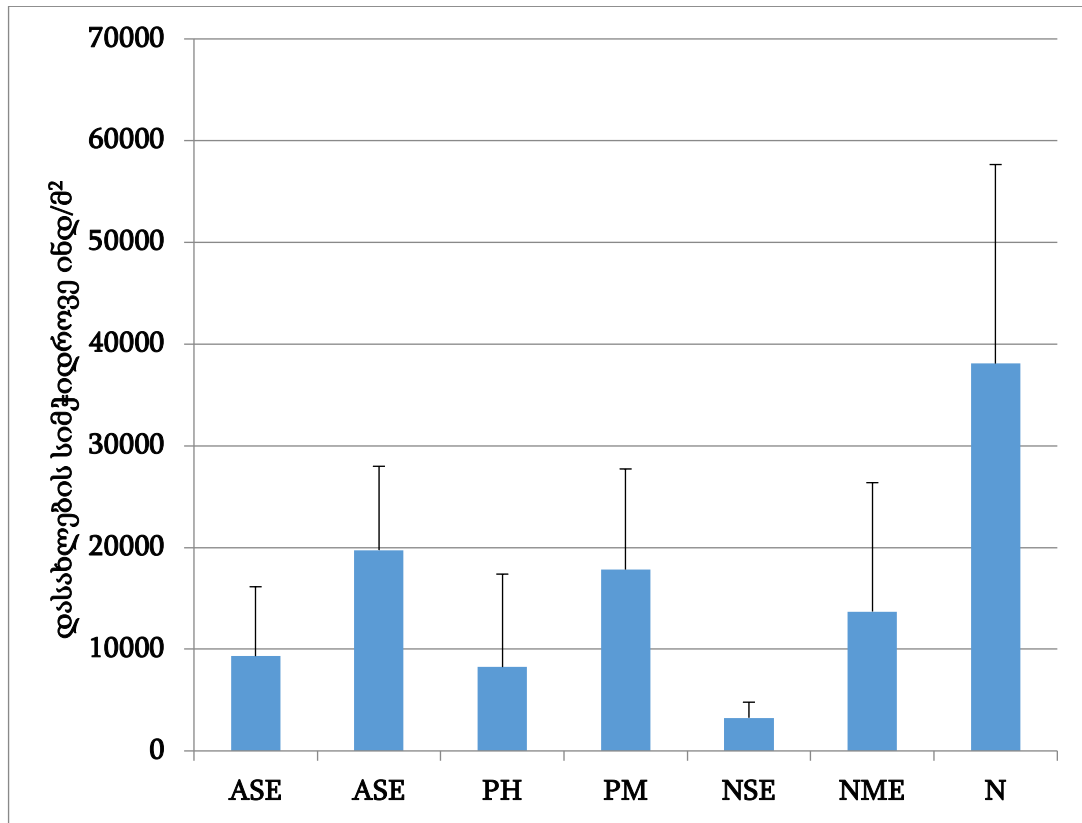
გრაფიკი 10. მასალის ადების სისრულის ამსახველი აკუმულაციური მრუდი (Rarefaction Plot) აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))



გრაფიკი 11. ფუნქციური მსგავსების კლასტერი ჟაკარდის კოეფიციენტის მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))



გრაფიკი 12. ჯავშნიანი ტკიპების დასახლების სიმჭიდროვე (ინდ/მ²) აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ ეკოსისტემებში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))



ცხრილი 8. ინდიკატორული მაჩვენებლის ანალიზი თითოეული სახეობისათვის. ნაჩვენებია მხოლოდ ის სახეობები, რომელთა ინდიკატორული ღირებულება სარწმუნოა და 0,9-ს აღემატება კონკრეტულ ეკოსისტემაში ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N)). ინდიკატორული მაჩვენებლები თითოეული სახეობისთვის გამოთვლილია ყველა სეზონისთვის ჯამურად და ცალ ცალკე, სეზონების მიხედვით. მუქი შრიფტით ნაჩვენებია ბუნებრივი ნიადაგებისთვის სარწმუნო ერთი ინდიკატორი სახეობა

დარღვევის ჯგუფები	ინდიკატორი სახეობები	ყველა სეზონი	გაზაფხუ ლი	ზაფხულ ი	შემოდგ ომა
N	<i>Ceratoppia quadridentata</i>	+	+		
N	<i>Eremulus flagellifer</i>	+			+
N	<i>Oribatella berlesei</i>	+	+	+	+
N	<i>Oribatula interrupta</i>	+	+		
N	<i>Xenillus tegeocranus</i>	+	+	+	
N	<i>Metabelba papillipes</i>	+		+	
N	<i>Striatoppia weigmanni</i>	+			
N	<i>Licnodamaeus costula</i>		+		
N	<i>Oppiella similifallax</i>			+	
N	<i>Liebstadia similis</i>			+	
N	<i>Ceratozetes conjunctus</i>				
N	<i>Dorycranosus zachvatkini</i>				+
N	<i>Ramusella clavipectinata</i>				+
N	<i>Liacarus brevilamellatus</i>		+		+
N	<i>Neoliodes theleproctus</i>		+		+
N	<i>Oppiella fallax</i>		+		+
N/NME	<i>Hermanniella punctulata</i>	+	+		
N/NME	<i>Zygoribatula skrjabini</i>	+			
AME	<i>Nothrus anauniensis</i>				+
AME/ASE	<i>Steganacarus magnus</i>		+		
AME/ASE	<i>Protoribates capucinus</i>			+	+
AME/ASE	<i>Pilogalumna crassiclava</i>				

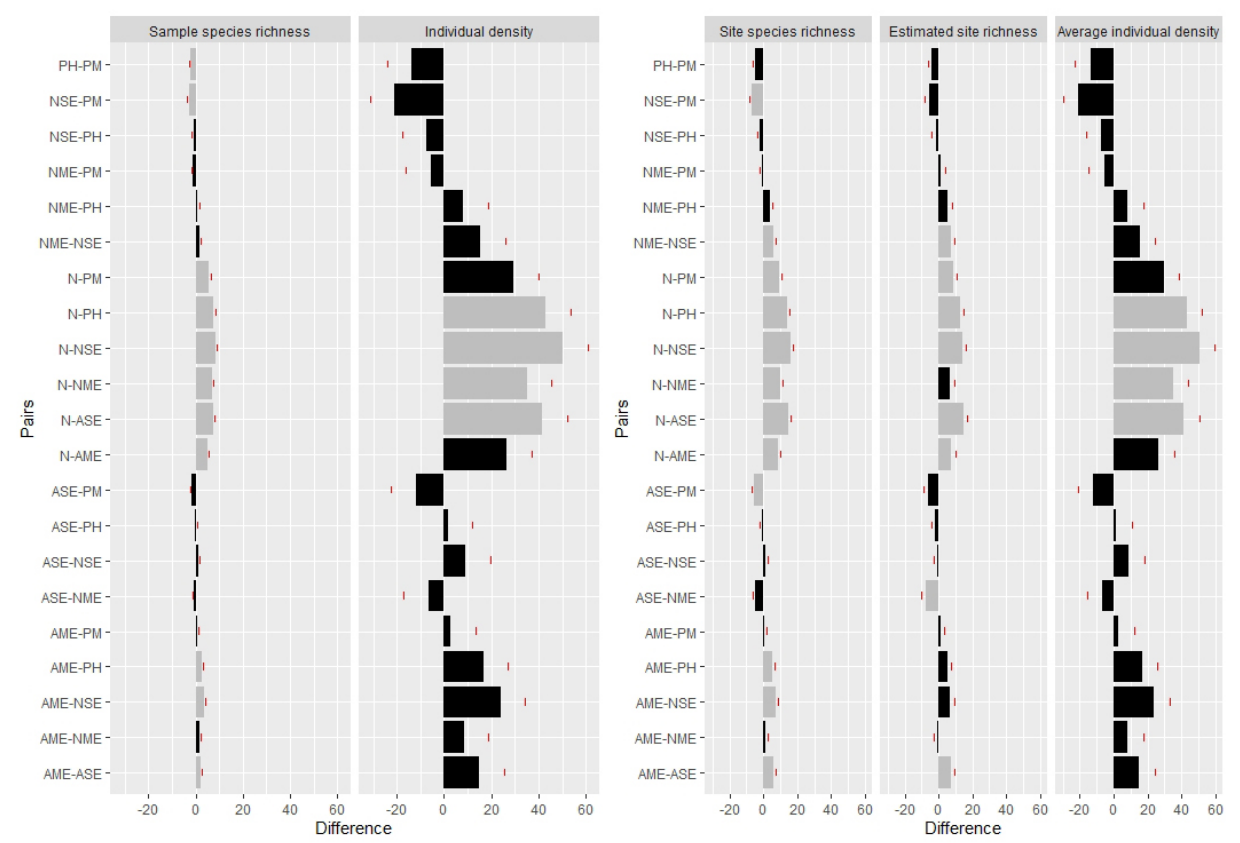
ცხრილი 9. წრფივი შერეული მოდელის პარამეტრების მაჩვენებლები შეზღუდული მაქსიმალური ალბათობით (REML) მრავალფეროვნების ცვლილებებისთვის ეკოსისტემების დარღვევების ტიპის მიხედვით (სინჯების დაჯგუფება მოხდა სეზონების მიხედვით) ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))

გამოვლენილი სახეობების რიცხოვნობა					
	Estimat	SE	df	t	P
N	26.67	1.43	4.99	18.69	<0.01
AME	-8.89	1.36	12.01	-6.56	<0.01
ASE	-15.00	1.36	12.01	-11.06	<0.01
NME	-10.22	1.36	12.01	-7.54	<0.01
NSE	-16.44	1.36	12.01	-12.13	<0.01
PH	-14.11	1.36	12.01	-10.41	<0.01
PM	-9.44	1.36	12.01	-6.97	<0.01
სავარაუდო სახეობების რიცხოვნობა					
	Estimat	SE	df	t	P
N	29.42	2.15	7.13	13.71	<0.01
AME	-7.40	2.35	12.00	-3.15	0.01
ASE	-14.58	2.35	12.00	-6.20	<0.01
NME	-7.01	2.35	12.00	-2.98	0.01
NSE	-14.11	2.35	12.00	-6.01	<0.01
PH	-12.49	2.35	12.00	-5.32	<0.01
PM	-8.41	2.35	12.00	-3.58	<0.01
ინდივიდების მრავალფეროვნება					
	Estimate	SE	df	t	P
N	55.26	8.07	7.75	6.85	<0.01
AME	-26.51	9.08	12.00	-2.92	0.01
ASE	-41.46	9.08	12.00	-4.57	<0.01
NME	-34.90	9.08	12.00	-3.84	<0.01
NSE	-50.37	9.08	12.00	-5.55	<0.01
PH	-43.05	9.08	12.00	-4.74	<0.01
PM	-29.38	9.08	12.00	-3.24	0.01

ცხრილი 10. წრფივი შერეული მოდელის პარამეტრების მაჩვენებლები შეზღუდული მაქსიმალური ალბათობით (REML) მრავალფეროვნების ცვლილებებისთვის ეკოსისტემების დარღვევების ტიპის მიხედვით თითოეული სინჯისათვის ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))

გამოვლენილი სახეობების რიცხოვნობა					
	Estimate	SE	df	T	P
N	10.33	0.64	5.68	16.13	<0.001
AME	-5.15	0.63	48.00	-8.22	<0.001
ASE	-7.41	0.63	48.00	-11.83	<0.001
NME	-6.85	0.63	48.00	-10.95	<0.001
NSE	-8.54	0.63	48.00	-13.65	<0.001
PH	-7.67	0.63	48.00	-12.25	<0.001
PM	-5.69	0.63	48.00	-9.09	<0.001
ინდივიდების მრავალფეროვნება					
	Estimate	SE	df	T	P
N	10.33	0.64	5.68	16.13	<0.001
AME	-5.15	0.63	48.00	-8.22	<0.001
ASE	-7.41	0.63	48.00	-11.83	<0.001
NME	-6.85	0.63	48.00	-10.95	<0.001
NSE	-8.54	0.63	48.00	-13.65	<0.001
PH	-7.67	0.63	48.00	-12.25	<0.001
PM	-5.69	0.63	48.00	-9.09	<0.001

გრაფიკი 13. განსხვავება სახეობების მრავალფეროვნებასა და დასახლების სიმჭიდროვეს შორის ეკოსისტემების დარღვევების ტიპის მიხედვით GLMMs მრავლობითი შედარების საფუძველზე. მარცხენა პანელი აჩვენებს მრავლობით შედარებას თითოეული სინჯის მიხედვით, ხოლო მარჯვენა პანელი - მრავლობით შედარებას ტერიტორიის მიხედვით. რუხი სვეტები მიუთითებენ მნიშვნელოვან განსხვავებაზე 0,05 სარწმუნოების ინდექსით, ხოლო შავი სვეტები - არასარწმუნო განსხვავებას. მცირე ზომის ვერტიკალური ხაზები სტანდარტული გადახრის მაჩვენებელია ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) სამოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადამოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))



5. დასკვნები

5.1 კასპის თიხის კარიერზე ჩატარებული აღდგენითი სამუშაოების ეფექტურობის დადგენა ჯავშნიანი ტკიპების საშუალებით

1. კასპის თიხის კარიერზე რეგისტრირებულია ჯავშნიანი ტკიპების 41 სახეობა, რომელიც განაწილებულია 17 ზეოჯახში, 24 ოჯახსა და 32 გვარში (დან.). ფაუნისტური თვალსაზრისით ყველაზე მდიდარი ზეოჯახებია **Gustavioidea** და **Oppioidea** 3-3 ოჯახით, თუმცა ზეოჯახების უმრავლესობა თითო ოჯახითაა წარმოდგენილი. ყველაზე მრავალრიცხოვანი აღმოჩნდა გვარი **Oribatula (Zygoribatula)** - 4 სახეობით. საინტერესო აღმოჩენაა ბუნებრივ მდელოზე ნაპოვნი კავკასიისა და საქართველოს ორიბატიდული ფაუნისათვის იშვიათი სახეობა **Scutovertex armazi** Murvanidze & Weigmann, 2012, რომელიც აღწერილი იქნა 2012 წელს არმაზის ხეობიდან და ზოგადად, გვხვდება არიდულ ეკოსისტემებში.

2. ჩატარებული კვლევის შედეგად მიღებული და ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით შედგენილია კასპის თიხის კარიერის ჯავშნიანი ტკიპების სისტემატიკური სია, რომელშიც თითოეული სახეობისათვის მითითებულია ავტორი და აღწერის წელი, თითოეულ წერტილში ნაპოვნი ინდივიდების რაოდენობა.

3. აღდგენის კატეგორია - „მოქმედებების გარეშე“ – დაახლოებით 10 ჰა ხელუხლებელი ტერიტორია მეორადი ბუნებრივი სუქცესიით (M1) არ არის ეფექტური სტრატეგია ნიადაგის ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებების (და ალბათ, მთელი ნიადაგის ეკოსისტემის) განვითარებისათვის თუკი ეს ტერიტორია გამუდმებულ ანთროპოგენულ ზეწოლას (ამ შემთხვევაში ძოვება) განიცდის. ინტენსიური ძოვრება იწვევს ნიადაგის ბალახოვანი საფარის დაზიანებას, გაშიშვლებას, ნიადაგის დატკეპნას, აფერხებს მცენარეული საფარის თვითაღდგენას, ეს ხელს უწყობს ეროზიულ პროცესების და მეწყრული მოვლენებს განვითარებას, რაც იწვევს ნიადაგის უნაყოფობას და გაუვარგისებას ნიადაგის ფაუნის ჩამოყალიბებისათვის.

4. შემოღობილ, ძოვებისაგან დაცულ ტერიტორიაზე სტრესისადმი ტოლერანტული სახეობების დომინირება ასევე მიუთითებს იმაზე, რომ დროის

ინტერვალი შემოღობვასა (2013-2014) და მასალის აღებას შორის (2015-2016) არასაკმარისია ნიადაგის სტრუქტურისა და შესაბამისად, ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოების აღსადგენად.

5. საკვლევ ტერიტორიაზე დომინანტი სახეობები *Punctoribates Punctum* (C.L. Koch, 1839) და *Tectocephus velatus velatus* (Michael, 1880) კოსმოპოლიტ სახეობებს მიკეუთვნიება და ცნობილი არიან, როგორც სუქცესიის ადრეულ ეტაპების პიონერი კოლონიზატორები. ეს სახეობები, როგორც წესი, დიდი სიმჭიდროვით გვხვდება ურბანულ, რუდერალურ და დარღვეულ ჰაბიტატებზე და აქვთ უნარი დასახლდნენ ფართო ეკოლოგიური სპექტრის მქონე ჰაბიტატებში, რაც გამოწვეულია ფართო კვებითი სპეციალიზაციით, ხოლო სწრაფი გამრავლების უნარის გამო ისინი მალევე აღიდგენენ რიცხოვნობას ეკოსისტემის რღვევის შემდეგ.

5.2 პესტიციდების გავლენის შესწავლა ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებებზე სოფელ პატარძელში

1. საკვლევ ტერიტორიაზე სულ რეგისტრირებული იქნა ჯავშნიანი ტკიპების 84 სახეობა, რომელიც განაწილებულია 22 ზეოჯახში, 39 ოჯახსა და 61 გვარში. ყველაზე მდიდარი ზეოჯახებია **Oripodoidea** 5 ოჯახით და **Crotonioidea**, **Oppioidea** და **Oripodoidea** 4-4 ოჯახით. ყველაზე მრავალრიცხოვანი აღმონდა გვარი **Oppiella** – 5 სახეობით. ზეოჯახების უმრავლესობა თითო ოჯახითაა წარმოდგენილი. **Graptoppia (Graptoppia) paraanalis** Subías & Rodriguez 1985 და **Oribatula (Zygoribatula) skrjabini** (Bulanova-Zakhvatkina, 1967) ახალი იყო საქართველოს ფაუნისათვის, ხოლო **Mongaiardia grandjeani** Calugar & Vasiliu, 1984 ახალი იყო კავკასიის რეგიონისათვის (Murvanidze and Arabuli, 2017).

2. ჩატარებული კვლევის შედეგად მიღებული და ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით შედგენილია კასპის თიხის კარიერის ჯავშნიანი ტკიპების სისტემატიკური სია, რომელშიც თითოეული სახეობისათვის მითითებულია ავტორი და აღწერის წელი, თითოეულ წერტილში ნაპოვნი ინდივიდების რაოდენობა.

3. ხელუხლებელ, დაუმუშავებელ მინდორში (MCtr) რეგისტრირებული ჯავშნიანი ტკიპების ფაუნა მსგავსი აღმოჩნდა შეწამლული (PPI), შეუწამლავი (UPI) და მიმდებარე, მოხნული დაუთესავი მინდორის (PICtr) ნაკვეთებისათვის, რადგან ოთხივე საკვლევი ნაკვეთი პრაქტიკულად ერთ ტერიტორიაზე მდებარეობს. გარკვეული სახეობების არარსებობა შეწამლულ და შეუწამლავ ნაკვეთებზე აიხსნება ნიადაგის მექანიკური და ქიმიური დამუშავების დროს ჯავშნიანი ტკიპების საბინადრო გარემოს დაზიანებით და მათი საარსებო პირობების გაუარესებით, რამაც როგორც ჩანს, გამოიწვია ზოგიერთი მგრძნობიარე სახეობების დაღუპვა ან მათი მიგრაცია აღნიშნული ტერიტორიიდან.

4. საკვლევ ტერიტორიაზე დიდი სიმჭიდროვით გამორჩეული დომინანტი სახეობები: **Protoribates capucinus**, **Ramusella clavipectinata**, **Punctoribates punctum**, **Oribatula tibialis**, **Acrotrititia ardua** საკმაოდ დიდი რიცხოვნობით იყვნენ

წარმოდგენილი მექანიკურად დამუშავებულ ადგილებში. მცირე რაოდენობით შეგხვდნენ ოჯახების **Belbidae**, **Ceratozetidae** და **Liacaridae** უფრო მგრძნობიარე სახეობები. აღნიშნული დომინანტი სახეობები განიხილებიან როგორც პესტიციდებისადმი მდგრადი სახეობები და ძირითადად გვხვდებიან სხვა ტიპის სტრესულ ეკოსისტემებშიც (ურბანული, რუდერალური, ღია და მიტოვებული საბადოები). ეს სახეობები კარგად უძლებენ სტრესულ გარემოს და გვევლინებიან სუქცესიის ადრეულ ეტაპებზე კოლონიზატორი სახეობების როლში. მექანიკურად დამუშავებულ ნაკვეთებზე (PPL და UPI ნაკვეთები) ამ სახეობების თავმოყრა შეიძლება აიხსნას მათ სხეულზე ძლიერი კუტიკულის არსებობითაც.

5. საკვლევ ტერიტორიაზე ქიმიკატების გამოყენება შევწყვიტეთ 2017 წლის აგვისტოში და ნიადაგის ნიმუშები ავიღეთ წამლობიდან ორი თვის შემდეგ. პესტიციდებით შეწამვლას არ მოუხდენია ხანგრძლივი ზემოქმედება ნიადაგის ორიბატიდულ ფაუნაზე ორწლიანი წამლობისას, რადგან ამ პერიოდში არ დაფიქსირებულა გამოვლენილი სახეობების რაოდენობის და რიცხოვნობის შემცირება. ნიადაგის ორიბატიდული ტკიპების მრავალფეროვნება და დასახლების სიმჭიდროვე დაბალი დარჩა მოხვნიდან ერთი წლის შემდეგ, რაც მიანიშნებს ხვნის უარყოფით გავლენაზე ნიადაგის ჯავშნიანი ტკიპების თანასაზოგადოებაზე. ტკიპების თანასაზოგადოების აღდგენა არ მომხდარა ნიადაგის დარღვევიდან ორი წლის შემდეგაც კი. დამუშავებულ ნიადაგებში პესტიციდების გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს რამდენიმე სახეობის ინდივიდების რაოდენობის ზრდა (როგორებიცაა: **Protoribates capucinus**, **Ramusella clavipectinata**, **Punctoribates punctum**, **Tectocephus velatus**), მაგრამ ორიბატიდულ თანასაზოგადოებაში მნიშვნელოვან ცვლილებას არ ახდენს. ამრიგად, ნიადაგის ჰაბიტატების პირდაპირი, მექანიკური დამუშავება (ღრმა ხვნა და გაფხვიერება) გაცილებით უარყოფითად აისახება ორიბატიდულ ფაუნაზე, ვიდრე პესტიციდების გამოყენება და მექანიკური ზემოქმედება.

5.3 არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებული ეროდირებული ლანდშაფტების მდგომარეობის შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების მეშვეობით

1. კვლევის პროცესში აღმოსავლეთ საქართველოს არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემების სამივე საკვლევ ტერიტორიაზე (შირაქის ვაკე, ელდარის დაბლობი და გარეჯის ზეგანი (დედოფლისწყაროს და საგარეჯოს რაიონები)) სულ აღრიცხული იქნა ჯავშნიანი ტკიპების 81 სახეობა, რომელიც განაწილებულია 23 ზეოჯახში, 37 ოჯახში და 56 გვარში (დანართი). ფაუნისტური თვალსაზრისით ყველაზე მდიდარი ზეოჯახებია **Plateremaeoidea** 4 ოჯახით, **Crotonioidea**, **Ameroidea**, **Oripodoidea** 3-3 ოჯახით. ზეოჯახების უმრავლესობა თითო ოჯახითა და სახეობით არიან წარმოდგენილნი. ყველაზე მრავალრიცხოვანი აღმოჩნდა გვარები **Oribatula** - 7 სახეობით, **Scheloribates** - 5 და **Ceratozetes** და **Oppiella** - 4-4 სახეობით.

2. ჩატარებული კვლევის შედეგად მიღებული და ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით შედგენილია აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული და სემიარიდული ეკოსისტემების ჯავშნიანი ტკიპების სისტემატიკური სია, რომელშიც თითოეული სახეობისათვის მითითებულია ავტორი და აღწერის წელი, თითოეულ წერტილში ნაპოვნი ინდივიდების რაოდენობა.

3. შირაქის ვაკეზე ნაპოვნი იქნა ჯავშნიანი ტკიპების 55 სახეობა, საიდანაც **Hemileius (Simkinia) ovalis** Kulijev, 1968 (ქვემო ქედი, ბუნებრივი სტეპი (N)) ახალი სახეობაა საქართველოს ფაუნისათვის, ელდარის დაბლობზე - 54, საიდანაც საქართველოს ფაუნისათვის ახალია **Peloribates glaber** Mihelčić, 1956 (კასრისწყალი, ბუნებრივი ძლიერი ეროზია (NSE)), ხოლო გარეჯის ზეგანზე - 61 სახეობა, სადაც ნაპოვნი საქართველოსათვის ახალი სახეობაა **Ceratozetes bulanovae** Kulijev, 1962 (უდაბნო, ძლიერი მოვება (PH)) (Todria et al., 2019).

4. სულ რეგისტრირებული 81 სახეობიდან 24 სახეობა დამახასიათებელია არიდული, სემიარიდული და უდაბნოს ეკოსისტემებისათვის, 19 სახეობა კი მუდმივად გვხვდება ყველა ტიპის ჰაბიტატებში. მშრალი ეკოსისტემების და ტყის ნიადაგებისათვის დამახასიათებელი სპეციფიკური სახეობები, როგორც

მოსალოდნელი იყო, ყველაზე მაღალი მრავალფეროვნებით შეგხვდა ბუნებრივ ეკოსისტემებში (N) და ბუნებრივი საშუალო ეროზიის ტერიტორიებზე (NME).

5. გამოვლენილი დომინატი სახეობებიდან უბიქვისტი სამი სახეობა: *Punctoribates punctum*, *Scheloribates laevigatus* და *Tectocepheus velatus* კარგად უძლებენ სტრესულ პირობებს, ტოლერანტური არიან დარღვეული ეკოსისტემებისადმი, აქვთ უნარი დასახლდნენ ფართო ეკოლოგიური სპექტრის მქონე ეკოსისტემებში და დიდი სიმჭიდროვით გვხვდებიან იქ, სადაც მგრძნობიარე სახეობები ვერ ძლებენ.

6. ჩვენს მიერ შესწავლილი მშრალი ეკოსისტემების ორიბატიდული ტკიპები მაღალი მრავალფეროვნებით არ გამოირჩევა (81 სახეობა) საქართველოში შესწავლილ სხვა ტერიტორიების ორიბატიდული ტკიპების მრავალფეროვნებასთან შედარებით. ამასთანავე, სახეობების რიცხოვნობა მცირდება ბუნებრივი მდელოდან სახნავ-სათესი მიწების და საძოვრებისაკენ, თუმცა, ბუნებრივი სტეპის ძლიერი ეროზიის ნიადაგების ორიბატიდული თანასაზოგადოებები მაინც საკმაოდ ღარიბია.

7. ჯავშნიანი ტკიპების მრავალფეროვნება ყველაზე მაღალი იყო ბუნებრივ სტეპებში 69 სახეობით, საიდანაც 9 სახეობა ნაპოვნია მხოლოდ ბუნებრივ სტეპებში და არაერთხელ შეგხვდა სამივე სეზონზე, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ეს სახეობები სპეციფიკურია დაურღვეველი ნიადაგებისათვის. ამის საპირისპიროდ, ძლიერ დარღვეული, ეროდირებული ბუნებრივი ჰაბიტატები წარმოდგენილია საკმაოდ ღარიბი სახეობებითა და ინდივიდების მცირე რაოდენობით. მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი ჰაბიტატები ძნელად მისადგომია ცხვრისა და მსხვილფეხა პირუტყვისათვის, ბუნებრივი ეროზია მაინც გამოხატულია, რაც ძირითადად გამოწვეულია ფერდობების ძლიერი დახრილობით.

8. დარღვევის რეჟიმები (ბუნებრივიდან საშუალო და ძლიერ დარღვევამდე) თითოეულ შესწავლილ ჯგუფში (ბუნებრივი, სახნავ-სათესი მიწები, საძოვრები) სამივე საკვლევი წერტილიდან აჩვენებს მრავალფეროვნების შემცირებას და

ორიბატიდული ფაუნისტური მსგავსების ზრდას. საშუალო დაზიანების რეჟიმის სამოვრების ორიბატიდული თანასაზოგადოება წარმოდგენილია ძოვებისადმი მდგრადი სახეობებით (მაგ. *Scheloriabtes laevigatus*, *Oribatula (Z) cognata*), ხოლო ძლიერ დაზიანებულ სამოვრებში შესაძლოა საერთოდ არ გვხვდებიან უფრო მგრძობიარე სახეობები (მაგალითად: *Xenillus tegeocranus*, *Oribatella berlesei*, *Galumna flagellata*).

9. ორიბატიდების თანასაზოგადოებებში საკმაოდ შემცირდა სახეობების მრავალფეროვნება და დასახლების სიმჭიდროვე ერთეულ ფართობზე დარღვეული ჯგუფების გასწვრივ (ბუნებრივიდან მძიმე დაზიანებამდე). დარღვეულ ტერიტორიებზე ჯავშნიანი ტკიპების მრავალფეროვნება შესამჩნევად დაბალი იყო ბუნებრივ სტეპებთან შედარებით. უკვე დარღვეულ ეკოსისტემებს შორის განსხვავება მრავალფეროვნებაში არ იყო მნიშვნელოვანი.

10. ჩვენი კვლევით დადგინდა, რომ ბუნებრივ სტეპებში ინდიკატორი სახეობების ჯგუფი შედგება 7 სახეობისაგან, საიდანაც *O. berlesei* არის ყველაზე მნიშვნელოვანი ინდიკატორი სახეობა დაურღვეველი ნიადაგებისათვის. დაზიანებულ ეკოსისტემებში არც ერთი სახეობა ან სახეობათა ჯგუფი არ აღმოჩნდა მნიშვნელოვანი ინდიკატორი.

6. რეკომენდაციები

ნიადაგში ბინადარი ჯავშნიანი ტკიპები გვევლინებიან ნიადაგის მდგომარეობის კარგ ბიონდიკატორებად და რა თქმა უნდა, დარღვეულ და დაზიანებულ ეკოსისტემებში მათი თანასაზოგადოებების სტრუქტურული და სახეობრივი შემადგენლობის შესწავლა და შეფასება გვესახება ბიონდიკაციის და ეკოლოგიური მონიტორინგის ერთ-ერთ ყველაზე დროულ, მარტივ, ეფექტურ და იაფ საშუალებად სხვა მეთოდებთან შედარებით, რაც ნიადაგების მონიტორინგის და შეფასების ერთიანი სქემის შემუშავებისათვის მნიშვნელოვან საფუძვლს ქმნის.

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევებიდან გამომდინარე გვაქვს რამდენიმე რეკომენდაცია ინდუსტრიული და აგრარული სექტორების მიმართ, კერძოდ:

1. ინდუსტრიული კომპანიების მხრიდან სასარგებლო წიაღისეულის სამთომოპოვებითი სამუშაოების შემდგომ დარღვეული ეკოსისტემების აღდგენის მიზნით მოხდეს მართვის აქტიური ზომების გატარება და ტერიტორიის აღდგენითი სამუშაოების შეფასება ჯავშნიანი ტკიპების (და ნიადაგის სხვა უხერხემლოების) თანასაზოგადოებების სახეობრივი შემადგენლობისა და რიცხოვნობის მიხედვით, ვინაიდან მათი როლი დიდია ნიადაგწარმოქმნელ პროცესებში, ხელს უწყობენ ჰუმუსის ფორმირებას, ნიადაგის ფიზიკური და ქიმიური პროცესების გაუმჯობესებას და რაც მთავარია, გვევლინებიან ნიადაგის მდგომარეობის ბიონდიკატორებად;

2. ღია კარიერების მიტოვებულ (არააღდგენილ) ტერიტორიებზე ბუნებრივად მიმდინარე სუქსცესიური პროცესების შეფასება უნდა მოხდეს ნიადაგის მიკროართროპოდებით (მათ შორის ჯავშნიანი ტკიპები), ასევე სასურველია შედარებითი ანალიზის ჩატარება ბუნებრივი და ხელოვნური (აღდგენილ) ტერიტორიების მიკროართროპოდების ჯგუფებთან, რადგან დადგინდეს აღდგენითი (სუქცესიური) პროცესების სისწრაფე და ეფექტურობა, რაც დაეხმარებათ კომპანიებს შემდგომი სამუშაოების დაგეგმვაში

3. მეურნეობების საკუთრებაში არსებული სასოფლო-სამეურნეო მიწების არარაციონალური სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობა იწვევს დაჩქარებულ ეროზიას, ნიადაგების დეგრადაციას და ლოკალური გაუდაბნოების საშიშროებას. ამ პროცესების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა მნიშვნელოვანი ცვლილებების გატარება და მართვის სწორი მენეჯმენტის შემუშავება არამდგრად სამოვრებთან და სახნავ-სათეს მიწებთან დაკავშირებით, ნიადაგის სასარგებლო ფაუნის დაცვისთვის, ეს კი ხელს შეუწყობს ნიადაგის პროდუქტიულობის შენარჩუნებას და გაუმჯობესებას;

4. საჭიროა ბიონდიკაციისა და მონიტორინგის ერთიანი სისტემის ჩამოყალიბება, ნიადაგის ბუნებრივი და ანთროპოგენური დარღვევის და დაბინძურების გავლენის შესასწავლად ჯავშნიანი ტკიპების პოპულაციაზე და ამ მიმართულებით ინტენსიური მეცნიერული კვლევების განხორციელება;

5. შესაბამისი საგანმანათლებლო სქემის შემუშავება მოსახლეობის ცნობიერების ამაღლების მიზნით გარემოს და ბუნების დაცვის საკითხებში. ადგილობრივი მოსახლეობის რეგულარული განათლება ეხმარება ადამიანებს ბუნების კონსერვაციის მნიშვნელობის გაგებაში და იმის გაცნობიერებაში, თუ რა როლს ასრულებენ უხერხემლო ცხოველები ნიადაგის აღდგენასა და შენარჩუნებაში. საგანმანათლებლო კამპანიის მთავარი მიზანი უნდა იყოს მოსახლეობის ინფორმირებულობა სამოვრებზე და სახნავ-სათეს მიწებზე ზეწოლის შემცირებასთან დაკავშირებით, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ანთროპოგენური დარღვევები და შენარჩუნებულ იქნეს სახეობებით მრავალფეროვანი ტერიტორიები, ამისთვის საჭიროა არა მარტო ბეჭდვითი მასალები, არამედ გარემოს დაცვის და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს შესაბამისი სამსახურების სპეციალისტების მიერ რეგიონებში ამ მიმართულებით ტრენინგ-შეხვედრების ჩატარება.

ბიბლიოგრაფია

- გაუდაბნობასთან ბრძოლის მოქმედებათა მეორე ეროვნული პროგრამა, 2014–2022. დამტკიცებულია „გაუდაბნობასთან ბრძოლის მოქმედებათა მეორე ეროვნული პროგრამის დამტკიცების შესახებ“ საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 29 დეკემბრის N742 დადგენილებით (საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე, www.matsne.gov.ge, 31/12/2014, 360160000.10.003.018374).
- კეცხოველი, ნიკო. „საქართველოს მცენარეული საფარი = Растительный покров Грузии.“ საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია. *თბილისი: საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა* (1959): 443 გვ.
- მარუაშვილი ლ. „საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია: ნაწილი მეორე, თბილისი, *თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა*, (1970).
- მურვანიძე, მაკა, ყვავაძე, ერისტო, ზადათურია, ნანა, ელიავა, ირაკლი, არაბული, თეა, ჩალაძე, გიორგი, მუმლაძე, ლევანი. „კარიერებისა და ნაყარების კოლონიზაცია უხერხემლო ცხოველების მიერ (ჭიათურის მანგანუმის საბადო).“ *გამომცემლობა „უნივერსალი“*, *თბილისი* (2013): 115 გვ.
- მურვანიძე, მაკა, ყვავაძე, ერისტო, ზადათურია, ნანა, ელიავა, ირაკლი, არაბული, თეა, მუმლაძე, ლევანი. :უხერხემლო ცხოველები - ურბანიზებული გარემოს ბიონდიკატორები“. „*უნივერსალი*“, (2009): 121 გვ.
- ნახუცრიშვილი, გია. „საქართველოს ძირითადი ბიომები / საქართველოს ბიოლოგიური და ლანდშაფტური მრავალფეროვნება“. *თბილისი*, (2000): 43-68 გვ.
- ურუშაძე, თენგიზ, თხელიძე, ამირან, ლამბაშიძე, გიორგი. „ატლასი - საქართველოს ნიადაგები“. გამოცემულია სამხრეთკავკასიაში შვეიცარიის თანამშრომლობის ოფისის დაფინანსებით და გაეროს განვითარების პროგრამის ხელშეწყობით (UNDP), *თბილისი*, (2015): 46 გვ.
- ურუშაძე, თენგიზ. „საქართველოს ძირითადი ნიადაგები“. *თბილისი*, „*მეცნიერება*“, (1997): 268 გვ.
- Бабенко, Анатолий Борисович. „Некоторые закономерности формирования комплекса почвенных микроартропод на отвалах открытых разработок Зоологический журнал, т. LIX, вып. 1. (1980): 43-54 с.
- Бабенко, Анатолий Борисович. „Динамика почвенных микроартропод при зарастании техногенных отвалов“. *Зоологический журнал*. Vol. 61, No. 12, (1982): 1815-1825 с.
- Бабенко, Анатолий Борисович. „Формирование населения почвообитающих микроартропод на отвалах горной промышленности“. тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 03.00.16, кандидат биологических наук Бабенко, Анатолий Борисович, кандидат биологических наук, (1984).
- Воронова, Людмила, Дмитриевна. „Почвенная фауна южной тайги Пермской области и ее изменение под влиянием пестицидов“: автореферат диссертаций на соискание ученой степени кандидата биологических наук (098) / Л. Д. Воронова; АН СССР. Ин-т эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова. - Москва: [б. и.], (1971): 24 с.
- Гиляров М. С., Криволицкий Д. А. „Определитель обитающих в почве клешей. Sarcotiformes.“ *Изд. „Наука“*, *Москва*. (1975): 490 с.

- Криволицкий Д. А. "Роль панцирных клещей в биогеоценозах." *Зоологический журнал* Т. 55, №2 (1976): 226-236 с.
- Криволицкий, Д. А. "Панцирные клещи как индикатор почвенных условий." *Зоология беспозвоночных (почвенная зоология)*. Т. 5. М.: ВИНТИ АН СССР, (1978): 70-134 с.
- Kehl, Christine, Weigmann, Gerd, "Die Hornmilbenzoonosen (Acari: Oribatida) an Apfelbaumen im Stadtgebiet von Berlin als Bioindikatoren fur die Luftqualitat." *Zoologische Beitrage Naturwissenschaftlichen Fakultät* 34, no. 2 (1992): 261-273.
- Knülle, Willi. "Die Verteilung der Acari: oribatei im boden." *Zoomorphology* 46, no. 4 (1957): 397-432. DOI: 10.1007/BF00409630.
- Weigmann, Gerd. "Zur Bedeutung von Hemerobie und Habitatstruktur für Hornmilben (Acari, Oribatida) in Stadtparks and Ruderalflächen." *Schr. R.f. Vegetationskunde., Sukopp-Festschrift* 27 (1995): 202-210.
- Weigmann, Gerd. "Hornmilben (Oribatida). Die Tierwelt Deutschlands." 76. Teil. Publisher: *Goecke & Evers*, (2006): 1-520.
- Accattoli, Cecilia, Martínez, Salazar, Ernestina, Ana. "Oribátidos (Acari: Oribatida): Indicadores de impacto antrópico en parques urbanos de la Plata (Argentina)". *Acta Zoológica Mexicana* 28, no. 3 (2012): 550-565. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/107057>. <https://doi.org/10.21829/azm.2012.283858>.
- André, Henri M. "Introduction à l'étude écologique des communautés de microarthropodes corticales soumises à la pollution atmosphérique. I. Les microhabitats corticales". *Bulletin d'écologie* 7, no. 4 (1976 a.): 431-444.
- André, Henri M. "Introduction à l'étude écologique de communautés de microarthropodes corticales soumises à la pollution atmosphérique. II. Recherche de bioindicateurs et d'indices biologiques de pollution". *Anales Soc. r. Zool. Belg.* 106, no. 2-4 (1977 b.): 211-224.
- Coineau, Yves. "Introduction à l'étude des microarthropodes du sol de et ses annexes". *Paris: Ed. Doin.* 1, (1974): 119 pp.
- Pérez-Iñigo, Carlos. "Acari: oribatei, poronota." *In: Ramos, Ma. A. (Eds.), Fauna Ibérica.* Mus. Nac. Cien. Natur. Madrid. 3, (1993): 1-320.
- Pérez-Iñigo, Carlos. "Acari: oribatei, gymnonota." *In: Ramos, Ma. A. (Eds.), Fauna Ibrica.* Mus. Nac. Cien. Natur. Madrid. 9, (1997): 1-374.
- Subías Luis S. "Listado sistemático, sinonímico y biogeográfico de los Ácaros Oribátidos (Acariformes: Oribatida) del mundo (excepto fósiles), (17ª actualización)." (accessed March 2021), 532 pp. http://bba.bioucm.es/cont/docs/RO_1.pdf.
- Adamski, Zbigniew, Jerzy Błoszyk, Jan Bruin, and Kazimierz Ziemnicki. "Non-Omnia Moriantur - Toxicity of Mancozeb on Dead Wood Microarthropod Fauna." *Experimental and Applied Acarology* 42, no. 1 (2007): 47-53 pp. <https://doi.org/10.1007/s10493-007-9069-y>.
- Adamski, Zbigniew, Błoszyk, Jerzy, Katarzyna Piosik, and Tomczak, Kamila. "Effects of Diflubenzuron and Mancozeb on Soil Microarthropods: A Long-Term Study." *Biological Letters* 46, no. 1 (2009): 3-13 pp. <https://doi.org/10.2478/v10120-009-0008-y>.
- Akhalkatsi, Maia, and Tarkhnishvili, David. "Habitats of Georgia." Tbilisi, Georgia: *GTZ* (2012): 1-118.
- Al-Assiuty, Abdel-Naieem I M., and Khalil, Mohamed A. "The Influence of Insecticide-Pheromone Substitution on the Abundance and Distributional Pattern of Soil

- Oribatid Mites," *Experimental and Applied Acarology* 19 no. 7 (1995): 399–410 pp. <https://doi.org/10.1007/BF00145157>.
- Al-Assiuty, Abdel, Naieem I. M., Khalil, Mohamed A., Ismail, Abdel-Wahab A. Straalen, Nico M. Van, and Ageba, F., Mohamed. "Effects of Fungicides and Biofungicides on Population Density and Community Structure of Soil Oribatid Mites." *Science of the Total Environment* 466–467, (2014): 412–20. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.063>.
- André, Henri M, Bolly, C. R., and. Lebrun, Ph. "Monitoring and Mapping Air Pollution through an Animal Indicator: A New and Quick Method." *Journal of Applied Ecology* 19, no. 1 (1982): 107–111. <https://doi.org/10.2307/2402995>.
- Andrés Pilar, and Mateos, Eduardo. "Soil Mesofaunal Responses to Post-Mining Restoration Treatments." *Applied Soil Ecology* 33 no. 1 (2006): 67–78 pp. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.08.007>.
- Andrievskii, Vladislav S., Barsukov, Pavel, Bashkin, V. N. "Application of Soil Oribatid Mites as Bioindicators in Impact Areas of the Gas Industry in the West Siberian Tundra". *The Open Ecology Journal* 8, no. 1 (2015): 32-39. DOI: 10.2174/1874213001508010032.
- Antwi, Effah, Rene Krawczynski, and Gerhard Wiegler. "Detecting the Effect of Disturbance on Habitat Diversity and Land Cover Change in a Post-Mining Area Using GIS," *Landscape and Urban Planning* 87 no. 1 (2008): 22-32 pp. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.03.009>.
- Aoki, J. "Analysis of oribatid communities by relative abundance in the species and individual numbers of the three major groups (MGP-analysis)". *Bulletin, Institute of Environmental Science and Technology, Yokohama National University* 10, (1983): 171–176.
- Aoki, J. "Diagnosing on environment by soil animals". In: Numata, M. (eds.) Estimate of the impact on the natural environment documentation of research results and manual of investigation method. *Division of Regulation Environmental Problem, Ministry of Environment, Chiba Local government, Chiba*, (1995): 197–271.
- Arnold, S. S., Fernandez, Ivan J., Rustad, Lindsey E., Zibilske, L. M. "Microbial response of an acid forest soil to experimental soil warming". *Biology and Fertility of Soils* 30, no. 3 (1999): 239–244. DOI: 10.1007/s003740050614.
- Arroyo, Julio, Iturrondobeitia, Juan, Carlos, Rad, Carlos, Carcedo, Salvador, Gonzalez "Oribatid mite (Acari) community structure in steppic habitats of Burgos Province, central northern Spain". *Journal of Natural History* 39, no. 39 (2005): 3453-3470. DOI: 10.1080/00222930500240346.
- Badejo, Mosadoluwa Adetola, Akinwole, Philips. "Microenvironmental preferences of oribatid mite species on the floor of a tropical rainforest". *Experimental and Applied Acarology* 40, no. 2 (2006): 145-156. DOI: 10.1007/s10493-006-9029-y.
- Badji, Cesae Auguste, Guedes, Raul Narciso Carvalho, Silva, Antônio Alberto, Corrêa, Alberto Soares, Queiroz, Maria Eliana L R de, and Filho, Miguel Michereff. "Non-Target Impact of Deltamethrin on Soil Arthropods of Maize Fields under Conventional and No-Tillage Cultivation." *Journal of Applied Entomology* 131, no. 1 (2007): 50–58. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01118.x>.
- Bardgett, Richard D., Cook, Roger. "Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands". *Applied Soil Ecology* 10, no. 3 (1998): 263-276. DOI: 10.1016/S0929-1393(98)00125-5.

- Basialashvili, Tsisana, Lia Matchavariani, and Lamzira Lagidze. "Desertification Risk in Kakheti Region, East Georgia." *Journal of Environmental Biology* 36, no. 1 (2015): 33–36.
- Bates, Douglas M., Mächler, Martin, Dai, Bin. "lme4: Linear Mixed-effects Models Using Eigen and SVD". R Package Version 1.1–23. 2013. See. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- Beaty, Lynne E., Esser, Joan, Helen, Miranda, Robero, Norton, Roy. "First report of phoresy by an oribatid mite (Trhypochthoniidae: Archezogetes magnus) on a frog (Leptodactylidae: Engystomops pustulosus)". *International Journal of Acarology* 39, no. 4 (2013): 325-326. DOI: 10.1080/01647954.2013.777783.
- Bedano, José Camilo, Cantú, Mario, Doucet, Marcelo "Abundance of soil mites (Arachnida: Acari) in a natural soil of central Argentina." *Zoological Studies* 44, no. 4 (2005): 505-512.
- Bedano, José Camilo, Cantú, Mario Pablo, and Doucet, Marcelo. "Influence of Three Different Land Management Practices on Soil Mite (Arachnida: Acari) Densities in Relation to a Natural Soil." *Applied Soil Ecology* 32, no. 3 (2006): 293–304. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.07.009>.
- Behan-Pelletier, Valerie M., and Hill, Stuart B. "Feeding habits of sixteen species of Oribatei (Acari) from an acid peat bog." Glenamoy, Ireland. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 20, no. 2 (1983): 221–267.
- Behan-Pelletier, Valerie M., and Walter, David Evans. "Biodiversity of oribatid mites (Acari: Oribatida) in tree-canopies and litter." In: Coleman, D.C. & Hendrix, P.F. (Eds.), *Invertebrates as Webmasters*. CAB International, Wallingford, UK (2000): 187–202.
- Behan-pelletier, Valerie M. "Oribatid Mite Biodiversity in Agroecosystems: role for bioindication." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, no. 1-3 (1999): 411–423. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00046-8).
- Behan-Pelletier, Valerie M., and Eamer, Barbara. "Aquatic Oribatida: Adaptions, Constraints, Distribution and Ecology." In: Morales, J. B., Behan-Pelletier, Valerie M., Ueckermann, E., Perez, T. M., Estrada-Venegas, E. G., and Badii M. (eds.): *Acarology XI: Proceedings of the International Congress*. – Instituto de Biología and Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México; Sociedad Latinoamericana de Acarología. Mexico (2007): 71–82. ISBN 978-970-32-4451-5
- Behan-Pelletier, Valerie M., and Newton, Glen. "Linking Soil Biodiversity and Ecosystem Function - The Taxonomic Dilemma." *BioScience* 49, no. 2 (1999): 149–153 DOI: <https://doi.org/10.2307/1313540>
- Berch, Shannon M., Brockley, Robert P., Battigelli, Jeff, Hagerman, Shannon, Holl, Brian. „Impacts of repeated fertilization on components of the soil biota under a young lodgepole pine stand in the interior of British Columbia“. *Canadian Journal of Forest Research* 36, no. 6 (2011): 1415-1426. DOI: 10.1139/x06-037.
- Bielska, I. "Communities of moss mites (Acari, Oribatei) of degraded and recultivated areas in Silesia. 1". *Communities of moss mites of mine dumps I. Polish Ecological Studie* 83, no. 4 (1983): 499-510.
- Bielska, I. "Communities of moss mites (Acari, Oribatei) of degraded and recultivated areas in Silesia. 2". *Communities of moss mites of recultivated areas, I. Polish Ecological Studie* 83, no. 4 (1983): 511-520.
- Bielska, I. "Communities of moss mites (Acarida, Oribatida) on recultivated ash dumps from power plants, I". Paszewska, H. *Polish Ecological Studies* 21, no.3 (1996): 263-275.

- Bielska I. "Oribatida communities of deteriorated coniferous forests of Silesian industrial basin and the Karkonosze National Park". *Acarology IX, Columbus, Proceedings. P. 1*, (1996): 585-588.
- Bayartogtokh, Badamdorj. "Biodiversity and Ecology of Soil Oribatid Mites (Acari: Oribatida) in the Grassland Habitats of Eastern Mongolia". *Ecology of soil animals* 9, (2005): 59-70.
- Blankinship, C. Joseph, Niklaus, A. Pascal, Bruce, A. Hungate. "A meta-analysis of responses of soil biota to global change". *Oecologia* 165, no. 3 (2011): 553- 565. DOI: 10.1007/s00442-011-1909-0.
- Breure, M. Anton, Mulde, Christian, Römbke, Jörg, Ruf, Andrea. "Ecological classification and assessment concepts in soil protection". *Ecotoxicology and Environmental Safety* 62, no. 2 (2005): 211-229. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2005.03.025.
- Broadbent, A.B. & Tomlin, A.D. "Species list of Acari recovered from soil of a Guelph cornfield and a London pasture". *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, 110, (1979): 101-103.
- Cáceres, Miquel De. "How to Use the Indicspecies Package (ver. 1.6. 7)". (2013): 1-27. <http://www2.uaem.mx/r-mirror/web/packages/indicspecies/vignettes/indicspeciesTutorial.pdf>
- Cáceres, Miquel De, Legendre, Pierre, Wiser, Susan K., Brotons, Lluís 2012. "Using species combinations in indicator value analyses". *Methods in Ecology and Evolution*, page in press 3 (2012): 973-982. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00246.x>.
- Cancela da Fonseca J. P., Sarkar, Sishir, Kumar. "Soil microarthropods in two different managed ecological systems (Tripura, India)". *Applied Soil Ecology* 9, no.1 (1998): 105-107. DOI: 10.1016/S0929-1393(98)00062-6.
- Cannon, Raymond Julian and Block, William. "Cold tolerance of microarthropods." *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 63, no. 1 (2008): 23-77. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1988.tb00468.x>.
- Caruso, Tancredi, Pigino, Gaia, Bernini, Fabio, Bargagli, Roberto, Migliorini, Massimo. "The Berger-Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: a case study on Mediterranean oribatid (Acari: Oribatida) assemblages". *Biodiversity and Conservation* 16, (2007): 3277-3285. DOI: 10.1007/s10531-006-9137-3.
- Carvalho, Paulo, César De Faccio, Anghinoni, Ibanor, Moraes, Anibal de and et al. "Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems". *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 88, no. 2 (2010): 259-273. DOI 10.1007/s10705-010-9360-x.
- Cepeda-Pizarro, Jorge, G., Whitford, Walter, G. "The relationships between abiotic factors and the abundance patterns of soil microarthropods on a desert watershed". *Pedobiologia* 33, (1989a): 76-86.
- Cepeda-Pizarro, Jorge, G., Whitford, Walter, G. "Spatial and temporal variability of higher microarthropod taxa along a transect in a northern Chihuahuan Desert watershed". *Pedobiologia* 33, (1989b): 101-111.
- Cepeda-Pizarro, Jorge, G., Whitford, Walter, G. "Species abundance distribution patterns of soil microarthropods in decomposing surface leaf -liner and mineral soil on a desert watershed". *Pedobiologia* 33(1989c): 254-268.
- Cepeda-Pizarro, Jorge G., Gutierrez, Julio R., Valderrama, L., Vasquez, H. "Phenology of the edaphic microarthropods in a Chilean coastal desert site and their response to water and nutrient amendments to the soil". *Pedobiologia* 40, no. 4 (1996): 352-363.

- Chachaj, Bogusław, Seniczak, Stanisław. "The Influence of Sheep, Cattle and Horse Grazing on Soil Mites (Acari) of Lowland Meadows". *Folia Biologica* 53, no. 4 (2002): 127-132. DOI: 10.3409/173491605775789362.
- Chakravorty, Pratim, Partha, Bose, Shambhunath, Chacko, Joy V., Bhattacharya, Shelley. "Biomonitoring of anticholinesterase pesticides in the soil: usefulness of soil Collembola". *Biomedical and Environmental Sciences* 8, no. 3 (1995): 232-239.
- Chao, Anne, and Colwell, Robert K. "Thirty Years of Progeny from Chao's Inequality: Estimating and Comparing Richness with Incidence Data and Incomplete Sampling." *SORT Statistics and Operations Research Transactions* 41, no. 1 (2017): 3-54.
- Cockfield, Stephen, and Potter, Daniel A. "Short-Term Effects of Insecticidal Applications on Predaceous Arthropods and Oribatid Mites in Kentucky Bluegrass Turf." *Environmental Entomology* 12, no. 4 (1983): 1260-1264. <https://doi.org/10.1093/ee/12.4.1260>.
- Coleman, David, Callaham, Mac A., Crossley D.A. "Fundamentals of soil ecology". 3rd ed. Oxford: Elsevier (2017).
- Convey, Peter, Block, William, Peat, Helen J. "Soil arthropods as indicators of water stress in Antarctic terrestrial habitats?." *Global Change Biology* 9, no. 12 (2003): 1718-1730. DOI:10.1046/j.1365-2486.2003.00691.x.
- Convey, Peter, Pugh, P.J.A., Jackson, C., Murray, A.W., Ruhland, Christopher, Xiong, Fusheng, Day, Thomas A. "Response of Antarctic terrestrial microarthropods to long-term climate manipulations". *Ecology*, 83, no. 11 (2002): 3130-3140. DOI: 10.2307/3071848.
- Corbet, Sarah A. "Insects, plants and succession: advantages of long-term set-aside". *Agriculture, Ecosystems & Environment* 53, no. 3 (1995): 201-217.
- Cortet, Jérôme, Vauflery Annette Gomot-De, Poinot-Balaguer, Nicole, Gomot, L Lucien, Texier, Christine, and Cluzeau, Daniel. "The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects." *European Journal of Soil Biology* 35 no 3 (July-September 1999), 115-34. Domsch Horst, Jagnow G., Anderson, Traute-Heidi. "An ecological concept for the assessment of side-effects of agrochemicals on soil microorganisms." *Part of the Residue Reviews book series* 86, (1983): 65-105. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5473-7_2.
- Cortet, Jérôme, Dominique Gillon, Richard Joffre, Ourcival Jean Marc, and Poinot-Balaguer Nicole. "Effects of Pesticides on Organic Matter Recycling and Microarthropods in a Maize Field: Use and Discussion of the Litterbag Methodology." *European Journal of Soil Biology* 38, no. 3-4 (2002.): 261-265. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(02\)01156-1](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(02)01156-1).
- Cortet, Jérôme, Ronce Damien, Poinot-Balaguer Nicole, Beaufreton Christian, Chabert André, Viaux Philippe, and Fonseca Paulo Jorge Cancela De. "Impacts of Different Agricultural Practices on the Biodiversity of Microarthropod Communities in Arable Crop Systems." *European Journal of Soil Biology* 38, no. 3-4 (2002.): 239-44. DOI: 10.1016/S1164-5563(02)01152-4.
- Crossley, Dac, Jr., Mueller, Barbara R., Perdue, Judy C. "Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes". *Agriculture Ecosystems & Environment* 40, no.1 (1992): 37-46. DOI: 10.1016/0167-8809(92)90082-M.
- Deyn, G.B. De, Wim, H Van der Putten. "Linking aboveground and belowground diversity". *Trends in Ecology & Evolution* 20, no. 11 (2005): 625-33. DOI: 10.1016/j.tree.2005.08.009.

- Duelli, Peter, Obrist, Martin K. "Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of semi-natural habitat islands". *Basic and Applied Ecology* 4, no. (2):129-138. DOI: 10.1078/1439-1791-00140.
- Dufrene, Marc, Dufrene, Pierre. "Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach". *Ecological Monographs* 67, no. 3 (1997): 345-366. DOI: 10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAI]2.0.CO;2.
- Dunger, Wolfram, Wanner, Manfred, Hauser H., Hohberg Karin, Schulz Hans-Jürgen, Schwalbe, Timothy J., Seifert, Bernhard, Vogel J., Voigtländer, Karin, Schlitt, Bettina, and Zulka, Klaus Peter. "Development of Soil Fauna at Mine Sites during 46 Years after Afforestation." *Pedobiologia* 45, no. 3 (2001): 243-271. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00083>.
- Edwards C. A. "Persistent Pesticides in the Environment." *Cleveland, CRC Press* No. Ed. 2pp. (1973): 170 pp. At head of title: *CRC Bibliography*: 141-158 pp.
- Eeva, Tapio, Penttinen, Ritva. "Leg deformities of oribatid mites as an indicator of environmental pollution". *Science of the total environment* 407, no. 16 (2009): 4771-4747. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2009.05.013.
- Eitminavichute I., Umbrasiene D. "The succession of soil mites during the process of sewage sludge degradation". *Acarology* IX. Vol. 1 (1990): 599-601.
- Elkins, Ned Z., Whitford, Walter George. "The role of microarthropods and nematodes in decomposition in a semi-arid ecosystem". *Oecologia* 55, no. 3 (1982): 303-310.
- Ferreira, Nonato, Weber, O. B., Crisóstomo, Lindbergue Araújo. "Produced water irrigation changes the soil mesofauna community in a semiarid agroecosystem". *Environmental Monitoring and Assessment* 18, no. 8 (2015): 4744. DOI: 10.1007/s10661-015-4744-7.
- Food and Agriculture Organization FAO. "Guidelines for Soil Description". *Fourth edition. FAO, Rome*, (2006): 1-108.
- Fox, C. A., Fonseca, E. J. A., Miller, J. J., Tomlin, A. D. "The influence of row position and selected soil attributes on Acarina and Collembola in no-till and conventional continuous corn on a clay loam soil." *Applied Soil Ecology* 13, no. 1 (1999): 1-8. DOI: 10.1016/S0929-1393(98)00167-X.
- Franchini, P., Rockett, C. L. "Oribatid mites as indicator" species for estimating the environmental impact of conventional and conservation tillage practices". *Pedobiologia* 40, no. 3 (1996): 217-225.
- Tomas, Frank, Aeschbacher, Simone, Barone, Mario, Künzle, Irene, Lethmayer, Christa, Mosimann, Corinne. "Beneficial arthropods respond differentially to wildflower areas of different age." *Annales Zoologici Fennici* 46, no.6 (2009): 465-480. DOI: 10.5735/086.046.0607.
- Fratello B., Sabatini, Maria Agnese, Mola, Lucrezia, Uscidda, C., Gessa, C. "Effects of agricultural practices on soil arthropoda: organic and mineral fertilizers in alfalfa fields." *Agriculture, ecosystems & environment* 27, no. 1-4 (1989): 227-239. DOI: 10.1016/0167-8809(89)90088-1.
- Friedman, Milton. "The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance." *Journal of the American Statistical Association* 32, no. 200 (1937): 675-701. DOI: 10.1080/01621459.1937.10503522.
- Galili, Tal. "Post hoc analysis for Friedman's Test (R code)." *R-bloggers*, Posted on February 22, 2010. <http://www.r-bloggers.com/post-hoc-analysis-forfriedman%E2%80%99s-test-r-code/>.
- Gardi, Ciro, Montanarella, Luca, Arrouays, Dominique, and et al. "Soil biodiversity monitoring in Europe: Ongoing activities and challenges". *European Journal of Soil*

- Science* 60, no. 5 (2009): 807–819. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01177.x>.
- Frampton, Geoff K., Jänsch, Stephan, Scott-Fodsmann, Janek, Römbke, Jörg, Van Den Brink, Paul J. “Effects of pesticides on soil invertebrates in laboratory studies: a review and analyses using species sensitivity distributions.” *Environmental Toxicology and Chemistry* 25, no. 9 (2006): 2480–2489.
- George, Paul B. L., Keith, Aidan M., Creer, Simon, Barrett, Gaynor, Lebron, I., Emmett, Bridget A., Robinson, David A., Jones, Davey L. “Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme.” *Soil Biology and Biochemistry* 115, (2017): 537–546. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.09.022.
- Gergócs, Veronika, Homoródi, Reka, Hufnagel, Levente. “Genus Lists of Oribatid Mites-A Unique Perspective of Climate Change Indication in Research”. In book: *Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World Chapter: Genus lists of Oribatid mites – A unique perspective of climate change indication in research* Publisher: InTech, Rijeka, Croatia · Editors: Dr. Gbolagade Akeem Lameed (2012): 175–208. <https://doi.org/10.5772/3330>. <http://dx.doi.org/10.5772/48545>.
- Gergócs, Veronika, and Hufnagel, Levente. “Application of Oribatid Mites as Indicators (Review).” *Applied Ecology and Environmental Research* 7, no. 1 (2009): 79–98.
- Gulvik, Maria E., “Mites as indicator of soil biodiversity and land use monitoring.” *Polish journal of Ecology (Pol. J. Ecol.)* 55, no. 3 (2007): 414–440.
- Hågvar, Sigmund. “Mites (Acari) developing inside decomposing spruce needles: biology and effect on decomposition rate.” *Pedobiologia* 42, no. 4 (1998): 358–377.
- Hammer, Øyvind, Harper, David A. T., Ryan, Paul D. “PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis.” *Palaeontologia Electronica* 4, no. 1 (2001): 1–9.
- Haq, M. A. “Biodegradation of cellulose in the gut of *Heptacarus hirsutus* Wallwork, 1964 (Acari: Oribatei).” In: *Soil fauna and soil fertility*. Striganova, B.R. (Ed.). Proceedings of the 9th international colloquium on soil zoology. Moscow, “Nauka” (1987): 93–98 pp.
- Holt, J. A., Bristow, Keith Leslie, McIvor, J. G. “The effects of grazing pressure on soil animals and hydraulic properties of two soils in semi-arid tropical Queensland. Aust.” *Australian Journal of Soil Research* 34, no. 1 (1996): 69–79. DOI: 10.1071/SR9960069.
- Hothorn, Torsten, Bretz, Frank, Westfall, Peter H. “Simultaneous inference in general parametric models.” *Biometrical Journal* 50, no. 3 (2008): 346–363. DOI: 10.1002/bimj.200810425.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., Chao, Anne. “iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers).” *Methods in Ecology and Evolution* 7, no. 12 (2016): 1451–1456. DOI: 10.1111/2041-210X.12613.
- Hülsmann, Astrid, Wolters, Volkmar. “The effects of different tillage practices on soil mites, with particular reference to Oribatida.” *Applied Soil Ecology* 9, no. 1–3 (1998): 327–332. DOI: 10.1016/S0929-1393(98)00084-5.
- Hutson, Barry R. “The Influence on Soil Development of the Invertebrate Fauna Colonizing Industrial Reclamation Sites.” *Published By: British Ecological Society. The Journal of Applied Ecology* 17, no. 2 (Aug., 1980): 277–286 pp. (10 pages). <https://doi.org/10.2307/2402324>. <https://www.jstor.org/stable/2402324>.

- Imafidor, Helen O., Wonodi, G. C. "Assessment of the effects of pesticides on soil microarthropods in a farm land in university of Port Harcourt, Nigeria." *Scientia Africana* 14, no. 2 (2015).
- Ingimarsdóttir, María, Tancredi, Caruso, Ripa, Jörgen, Birna, Ólöf Magnúsdóttir, Migliorini, Massimo, and Hedlund, Katarina. "Primary Assembly of Soil Communities: Disentangling the Effect of Dispersal and Local Environment." *Oecologia* 170, no. 3 (2012.): 745–54. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2334-8>.
- Jänsch, Stephan, Frampton, Geoff K., Römbke, Jörg, Paul, J. Van den Brink, Scott-Fordsmand, Janeck. "Effects of Pesticides on Soil Invertebrates in Model Ecosystem and Field Studies: A Review and Comparison with Laboratory Toxicity Data." *Environmental Toxicology and Chemistry* 25, no. 9 (2006): 2490–2501. <https://doi.org/10.1897/05-439R.1>.
- Johnston, John M., Crossley, Dac. "Forest Ecosystem Recovery in the Southeast US: Soil Ecology as an Essential Component of Ecosystem Management." *Forest Ecology and Management* 155, no.1–3 (2002): 187–203. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00558-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00558-8).
- Joy, Vadakepuram Chacko, Chakravorty, Partha Pratim. "Impact of insecticides on nontarget microarthropod fauna in agricultural soil." *Ecotoxicology and Environmental Safety* 22, no.1 (1991): 8–16.
- Kairs, Orestis, Karavitis, Christos A., Salvati, Luca, Kounalaki, Aikaterini, Kosmas, Costas. "Exploring impact of overgrazing on soil erosion and land degradation in a dry Mediterranean agro-forest landscape (Crete, Greece)." *Arid Land Research and Management* 29, no. 3 (2015): 360–374. DOI: 10.1080/15324982.2014.968691.
- Kaneda, Satoshi, Kaneko, Nobuhiro. "Collembolans feeding on soil affect carbon and nitrogen mineralization by their influence on microbial and nematode activities." *Biology and Fertility of Soils* 44, no. 3 (2008): 435–442. DOI: 10.1007/s00374-007-0222-x.
- Karasawa, Shigenori, Gotoh, Kenshi, Sasaki, Takeshi, and Hijii, Naoki. "Wind-Based Dispersal of Oribatid Mites (Acari: Oribatida) in A Subtropical Forest in Japan." *Journal of the Acarological Society of Japan* 14, no. 2 (2005): 117–122. <https://doi.org/10.2300/acari.14.117>.
- Kardol, Paul, Reynolds, Nicholas W., Norby, Richard, Classen, Aimee. "Climate change effects on soil microarthropod abundance and community structure." *Applied Soil Ecology* 47, no 1 (2011): 37–44. DOI: 10.1016/j.apsoil.2010.11.001.
- Kardol, Paul, Newton, Jeffrey, Bezemer, T. M., Maraun, Mark, Putten, Wim H. van der. "Contrasting diversity patterns of soil mites and nematodes in secondary succession." *Acta Oecologica* 35, no. 5 (2009): 603–609. DOI: 10.1016/j.actao.2009.05.006.
- Kay, Fenton R., Sobhy, Hanan M., Whitford, Walter George. "Soil microarthropods as indicators of exposure to environmental stress in Chihuahuan Desert rangelands". *Biology and Fertility of Soils* 28, no. 2 (1999): 121–28. <https://doi.org/10.1007/s003740050472>.
- Kereselidze, D. N., Matchavariani, L. G., Kalandadze, B. B., and Trapaidze, V. Z. "Allowable Soil Erosion Rates in Georgia." *Eurasian Soil Science* 46, no. 4 (2013): 438–46. <https://doi.org/10.1134/S1064229313040066>.
- Khalil, Ahmad M., Guttman, Mitchell, Huarte, Maite, and et al. "Many human large intergenic noncoding RNAs associate with chromatin-modifying complexes and affect gene expression." *Proceeding oh the national academic of sciences of USA* -

- PNAS* 106, no. 28 (2009): 11667-11672.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0904715106>.
- Kinnear, Adrienne, Tongway, David. "Grazing impacts on soil mites of semi-arid chenopod shrublands in Western Australia." *Journal of Arid Environments* 56, no. 1 (2004): 63-82 DOI: 10.1016/S0140-1963(03)00023-5.
- Korthals, Gerard W., Smilauer, P., van Dijk, C., & van der Putten, W. H. "Linking above- and below-ground biodiversity: abundance and trophic complexity in soil as a response to experimental plant communities on abandoned arable land." *Functional Ecology* 15, no. 4 (2001): 506 – 514. DOI: 10.1046/j.0269-8463.2001.00551.x.
- Krogh, Paul Henning. "Perturbation of the Soil Microarthropod Community with the Pesticides Isofenphos and Benomyl. I. Population Changes." *Pedobiologia* 35, no. 2 (1991): 71–88.
- Lebedeva, Natalia V. "Oribatid Mites Transported By Birds to Polar Islands a Review." In: Hempel, Gotthilf, Lochte, Karin, Matishov, Gennady (Eds). Reports on polar and marine research - arctic marine biology. *Alfred-Wegener-Institut für Polar-und Meeresforschung* 640, (2012): 152-161.
- Lebrun, Philippe, van Straalen, Nico M. "Oribatid mites: prospects for their use in ecotoxicology". *Experimental and Applied Acarology* 19, no. 7 (1995.): 361–79.
<https://doi.org/10.1007/BF00145154>.
- Lehmitz Ricarda, Russell, David, Hohberg, Karin, Christian, Axel, and Xylander, Willi E.R. "Active dispersal of oribatid mite into young soils." *Applied Soil Ecology* 55 (2012):10–19. DOI: 10.1016/j.apsoil.2011.12.003.
- Lehmitz, Ricarda, Russell David, Hohberg Christian Karin, Axel, and Xylander Willi E.R. "Wind Dispersal of Oribatid Mites as a Mode of Migration." *Pedobiologia* 54, no. 3 (2011): 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2011.01.002>.
- Lin, Delu, Xia, Jianyang, Wan, S. Q. "Climate warming and biomass accumulation of terrestrial plants: a metaanalysis." *New Phytologist* 188, no. 1 (2010): 187–198. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03347.x.
- Lindberg, Niclas, Bengtsson, Jan. "Population responses of oribatid mites and collembolans after drought." *Applied Soil Ecology* 28, no. 2 (2005): 163-174. DOI: 10.1016/j.apsoil.2004.07.003.
- Lindberg, Niclas, Bengtsson, Jan. "Recovery of forest soil fauna diversity and composition after repeated summer droughts." *Oikos* 114, no. 3 (2006): 494-506. DOI: 10.1111/j.2006.0030-1299.14396.x.
- Lindberg, Niclas, Bengtsson, Jan, Persson Tryggve. "Effects of experimental irrigation and drought on the composition and diversity of soil fauna in a coniferous stand." *Journal of Applied Ecology* 39, no. 6 (2002): 924-936. DOI: 10.1046/j.1365-2664.2002.00769.x.
- Linden, Dennis R., Hendrix, Paul F., Coleman, David C., Vliet, Van Petra C. J., In: Doran, J. W., Coleman, D.C., Bezdicek, D. F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Special Publication (USA) No. 35* (1994): pp. 91–106. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c6>.
- Lindo, Zoë, Winchester, Winchester, Neville N. "A comparison of microarthropod assemblages with emphasis on oribatid mites in canopy suspended soils and forest floors associated with ancient western red cedar trees." *Pedobiologia* 50: (2006): 31-41.
- Lindo, Zoë, Visser, Suzanne. "Forest Floor Microarthropod Abundance and Oribatid Mite (Acari: Oribatida) Composition Following Partial and Clear-Cut Harvesting in the

- Mixedwood Boreal Forest." *Canadian Journal of Forest Research* 34, no. 5 (2004.): 998–1006. <https://doi.org/10.1139/x03-284>.
- Luxton, Malcolm. "The ecology of some soil mites from coal shale tips." *Journal of Applied Ecology* 19, no. 2 (1983): 427-442. DOI: 10.2307/2403477.
- Luxton, M. "Studies on the Oribatid mites of a Danish Beech wood soil IV. Developmental biology." *Pedobiologia* 21, no. 5 (1981 a): 312–340. "Studies on the Oribatid mites of a Danish Beech wood soil IV. Seasonal population changes." *Pedobiologia* 21, no. 5 (1981 b): 387–409 pp.
- Machavariani, V., „Soil Erosion and Measures for Protection“. Metsniereba, Tbilisi (in Georgian). (1987).
- MacKay, William P., Silva, Solange, Lightfoot, David, Pagani, Maria, Whitford, Walter George. "Effect of increased soil moisture and reduced soil temperature on a desert soil arthropod community." *American Midland Naturalist* 116, no. 1 (1986): 45-56. DOI: 10.2307/2425936.
- Mäder, Paul, Andreas Fließbach, David Dubois, Lucie Gunst, Padruot Fried, and Urs Niggli. 2002. "Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming." *Science* 296 (5573) (2002): 1694–1697. <https://doi.org/10.1126/science.1071148>.
- Magurran, Anne E. "Measuring Biological Diversity." *Blackwell Science Ltd, Oxford, United Kingdom*, (2004).
- Manu, Minodora, Honciuc, Viorica, Neagoe, Aurora, Băncilă, Raluca, Iordache, Virgil, Alexandru, Onete, Marilena „Soil mite communities (Acari: Mesostigmata, Oribatida) as bioindicators for environmental conditions from polluted soils“. *Scientific Reports* 9, no.1 (2019): 1-14. DOI: 10.1038/s41598-019-56700-8.
- Maraun, Mark, Scheu, Stefan. "The structure of oribatid mite communities (Acari, Oribatida): patterns, mechanisms and implications for future research." *Ecography* 23, (2000): 374–383. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2000.tb00294.x.
- Maraun, Mark, Salamon, Jörg-Alfred, Schneider, Katja, Schaefer, Matthias, Scheu, Stefan. "Oribatid mite and collembolan diversity, density and community structure in a moder beech forest (*Fagus sylvatica*): effects of mechanical perturbations." *Soil Biology and Biochemistry* 35, (2003): 1387-1394. DOI: 10.1016/S0038-0717(03)00218-9.
- Maraun, Mark, Schatz, Heinrich, and Scheu, Stefan. "Awesome or Ordinary? Global Diversity Patterns of Oribatid Mites." *Ecography* 30, no. 2 (2007): 209–316. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.04994.x>.
- Matchavariani, Lia, and Lagidze, Lamzira. "Environment transformation in Georgia as a result of climate change. Environment and Ecology in the Mediterranean Region." *Cambridge Scholars Publishing*. (2012): 379-393 pp.
- Matuseviciute, Audronė. "Formation of Oribatid mite complex in remediated gravel quarry soil". *Ekologija* 53, no. 4 (2007): 25-33.
- Mazzoncini, Marco, Canali, S., Giovannetti, Manuela, Castagnoli, Marisa, Tittarelli, Fabio, Antichi, Daniele, Nannelli, R., Cristiani, Caterina, and Bàrberi, Paolo. "Comparison of organic and conventional stockless arable systems: a multidisciplinary approach to soil quality evaluation." *Applied Soil Ecology* 44, no. (2010): 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.11.001>.
- McAdams Brittany N., Quideau, Sylvie A., Swallow, Mathew J. B., Lumley, Lisa M. "Oribatid Mite Recovery along a Chronosequence of Afforested Boreal Sites Following Oil Sands Mining." *Forest Ecology and Management* 422, (April 2018): 281-93. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.034>.

- McAleece N, Gage J D, Lamshead J, Patterson G L J Biodiversity Professional. "The Natural History Museum & the Scottish Association for Marine Science." (1997).
- Melamud, V., Beharav, A., Pavlíček, T., Nevo, E. Biodiversity interslope divergence of oribatid mites at "Evolution Canyon", Mount Carmel, Israel". *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 53, no. 4 (2007): 381-396.
- Meyer, Svenja, Dominika Kundel, Klaus Birkhofer, Andreas Fliessbach, Stefan Scheu. "Soil microarthropods respond differently to simulated drought in organic and conventional farming systems". *Ecology and Evolution*. 11, no. 15 (2021): 10369-10380. <https://doi.org/10.1002/ece3.7839>.
- Miao, Zewei, and Marrs, Robert. "Ecological Restoration and Land Reclamation in Open-Cast Mines in Shanxi Province, China." *Journal of Environmental Management* 59, no. 3(2000): 205-215. <https://doi.org/10.1006/jema.2000.0353>.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). "Ecosystems and human well-being: desertification synthesis." *World Resources Institute, Washington, DC*. (2005): 1-36. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8719>. <http://www.nniassessment.org/documents/document.355.aspx.pdf>.
- Minor, Maria A., Norton, Roy A. "Effects of weed and erosion control on communities of soil mites (Oribatida and Gamasina) in short-rotation willow plantings". *Canadian Journal of Forest Research* 38, no. 5 (2008): 1061-1070. <https://doi.org/10.1139/X07-207>. DOI: 10.1139/X07-207.
- Mohammed, Abdullahi M., Umeozor, Odidika, Christian, Gbarakoro, Tambeke. "The Effects of Glyphosate and Multrazine on the Abundance and Diversity of Soil Microarthropods at the University Park, University of Port-Harcourt, Nigeria". *European Journal of Experimental Biology* 07, no. 1-2 (2017): 1-5. DOI: 10.21767/2248-9215.100002.
- Morgan, R.P.C. "Soil Erosion and Conservation". 3rd edition. *Blackwell Publishing*, (2005): 1-316.
- Moritz, M. "Über Oribatidengemeinschaften (Acari: Oribatei) norddeutscher Laubwaldböden, unter besonderer Berücksichtigung der die Verteilung regelnden Milieubedingungen". *Pedobiologia* 3, (1963): 142-243
- Murvanidze, Maka and Arabuli, Tea. "New records and some interesting findings of oribatid mites (Acari: Oribatida) from Georgia". *Annals of Agrarian Science* 15, no. 2 (2017): 195-197. DOI: 10.1016/j.aasci.2017.05.014.
- Murvanidze Maka, and Weigmann Gerd. "Two new species of oribatid mites (Acari, Oribatida) *Haplozetes longisacculus* and *Scutovertex armazi* from Georgia (Caucasus)." *Acarina* 20, no. 2 (2012): 167-172.
- Murvanidze, Maka, Kvavadze, Eristo, Mumladze, Levan, Arabuli, Tea. "Comparison of earthworms (Lumbricidae) and Oribatid mite (Acari, Oribatida) communities in natural and urban ecosystems." *Vestnik Zoologii*, 45, June 2014 (2011): 233-241. <https://doi.org/10.2478/v10058-011-0021-6>.
- Murvanidze, Maka, Mumladze, Levan, Arabuli, Tea, Kvavadze, Eristo. "Landscape distribution of oribatid mites (Acari, Oribatida) in Kolkheti National Park (Georgia, Caucasus)". *Zoosymposia* 6 (2011): 221-233.
- Murvanidze, Maka, Mumladze, Levan, Ghambashidze, Giorgi, Arabuli, Tea, Salakaia, Meri. "Oribatid mite responses on heavy metal contamination in post-smelting dumps." Abstract. 14th International Congress of Acarology (2014).
- Murvanidze, Maka, Todria, Nino. "Oribatida diversity on limestone and clay quarries." *Proceedings of the Institute of Zoology* 24, no. XXIV (2015): 159-169.

- Murvanidze, Maka, Mumladze, Levan, Arabuli, Tea, Kvavadze, Eristo. "Oribatid mite colonization of sand and manganese tailing sites." *Acarologia* 53, no. 2 (2013): 203-215. <https://doi.org/10.1051/acarologia/20132089>.
- Murvanidze, Maka, Mumladze, Levan, Todria, Nino, Salakaia, Meri, Maraun, Mark. "Effect of ploughing and pesticide application on oribatid mite communities". *International Journal of Acarology* 45, no. 4 (2019): 1-8. <https://doi.org/10.1080/01647954.2019.1572222>.
- Murvanidze, Maka, and Mumladze, Levan. "Annotated Checklist of Georgian Oribatid Mites." *Zootaxa* 4089, no. 1 (March 2016): 1-81. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4089.1.1>.
- Murvanidze, Maka, Mumladze, Levan and Todria, Nino. "A Contribution to the Knowledge of Oribatid and Mesostigmatic Mites (Acari) with New Records in Georgia." *Persian Journal of Acarology* 8, no. 42019 (2019): 309-25. <https://doi.org/10.22073/PJA.V8I4.51419>.
- Murvanidze, Maka, Todria Nino, Mumladze, Levan, and Kalatozishvili, Levan. "Diversity of Soil Mite Communities in Different Habitats of Sakhori Quarries, Georgia." *Persian Journal of Acarology* 7, no. 3 (2018): 297-305. <https://doi.org/10.22073/pja.v7i3.37647>.
- Murvanidze, Maka "Bioindication of Semidesert, Steppe and Light Forest Oribatid Mite Communities via Isovalent Species Groups." *Proceedings of the Georgian Academy of Sciences* 4, no. 4 (2006): 51-56.
- Murvanidze, Maka, Mumladze, Levan, Arabuli, Tea, Barjadze, Shalva, Salakaia, Meri. "Oribatida diversity in different microhabitats of Mtirala National Park." *The Acarological Society of Japan* 25, no. s1 (2016): 35-49. DOI: 10.2300/acari.25.Suppl_35.
- N'Dri, Kouadio, Julien, Hance, Thierry, & André, Marc, Henri, Lagerlöf, Jan, Tondoh, Jérôme, Ebagnerin. "Microarthropod use as bioindicators of the environmental state: case of soil mites (Acari) from Côte d'Ivoire". *Journal of Animal and Plant Sciences* 29, no. 2 (2016): 4622-4637.
- Naeem, Shahid, Bunker, E. Bunker, Hector, Andy, Loreau, Michel, and Perrings, Charles. "Biodiversity, Ecosystem Functioning, and Human Wellbeing: An Ecological and Economic Perspective." (Eds.). *Oxford University Press, Oxford, UK*. (2009): 384 pp. ISBN: 978-0-19-954795-1 (hardback). ISBN: 978-0-19-954796-8 (paperback).
- Neave, Peter, Fox, C.A. "Response of soil invertebrates to reduced tillage systems established on a clay loam soil". *Applied Soil Ecology* 9, no. 1 (1998): 423-428. DOI: 10.1016/S0929-1393(98)00100-0.
- Norton, Roy A., 1990. "Acarina: Oribatida." In: Dindal, D. L. (ed.) *Soil biology guide* Wiley J., and Sons, New York, NY, (1990): 779-803 pp.
- Norton, Roy A., and Behan-Pelletier, Valerie M. "Oribatida." In: Krantz G. W. and Walter D. E. (Eds.). *A Manual of Acarology*, 3rd Edition. *Texas Tech University Press, Lubbock* (2009): 421-564 pp. DOI:10.1653/024.092.0323.
- Norton, Roy A. "Evolutionary Aspects of Oribatid Mite Life Histories and Consequences for the Origin of the Astigmata." In: Houck M.A., ed. *Mites II: Ecological and Evolutionary Analyses of Life-History Patterns*. *Springer, Boston, MA*. (1994): 99-135pp. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2389-5_5.
- Noss, Reed F. "Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach." *Conservation Biology* 4, no. 4 (1990), 355-364. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1990.tb00309.x>.

- Noti, Mundon-Izay, Andre, Henri M., Ducarme, Xavier, Lebrun, Philippe. "Diversity of soil oribatid mites (Acari: Oribatida) from High Katanga (Democratic Republic of Congo): a multiscale and multifactor approach." *Biodiversity and Conservation* 12, no. 4 (2003): 767-785. DOI: 10.1023/A:1022474510390.
- Orgiazzi, Alberto, Bardgett, Richard, Barrios, Edmundo, Behan-Pelletier, Valerie, Briones, María, Chotte, Jean-Luc, Deyn, Gerlinde B. De. Eggleton, Paul, Fierer, Noah, Fraser, Tandra, Hedlund, Katarina, Jeffery, Simon, Nancy, Johnson, Arwyn, Jones, et al. "Global Soil Biodiversity Atlas." (Eds.). *European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg*. (2016): 176 pp. <https://doi.org/10.2788/2613>. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c54ece8e-1e4d-11e6-ba9a-01aa75ed71a1>.
- Otilia, Ivan, Vasiliu, Nicolai Alexandru. "Oribatid Mites (Acari, Oribatida) - Bioindicators of Forest Soils Pollution with Heavy Metals and Fluorine." *Annals of Forest Research* 52, no. 1 (2009): 11-18. DOI: 10.15287/afr.2009.119.
- Øygarden L., Grønlund A. "Indicators for soil erosion in Norway – OECD Expert Meeting on Soil Erosion and Soil Biodiversity Indicator." (Rome, March 2003). [http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/soil_ero_bio.nsf/viewHtml/index/\\$FILE/Publication.htm](http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/soil_ero_bio.nsf/viewHtml/index/$FILE/Publication.htm).
- Pacek, Sylwiusz, Seniczak, Anna, Graczyk, Radomir, Chachaj, Bogusław, Waldon-Rudzionek, Barbara. "The effect of grazing by geese, goats, and fallow deer on soil mites (Acari)." *Turkish Journal of Zoology* (2000): 254-265. DOI: 10.3906/zoo-1910-22.
- Padmavathy, Anbarashan, and Gopalswamy, Poyyamoli. "Effects of Persistent Insecticides on Beneficial Soil Arthropod in Conventional Fields Compared to Organic Fields, Puducherry." *Pakistan Journal of Biological Sciences* 16, no. 14 (2013): 661-670.
- Paoletti, Maurizio G. "Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74, (1999): 1-18.
- Paoletti, Maurizio G., Favretto, Maria R., Stinner, Benjamin R., Purrington, Foster, Bater, J. E. "Invertebrates as bioindicators of soil use." *Agriculture Ecosystems & Environment* 34 no. 1-4 (1991): 341-362. DOI: 10.1016/0167-8809(91)90120-M.
- Paoletti, Maurizio G., Bressan, M., Edwards, C. A. "Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance." *Critical Reviews in Plant Sciences* 15, no. 1 (1996): 21-62. DOI: 10.1080/07352689609701935.
- Paoletti, Maurizio, Osler, Graham H. R., Kinnear, Adrienne. "Detritivores as indicators of landscape stress and soil degradation." *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47, no. 4 (2007): 412-423. DOI: 10.1071/EA05297.
- Parisi, Vittorio, Cristina Menta, Ciro Gardi, Carlo Jacomini, and Enrico Mozzanica. "Microarthropod Communities as a Tool to Assess Soil Quality and Biodiversity: A New Approach in Italy." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105, no. 1-2 (2005): 323-33. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.02.002>.
- Parmelee, Robert W., Wentsel, Randall S., Phillips, C. T., Checkai, Ronald T., Simini, Michael. "Soil microcosm for testing the effects of chemical pollutants on soil fauna communities and trophic structure." *Environment Toxicology* 12, no. 8 (1993):1477-1486. DOI: 10.1897/1552-8618(1993)12[1477:SMFTTE]2.0.CO;2.
- Pietramellara, Giacomo, Ascher, Judith, Ceccherini, Maria Teresa, Giancarlo Renella. "Soil as a biological system." *Annals of Microbiology* 52(2) (January 2002): 119-121.
- Prach, Karel, Řehouňková, Klára, Řehounek, Jiří, and Konvalinková, Petra. "Ecological Restoration of Central European Mining Sites: A Summary of a Multi-Site Analysis."

- Landscape Research 36, no. 2 (2011): 263–268. <https://doi.org/10.1080/01426397.2010.547571>.
- Prinzing, Andreas, Kretzler, Sandra, Badejo, Adetola, Beck, Ludwig. “Traits of oribatid mite species that tolerate habitat disturbance due to pesticide application.” *Soil Biology and Biochemistry* 34, no. 11 (2002): 1655–1661. DOI: 10.1016/S0038-0717(02)00149-9.
- Pullema, Mirjam M., Creamer, Rachel, Hamer, Ute, Helder, Johannes, Pelosi, Céline, Pérès, Guénola, Rutgers, Michiel. “Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services - an overview of European approaches.” *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4, no. 5 (2012): 529–538. DOI: 10.1016/j.cosust.2012.10.009.
- Quinn, Gerry P., Keough, Mick. “Experimental Design and Data Analysis for Biologists.” Publisher: *Cambridge University Press* (2002): 1-553. ISBN: 9780521811286. DOI: 10.1017/CBO9780511806384.
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (2019) <https://www.R-project.org/>.
- Rodríguez, Estefanía, Francisco, Javier Fernández-Anero, Ruiz, Pablo, and Campos, Mercedes. 2006. “Soil Arthropod Abundance under Conventional and No Tillage in a Mediterranean Climate.” *Soil and Tillage Research* 8, no. 1-2 (2006): 229–233. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.12.010>.
- Roy, Sharmila, Roy, Murari. “Spatial distribution and seasonal abundance of soil mites and collembola in grassland and Leucaena plantation in a semi-arid region. *Tropical Ecology* 47, no. 1 (2006): 57–62.
- Rustad, L. E., Campbell, J. L. G., Marion, M., Norby, R. J., Mitchell, M. J., Hartley, A. E., Cornelissen, J. H C., Gurevitch, J., GTCE-NEWS. “A meta-analysis of the response of soil respiration, net N mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming”. *Oecologia* 126, no. 4 (2001): 543-562. DOI:10.1007/s004420000544.
- Salamon, Jörg-Alfred, Wissuwa, Janet, Moder, Karl, Frank, Tomas. “Effects of *Medicago sativa*, *Taraxacum officinale* and *Bromus sterilis* on the density and diversity of Collembola in grassy arable fallows of different ages”. *Pedobiologia* 54, no. 2 (2011a): 63-70. DOI: 10.1016/j.pedobi.2010.08.007.
- Salamon, Jörg-Alfred, Wissuwa, Janet, Jagos, Stephan, Koblmüller, Ozinger, Oxana, Winkler, Christine, Frank, Thomas. Plant species effects on soil macrofauna density in grassy arable fallows of different age. *European Journal of Soil Biology* 47, no. 2 (2011b): 129-137. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2011.01.004.
- Sánchez-Bayo, Francisco. “Impacts of agricultural pesticides on terrestrial ecosystems.” *In: Sánchez-Bayo Francisco, editor. Ecological impacts of toxic chemicals. USA: Bentham Science Publishers Ltd (2011): 63–87. DOI: 10.2174/978160805121210063.*
- Santos, Perseu F., DePree, Elaine, Whitford, Walter George. “Spatial distribution of litter on microarthropods in Chihuahuan desert ecosystem.” *Journal of Arid Environments* 1, no. 1 (1978): 41-48. DOI: 10.1016/S0140-1963(18)31753-1 1, 41-481978.
- Schatz, Heinrich, Behan-Pelletier, Valerie M., Oconnor, Barry, Norton, Roy. “Suborder Oribatida van der Hammen, 1968.” *In: Zhang, Z. Q. (Eds.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa* 31480, (2011): 141-148.

- Schatz, Heinrich. "Faunistics of oribatid mites (Acari, Oribatida) in dry grassland sites in the Eisack Valley (South Tyrol, prov. Bolzano, Italy)." *Soil Organisms* 90, no. 2 (2018): 57–70. DOI: <https://doi.org/10.25674/8vad-hw64>.
- Schenker, R. "Spatial and seasonal distribution patterns of oribatid mites (Acari: Oribatei) in a forest soil ecosystem." *Pedobiologia* 27, no. 22 (1984a): 133-149.
- Schneider, Katja, Renker, Carsten, Scheu, Stefan, Maraun, Mark. "Feeding biology of oribatid mites: a minireview." In: Weigmann, G., Alberti, G., Wohltmann, A., and Ragusa, S. (Eds.) *Acarine Biodiversity in Natural and Human Sphere. Proceedings of the 5th Symposium of the European Association of Acarologists (Berlin, 2004)*. *Phytophaga*, 14 (2004): 247-256.
- Schrader, Stefan, Lingnau, M. "Influence of soil tillage and soil compaction on microarthropods in agricultural land." *Pedobiologia* 41, no. 1-3 (1997.): 202–209.
- Seastedt, Timothy R., Crossley, Dac. "Effects of microarthropods on the seasonal dynamics of nutrients in forest litter." *Soil Biology and Biochemistry* 12, no. 4(1980): 337-342. DOI: 10.1016/0038-0717(80)90006-1.
- Seniczak, Stanisław, Gulvik, Maria Elżieta, Seniczak, Anna. "Effects of sheep trading on plant covering and soil oribatida (Acari) in a wooded hay meadow in Sogn (Norway)." *Journal of Central European Agriculture* 8, no. 4 (2007): 453–459.
- Seniczak, Stanisław, Klimek, Andrzej, Gackowski, Grzegorz, Kaczmarek, Sławomir, Zalewski, Wojciech. "Effect of copper smelting air pollution on the mites (Acari) associated with young Scots pine forests polluted by a copper smelting works at Giogow, Poland. II. Soil mites." *Water, Air and Soil Pollution* 97, no. 3-4 (1997):287–302.
- Seniczak, S., Dabrowski, Janusz, Dlugosz, Jacek. "Effect Of Copper Smelting Air Pollution On The Mites (Acari) Associated With Young Scots Pine Forests Polluted By A CopperSmelting Works At Giogow, Poland. I. Arboreal Mites." *Water, Air, and Soil Pollution* 94, no. 3-4 (1995): 71-84.
- Setälä, Heikki. "Sensitivity of Ecosystem Functioning to Changes in Trophic Structure, Functional Group Composition and Species Diversity in Belowground Food Webs." *Ecological Research* 17, no. 2 (2002): 207–15. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.2002.00480.x>.
- Shimano, Satoshi. "Aoki's oribatid-based bioindicator systems." *Zoosymposia* 6, no. 1 (2011): 200–209. DOI: 10.11646/zoosymposia.6.1.30.
- Shtanchaeva, U. Ya, Netuzhilin, I. A. "Review of the world fauna of oribatid mite family Scutoverticidae (Acari; Oribatida) with description of new species." *Zoologicheskii Zhurnal* 82, no. 7 (2003): 781–803.
- Siemann, Evan, Haarstad, John, Tilman, David. "Dynamics of plants and arthropod diversity during old field succession." *Ecography* 22, no. 4 (1999): 406–414. DOI: 10.1111/j.1600-0587.1999.tb00577.x.
- Siepel, Henk. "Life-History Tactics of Soil Microarthropods." *Biology and Fertility of Soils* 18, no. 4 (1994): 263–78. <https://doi.org/10.1007/BF00570628>.
- Silva, Solange, Whitford, Walter George, Jarrell, Wesley, Virginia, Ross. "The microarthropod fauna associated with a deep-rooted legume, *Prosopis glandulosa*, in the Chihuahuan Desert." *Biology and Fertility of Soils* 7 no. 4 (1989): 330-335. DOI: 10.1007/BF00257828.
- Simpson, E. H. "Measurement of diversity." *Nature*, 163, 688 (1949). <http://dx.doi.org/10.1038/163688a0>.

- Skubała, Piotr. "Oribatid mite communities (Acari: Oribatida) on postindustrial dumps of different kinds. II. Community organization." *Fragmenta Faunistica* 41, no. 10-16 (1998): 193-207. DOI: 10.3161/00159301FF1998.41.14.193.
- Skubala, Piotr. "Moss mites (Acarina: Oribatida) on industrial dumps of different ages." *Pedobiologia*, 39, no. 2 (1995): 170-184.
- Skubala, Piotr. "Oribatid mite communities (Acari, Oribatida) on postindustrial dumps of different kinds. I. Abundance and species richness." *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 69, no. 6 (1997a): 63-68.
- Skubala, Piotr. "The structure of Oribatid mite communities (Acari, Oribatida) on mine dumps and reclaimed land." *Zoologische Beiträge* 38, no. 1(1997b): 59-80.
- Skubala, Piotr. "Colonization of dolomitic dump by oribatid mites (Acari, Oribatida)." *Pedobiologia* 43, no. 2 (1999): 145-159.
- Skubała, Piotr. "Do we really need land reclamation on dumps? (Oribatid fauna case studies)." In: Gabrys G., Ignatowicz S., (Eds.), *Advances in Polish Acarology, Wydawnictwo SGGW, Warszawa*, (2006): 366-374.
- Skubała, Piotr, and Gulvik, Maria. "Pioneer Oribatid Mite Communities (Acari, Oribatida) in Newly Exposed Natural (Glacier Foreland) and Anthropogenic (Post-Industrial Dump) Habitats." *Polish Journal of Ecology* 53, no. 3 (2005): 395-407.
- Skubala, Piotr, and Kafel, Alina Irena. "Oribatid Mite Communities and Metal Bioaccumulation in Oribatid Species (Acari, Oribatida) along the Heavy Metal Gradient in Forest Ecosystems." *Environmental Pollution* 132, no. 1 (2004): 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.03.025>.
- Skubała, Piotr, and Ciosk, Mariola. "Oribatid Mites (Acari, Oribatida) Colonizing the Zinc Metallurgic Dump." *Fragmenta Faunistica* 42, no. 1-6 (1999): 41-55. <https://doi.org/10.3161/00159301ff1999.42.6.041>.<https://doi.org/10.3161/00159301ff1999.42.6.041>.
- Skubała, Piotr, Rola, Kaja, and Piotr, Osyczka. "Oribatid Communities and Heavy Metal Bioaccumulation in Selected Species Associated with Lichens in a Heavily Contaminated Habitat." *Environmental Science and Pollution Research* 23, no. 9 (2016): 8861-8871. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6100-z>.
- Skubała, Piotr, Rola, Kaja, Osyczka, Piotr, Kafel, Alina Irena. "Oribatid Mite Communities on Lichens in Heavily Contaminated Post-Smelting Dumps." *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 67, no. (2014): 78-592. DOI: 10.1007/s00244-014-0066-y.
- Smith, T. D., McE. Kevan, D.K., Hill, S.B., Effects of six biocides on non-target soil mesoarthropods from pasture on Ste. Rosalie clay loam St. Clet, Quebec. In: Dindal, D.L. (Eds.), *Soil Biology as Related to Land Use Practices*. Office of Pesticide and Toxic Substances, EPA, Washington, DC, (1980): 56-70.
- Søvik Guldborg, Leinaas Hans Petter, Ims, Anker Rolf, and Solhøy, Torstein. "Population Dynamics and Life History of the Oribatid Mite *Ameronothrus Lineatus* (Acari, Oribatida) on the High Arctic Archipelago of Svalbard." *Pedobiologia* 47, no. 3 (2003): 257-271. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00189>.
- St. John, Mark George, Bagatto, Giuseppe, Behan-Pelletier, Valerie M., Lindquist, Evert E., Shorthouse, J. D., Smith, Ian M. "Mite (Acari) colonization of vegetated mine tailings near Sundbury, Ontario, Canada." *Plant and Soil* 245, no. 2 (2002): 295-305. DOI: 10.1023/A:1020453912401.
- Stark, John D. "Comparison of the impact of a neem seed-kernel extract formulation, "Margosan-O" and chlorpyrifos on non-target invertebrates inhabiting turf grass." *Pesticide Science* 36, no. 3 (1992): 293-299. DOI: 10.1002/ps.2780360317.

- Stefaniak, O., and Seniczak, Stanisław. "The effect of fungal diet on the development of *Oppia nitens* (Acari, Oribatei) and on the microflora of its alimentary tract". *Pedobiologia* 21, (1981): 202–210
- Stork, Nigel, Eggleton, Paul. 1992. "Invertebrates as determinants and indicators of soil quality". *American Journal of Alternative Agriculture* 7, no. 1–2 (1992): 38–47. <https://doi.org/10.1017/S0889189300004446>.
- Straalen, van, Nico M., and Verhoef, Herman A. "The Development of a Bioindicator System for Soil Acidity Based on Arthropod PH Preferences." *The Journal of Applied Ecology* 34, no. 3 (1997): 217. <https://doi.org/10.2307/2404860>.
- Straalen, van, Nico M. 1998. "Evaluation of Bioindicator Systems Derived from Soil Arthropod Communities." *Applied Soil Ecology* 9, no. 1–3 (1998): 429–37. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00101-2](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00101-2).
- Straalen, Nico M. Van., Rijn, J.P. Van. "Ecotoxicological risk assessment of soil fauna recovery from pesticide application." *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 154 (1998): 83–141. DOI: 10.1007/978-1-4612-2208-8_3
- Streit, Bruno. "Effects of high copper concentrations on soil invertebrates (earthworms and oribatid mites). *Oecologia* 64 (1984): 381–388.
- Taylor, Rita, Astrid, Schröter, Dagmar, Pflug, Anne, Wolters, Volkmar. "Response of different decomposer communities to the manipulation of moisture availability: potential effects of changing precipitation patterns". *Global Change Biology* 10, no. 8 (2004): 1314-1324. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2004.00801.x,
- Taylor, Rita Taylo, Wolters, Volkmar. "Responses of oribatid mite communities to summer drought: The influence of litter type and quality". *Soil Biology & Biochemistry* 37, no. 11 (2005): 2117-2130. DOI: 10.1016/j.soilbio.2005.03.015.
- Todria, Nino, Murvanidze, Maka, and Mumladze, Levan. "Oribatid Mite Communities on Former Clay Quarries under Different Reclamation Strategy." *Annals of Agrarian Science* 17 (2019): 304-311.
- Todria, Nino, Murvanidze Maka, and Mumladze Levan "Oribatid (Acari: Oribatida) Diversity in Natural and Altered Open Arid Ecosystems of South-Eastern Caucasus." *Pedobiologia* (2021): 87–88. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2021.150750>.
- Toman Jan, Flegr, Jaroslav. "General environmental heterogeneity as the explanation of sexuality? Comparative study shows that ancient sexual taxa are associated with both biotically and abiotically homogeneous environment." *Ecology and Evolution* 8, no.2 (2017): 973–91. <https://doi.org/10.1002/ece3.3716>.
- Tränke, Ulrich. "Biodiversity Action Plan (BAP) for Kaspi clay pit." Sustainable Management of Biodiversity, South Caucasus, *Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Working Papers – 53/2012*
- Tropek, Robert, Kadlec, Tomas, Hejda, Martin, Kocarek, Petr, Skuhrovec, Jiri, Malenovsky, Igor, Vodka, Stepan, Spitzer, Lukas, Banar, Petr, and Konvicka, Martin. "Technical Reclamations Are Wasting the Conservation Potential of Post-Mining Sites. A Case Study of Black Coal Spoil Dumps." *Ecological Engineering* 43, (2012): 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.10.010>.
- Trueba, D. P., Gonzalez, M. M. V., Aragonés, C. R. "Soil mesofaunal communities from a periodically flooded lowland forest in the Si'an Kaan, Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico". *Revista De Biología Tropical* 47, no. 3 (1999): 489-492.
- Tscharntke, Teja, Klein, Alexandra M., Krüess Andreas, Steffan-Dewenter, Ingolf, Thies, Carsten. "Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management". *Ecology letter* 8, (2005): 857-874. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x.

- Tsiafouli, Maria A., Kallimanis, Athanasios S., Katana, Eleni, Stamou, George P., Sgardelis, Stefanos P. "Responses of soil microarthropods to experimental short-term manipulations of soil moisture". *Applied Soil Ecology* 29, no. 1 (2005): 17-26. DOI: 10.1016/j.apsoil.2004.10.002.
- Tsitsagi, Mariam, Berdzenishvili, Ana, Gugeshashvili, Meri. "Spatial and temporal variations of rainfall-runoff erosivity (R) factor in Kakheti, Georgia." *Annals of Agricultural Sciences* 16, no. 2 (2018): 226-235. DOI: 10.1016/j.aasci.2018.03.010.
- Turner, Jim A. "The pesticide manual." (17th Edition). A World Compendium. *British Crop Protection Council - BCPC, Alton, Hampshire, UK*, (2015): 1357.
- Uthappa, A. R., and Devakumar, A. S. "Seasonal diversity of soil fauna in semi-arid regions of Karnataka". *Journal of Entomology and Zoology Studies* 9, no. 1 (2021): 461-468.
- Vasiliu, Ivan N., Mihăilescu, A., "Oribatide (Acarina, Oribatida) bioindicatorii poluării solurilor forestiere cu metale grele, dioxid de sulf și negru de fum". (Oribatid mites (Acarina, Oribatida) – bioindicators of the forest soil pollution with heavy metals, sulphur dioxide, and carbon black). *Annalele I. C. P. A.* 50, (1989): 287-301.
- Vasiliu, Ivan N., Otilia, Ivan, O., Dumitru, M., "Edaphic arthropods as bioindicators of agricultural soil pollution with heavy metals and fluorine." *Journal of the Romanian National Society of Soil Science* 29, (1995): 81–90.
- Vig, Komal, Shigh, Dileep Kumar, Sharma, P. K. "Endosulfan and quinalphos residues and toxicity to soil microarthropods after repeated applications in a Weld investigation." *Journal of Environmental Science and Health Part B Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes* 41, no. 5 (2006): 681-692. DOI: 10.1080/03601230600701841.
- Waleckx, Etienne, Montalvo-Balam, Teresa de Jesús, Pinzón-Canua, Aaron, Arnal, Audrey, Marti, Gerardo, Martínc, Pablo A. "First report of phoresy by an oribatid mite (Acari: Oribatida) on a triatomine bug (Hemiptera: Reduviida)." *International Journal of Acarology* 44, no. 4-5 (2018): 210-211. DOI: 10.1080/01647954.2018.1487467.
- Walter, David Evans. "Belowground Arthropods of Semiarid Grasslands." *In book: Integrated Pest Management on Rangeland.* (2019).
- Walter, David Evans, Proctor, Heather C. "Mites: Ecology, evolution & behaviour: Life at a microscale (2nd edition)." *Springer Business Media, Dordrecht, Netherlands* (2013): 1-494.
- Wardle, David, Bardgett, Richard D., Klironomos, John, Setälä, Heikki, van der Putten, Wim H., Wall Diana H. "Ecological linkages between aboveground and belowground biota." *Science* 304, no. 5677 (2004): 1629–1633. DOI: 10.1126/science.1094875.
- Wehner, Katja, Heethoff, Michael, Brückner, Adrian. "Seasonal fluctuation of oribatid mite communities in forest microhabitats." *PeerJ* 6, no. 2 (2018): e4863. DOI: 10.7717/peerj.4863.
- Weigmann, Gerd, Kratz, Werner Rudolf. "Oribatid mites in urban zones of West Berlin." *Biology and Fertility of Soils* 3, no. 1 (1987): 81-84. DOI: 10.1007/BF00260583.
- Weigmann, Gerd. "Bioindication by means of isovalent species groups." *Abh. Ber. Nat. Mus. Goritz* 69, (1997a): 59–65.
- Weixing, Liu, Zhang, Zhe, Wan, S.Q. "Predominant role of water in regulating soil and microbial respiration and their responses to climate change in a semiarid grassland." *Global Change Biology* 15, no. 1 (2009): 184-195. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01728.x>

- Whitford, Walter George, Stinnet, K. Steinberger, Y. "Effects of rainfall supplementation on microarthropods on decomposing roots in the Chihuahuan Desert." *Pedobiologia* 31, no. 3 (1988):147-155.
- Whitford, Walter George, Parker, Lawrence W. "Contributions of Soil Fauna to Decomposition and Mineralization Processes in Semiarid and Arid Ecosyst." *Arid Soil Research and Rehabilitation* 3, no. 2 (1989): 199-215. DOI: 10.1080/15324988909381199.
- Whitford, Walter George. "The importance of the biodiversity of soil biota in arid ecosystems." *Biodiversity and Conservation* 5, no. 2 (1996): 185-195. DOI: 10.1007/BF00055829.
- Williams, Laura, Zazanasahvili, Nugzar, Sanadiradze, Giorgi, Kandaurov, Andrei. "An Ecoregional Conservation Plan for the Caucasus." Edition: WWF, KfW, BMZ, CEPF, MacArthur Foundation Publisher: WWF, Design and Printing - Contour Ltd ISBN: 99940-58-55-X. (2006): 1-64.
http://awsassets.panda.org/downloads/ecp_2012_1.pdf.
- Wissuwa, Janet, Salamon, Jörg-Alfred, Frank, Thomas. "Oribatida (Acari) in grassy arable fallows are more affected by soil properties than habitat age and plant species". *European Journal of Soil Biology* 59, (2013): 8-14.
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.08.002>.
- Wu, Tingjuan, Su, Fanglong, Han, Hongyan, Du, Yue, Yu, Chengde, Wan, Shiqiang. "Responses of soil microarthropods to warming and increased precipitation in a semiarid temperate steppe". *Applied Soil Ecology* 84 (2014):200-207
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.07.003>.
- Zaitsev, Andrei S., and Straalen, Nico M. Van. "Species Diversity and Metal Accumulation in Oribatid Mites (Acari, Oribatida) of Forests Affected by a Metallurgical Plant." *Pedobiologia* 45, no. 5 (2001): 467-479. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00100>.
- Zhang, W., Parker, K.M., Luo Y., Wan S., Wallace L.L., Shuijin, Hu. "Soil microbial responses to experimental warming and clipping in a tallgrass prairie". *Global Change Biology* 11, no. 2 (2005): pp. 266-277. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2005.00902.x.

ინტერნეტ წყაროები:

[https://www.cepf.net/our-work/biodiversity-hotspots/hotspots-defined.](https://www.cepf.net/our-work/biodiversity-hotspots/hotspots-defined)

<http://georgianels.ge>

<http://nfa.gov.ge/ge>

დანართები

დანართი 1. ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) სია კასპის თიხის კარიერზე თითოეულ წერტილში ნაპოვნი ინდივიდების რაოდენობის მითითებით (M1 - არარეკულტივირებული კარიერი (ბუნებრივი სუქცესია); M2-1 – რეკულტივირებული კარიერი – 1 (ბუნებრივი მცენარეულობის დერივატი); M2-2 – რეკულტივირებული კარიერი – 2 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M2-3 – რეკულტივირებული კარიერი – 3 (2012 წელს დათესილი ბალახი); M3-1 – 2014 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 1 (შემოღობილი); M3-2 – 2013 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 2 (შემოღობილი); M3-3 – 2012 წელს რეკულტივირებული კარიერი – 3 (შემოღობილი); Ctr – კონტროლი (ბუნებრივი მდელო))

ზოჯახი	ოჯახი	სახეობა	M1	M2-1	M2-2	M2-3	M3-1	M3-2	M3-3	Ctr
Epilohmannioidea Oudemans, 1923	Epilohmanniidae Oudemans, 1923	<i>Epilohmannia cylindrica</i> (Berlese, 1904)	3	8	0	49	1	14	68	20
Euphthiracaridea Jacot, 1930	Euphthiracaridae Jacot, 1930	<i>Acrotritia ardua</i> (C.L. Koch, 1841)	13	7	18	16	0	9	24	12
Crotonioidea Thorell, 1876	Crotoniidae Thorell, 1876	<i>Camisia horrida</i> (Hermann, 1804)	1	0	0	0	0	0	0	0
Crotonioidea Thorell, 1876	Nothridae Berlese, 1896	<i>Nothrus anauniensis</i> Canestrini & Fanzago, 1876	0	0	0	0	0	0	0	4
Crotonioidea Thorell, 1876	Trhypochthoniidae Willmann, 1931	<i>Trhypochthonius tectorum</i> (Berlese, 1896)	0	2	0	0	0	0	4	0
Damaeioidea Berlese, 1896	Damaeidae Berlese, 1896	<i>Belba dubinini</i> Bulanova- Zachvatkina, 1962	0	1	0	6	17	7	3	1
Damaeioidea Berlese, 1896	Damaeidae Berlese, 1896	<i>Metabelba italica</i> Sellnick, 1931	0	0	0	2	0	0	0	0
Microzetoidea Grandjean, 1936	Microzetidae Grandjean, 1936	<i>Berlesezetes aff. cuspidatus</i> Mahunka, 1982	0	0	0	0	2	0	0	0

ზეგოჯახი	ოჯახი	სახეგობა	M1	M2-1	M2-2	M2-3	M3-1	M3-2	M3-3	Ctrl
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Xenillus tegeocranus</i> (Hermann, 1804)	0	0	0	0	1	0	0	2
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Dorycranosus splendens</i> (Coggi, 1898)	0	0	0	0	0	0	0	1
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Liacarus brevilamellatus</i> Mihelčič, 1955	0	0	0	0	0	0	8	0
Gustavioidea Oudemans, 1900	Peloppiidae Balogh, 1943	<i>Ceratoppia quadridentata</i> (Haller, 1882)	0	0	0	1	0	0	0	0
Oppioidea Grandjean, 1951	Epimerellidae Ayyildiz & Luxton, 1989	<i>Epimerella smirnovi</i> (Kulijev, 1962)	0	0	0	1	0	0	0	0
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1951	<i>Oppiella (O.) nova</i> (Oudemans, 1902)	0	0	0	0	0	0	0	2
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1951	<i>Oppiella (R.) fallax</i> (Paoli, 1908)	0	0	0	3	0	0	0	0
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1951	<i>Oppiella (R.) subpectinata</i> (Oudemans, 1900)	0	0	0	2	0	0	0	0
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1951	<i>Ramusella clavipectinata</i> (Michael, 1885)	1	95	7	50	1	2	13	5
Oppioidea Grandjean, 1951	Quadropiidae Balogh, 1983	<i>Quadropia quadricarinata</i> (Michael, 1885)	0	0	0	1	0	0	0	0
Trizetoidea Ewing, 1917	Suctobelbidae Jacot, 1938	<i>Suctobelbella subtrigona</i> (Oudemans, 1916)	0	0	1	0	0	0	0	0
Tectocephoidea Grandjean, 1954	Tectocephidae Grandjean, 1954	<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	6	26	28	22	1	5	21	2

ზეოჯახი	ოჯახი	სახეობა	M1	M2-1	M2-2	M2-3	M3-1	M3-2	M3-3	Ctrl
Tectocepheoidea Grandjean, 1954	Tectocepheidae Grandjean, 1954	<i>Tectoribates ornatus</i> (Schuster, 1958)	0	0	1	0	0	0	0	1
Licneremaeidea Grandjean, 1931	Scutoverticidae Grandjean, 1954	<i>Scutovertex armazi</i> Murvanidze & Weigmann, 2012	0	0	0	0	0	0	0	
Licneremaeidea Grandjean, 1931	Scutoverticidae Grandjean, 1954	<i>Scutovertex sculptus</i> Michael, 1879	0	4	3	5	1	1	0	7
Phenopeloidea a Petrunkevitch, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich 1955	<i>Peloptulus phaenotus</i> (C.L. Koch, 1844)	0	0	0	0	0	0	3	0
Achipterioidea Thor, 1929	Achipteriidae Thor, 1929	<i>Parachipteria fanzagoi</i> (Jacot, 1929)	0	0	0	2	0	0	0	0
Oribatelloidea Jacot, 1925	Oribatelloidea Jacot, 1925	<i>Oribatella colchica</i> Krivolutsky, 1974	0	0	0	0	0	0	0	1
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Oribatula) tibialis</i> (Nicolet, 1855)	0	0	0	0	3	0	0	0
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Zygoribatula)</i> <i>cognata</i> (Oudemans, 1902)	2	1	43	97	12	0	12	70
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Z.) exarata</i> Berlese, 1916	0	3	6	0	0	0	0	0
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Z.) frisiae</i> (Oudemans, 1900)	2	38	0	0	0	0	0	0
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Z.) terricola</i> V.D. Hammen, 1952	0	8	13	0	0	0	0	0
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Simkinia tianschanica</i> Krivolutsky, 1971	0	0	1	2	0	0	10	32

Գրգռներ	Գրգռներ	Երկրամաս	M1	M2-1	M2-2	M2-3	M3-1	M3-2	M3-3	Ctrl
Oripodoidea Jacot, 1925	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Schelorbates laevigatus</i> (C.L. Koch, 1835)	0	0	0	1	0	0	0	0
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 1925	<i>Ceratozetes minutissimus</i> Willmann, 1951	0	0	0	0	1	0	0	1
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Punctoribatidae Thor, 1937	<i>Punctoribates punctum</i> (C.L. Koch, 1839)	335	152	141	247	29	94	450	276
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Galumna flagellata</i> Willmann, 1925	0	0	0	0	0	7	0	107
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Pergalumna nervosa</i> (Berlese, 1914)	0	14	5	2	0	2	5	3
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Pilogalumna crassiclava</i> (Berlese, 1914)	0	20	32	34	0	8	6	24
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Pilogalumna tenuiclava</i> (Berlese, 1908)	0	0	0	2	0	0	0	0
Oripodoidea Jacot, 1925	Haplozetidae Grandjean, 1936	<i>Protoribates capucinus</i> (Berlese, 1908)	0	12	15	24	1	0	0	1

დანართი 2. ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) სია სოფელ პატარძელში თითოეულ წერტილში ნაპოვნი ინდივიდების რაოდენობის მითითებით (PPI - ნათესი ფართობი, შეწამლული; UPI - ნათესი ფართობი, შეუწამლავი; PICtr - საკონტროლო, მოხნული ფართობი; MCtr - საკონტროლო, დაუმუშავებელი მინდორი)

ზეოჯახი	ოჯახი	სახეობა	PPI	UPI	PICtr	MCtr
Hypochthonioidea Berlese, 1910	Hypochthoniidae Berlese, 1910	<i>Hypochthonius luteus</i> Oudemans, 1917	0	2	0	0
Hypochthonioidea Berlese, 1910	Lohmanniidae Berlese, 1916	<i>Papillacarus aciculatus</i> (Berlese, 1905)	3	2	1	23
Epilohmannioidea Oudemans, 1923	Epilohmanniidae Oudemans, 1923	<i>Epilohmannia cylindrica</i> (Berlese, 1904)	5	6	6	47
Epilohmannioidea Oudemans, 1923	Epilohmanniidae Oudemans, 1923	<i>Epilohmannia gigantea</i> Berlese, 1917	0	1	0	3
Euphthiracaroidea Jacot, 1930	Euphthiracaridae Jacot, 1930	<i>Acrotritia ardua</i> (C.L. Koch, 1841)	7	8	8	6
Euphthiracaroidea Jacot, 1930	Euphthiracaridae Jacot, 1930	<i>Oribotritia serrata</i> Feider & Suciu, 1958	0	2	0	1
Phthiracaroidea Perty, 1841	Phthiracaridae Perty, 1841	<i>Hoplophthiracarus illinoisensis</i> (Ewing, 1909)	1	0	3	12
Phthiracaroidea Perty, 1841	Phthiracaridae Perty, 1841	<i>Phthiracarus. (Phthiracarus) ferrugineus</i> (C.L. Koch, 1841)	0	0	24	4
Phthiracaroidea Perty, 1841	Phthiracaridae Perty, 1841	<i>Steganacarus (Tropacarus) carinatus</i> (C.L. Koch, 1841)	0	0	1	0
Phthiracaroidea Perty, 1841	Phthiracaridae Perty, 1841	<i>Steganacarus (S.) spinosus</i> (Sellnick, 1920)	1	0	0	0
Crotonioidea Thorell, 1876	Crotoniidae Thorell, 1876	<i>Camisia spinifer</i> (C.L. Koch, 1835)	0	0	0	2

Գեղաբանական	Գեղաբանական	Եզրագրություն	PPI	UPI	PICtr	MCtr
Crotonioidea Thorell, 1876	Crotoniidae Thorell, 1876	<i>Platynothrurus peltifer</i> (C.L. Koch, 1835)	0	0	1	0
Crotonioidea Thorell, 1876	Hermanniidae Sellnick, 1928	<i>Hermannia gibba</i> (C.L. Koch, 1839)	0	0	0	1
Crotonioidea Thorell, 1876	Nothridae Berlese, 1896	<i>Nothrus anauniensis</i> Canestrini & Fanzago, 1876	0	1	1	0
Crotonioidea Thorell, 1876	Nothridae Berlese, 1896	<i>Nothrus palustris</i> C.L. Koch, 1839	0	0	1	0
Crotonioidea Thorell, 1876	Nothridae Berlese, 1896	<i>Nothrus parvus</i> Sitnikova, 1975	1	0	1	0
Crotonioidea Thorell, 1876	Trhypochthoniidae Willmann, 1931	<i>Trhypochthonius tectorum</i> (Berlese, 1896)	0	0	3	1
Hermannielloidea Grandjean, 1934	Hermanniellidae Grandjean, 1934	<i>Hermanniella punctulata</i> Berlese, 1908	2	0	0	0
Plateremaeoidea Trägårdh, 1928	Aleurodamaeidae Paschoal & Johnston, 1984	<i>Aleurodamaeus setosus</i> (Berlese, 1883)	1	2	0	0
Plateremaeoidea Trägårdh, 1928	Gymnodamaeidae Grandjean, 1954	<i>Arthrodamaeus femoratus</i> (C.L. Koch, 1840)	0	0	0	1
Damaeoidea Berlese, 1896	Damaeidae Berlese, 1896	<i>Belba dubinini</i> Bulanova-Zachvatkina, 1962	1	0	0	0
Damaeoidea Berlese, 1896	Damaeidae Berlese, 1896	<i>Metabelba flagelliset</i> a Bulanova-Zachvatkina, 1965	2	0	0	0
Damaeoidea Berlese, 1896	Damaeidae Berlese, 1896	<i>Metabelba pseudoitalica</i> Bulanova-Zachvatkina, 1965	5	10	0	11
Damaeoidea Berlese, 1896	Damaeidae Berlese, 1896	<i>Metabelba pulverosa</i> Strenzke, 1953	2	1	0	0
Damaeoidea Berlese, 1896	Damaeidae Berlese, 1896	<i>Metabelba rara</i> Bulanova-Zachvatkina, 1965	1	0	3	4
Eutegaeoidea Woolley, 1965	Compactozetidae Luxton, 1988	<i>Eupterotegaeus ornatissimus</i> (Berlese, 1908)	0	0	0	7
Microzetoidea Grandjean, 1936	Microzetidae Grandjean, 1936	<i>Berlesezetes aff. cuspidatus</i> Mahunka, 1982	0	1	1	6

ზეოჯახი	ოჯახი	სახეობა	PPI	UPI	PICtr	MCtr
Ameroidea Bulanova-Zachvatkina, 1957	Amerobelbidae Grandjean, 1961	<i>Amerobelba decedens</i> Berlese, 1908	0	0	0	2
Ameroidea Bulanova-Zachvatkina, 1957	Amerobelbidae Grandjean, 1961	<i>Mongaillardia grandjeani</i> Calugar & Vasiliu, 1984	3	4	0	1
Ameroidea Bulanova-Zachvatkina, 1957	Caleremaeidae Grandjean, 1965	<i>Caleremaeus monilipes</i> (Michael, 1882)	1	0	0	0
Ameroidea Bulanova-Zachvatkina, 1957	Damaeolidae Grandjean, 1965	<i>Damaeolus ornatissimus</i> Csiszar, 1962	4	0	0	0
Ameroidea Bulanova-Zachvatkina, 1957	Damaeolidae Grandjean, 1965	<i>Fosseremus laciniatus</i> (Berlese, 1905)	1	1	0	3
Zetorchestoidea Michael, 1898	Eremaeidae Oudemans, 1900	<i>Eueremaeus oblongus</i> (C.L. Koch, 1836)	3	1	0	0
Gustavioidea Oudemans, 1900	Peloppiidae Balogh, 1943	<i>Ceratoppia quadridentata</i> (Haller, 1882)	0	1	1	2
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Dorycranosus splendens</i> (Coggi, 1898)	145	74	11	80
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Liacarus brevilamellatus</i> Mihelčič, 1955	1	2	1	2
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Xenillus tegeocranus</i> (Hermann, 1804)	1	0	0	1
Oppioidea Grandjean, 1951	Autognetidae Grandjean, 1960	<i>Conchogneta dalecarlica</i> (Forsslund, 1947)	2	0	0	1
Oppioidea Grandjean, 1951	Epimerellidae Ayyildiz & Luxton, 1989	<i>Epimerella smirnovi</i> (Kulijev, 1962)	5	2	0	4
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Berniniella silvatica</i> (Vasiliu & Calugar, 1976)	23	0	0	1
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Dissorhina ornata</i> (Oudemans, 1900)	13	0	0	0

ზეოჯახი	ოჯახი	სახეობა	PPI	UPI	PICtr	MCtr
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Graptoppia (Graptoppia) paraanalis</i> Subías & Rodriguez 1985	7	9	1	14
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Lasiobelba pori</i> Vasiliu, 1995	14	21	0	27
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oppiella (R.) fallax</i> (Paoli, 1908)	10	10	6	4
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oppiella (M.) neerlandica</i> (Oudemans, 1900)	2	0	3	3
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oppiella (O.) nova</i> (Oudemans, 1902)	3	1	0	2
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oppiella (R.) similifallax</i> (Subías & Minguez, 1986)	10	3	0	4
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oppiella (R.) subpectinata</i> (Oudemans, 1900)	0	0	3	0
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oxyoppioides decipiens</i> (Paoli, 1908)	0	1	0	0
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Ramusella clavipectinata</i> (Michael, 1885)	298	284	91	123
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Ramusella insculpta</i> (Paoli, 1908)	7	1	21	9
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Striatoppia weigmanni</i> Murvanidze & Behan-Pelletier, 2011	0	1	1	4
Oppioidea Grandjean, 1951	Thyrisomidae Grandjean, 1953	<i>Pantelozetes paoli</i> (Oudemans, 1913)	0	2	0	0
Trizetoidea Ewing, 1917	Suctobelbidae Jacot, 1938	<i>Suctobelba granulata</i> Hammer, 1952	0	0	0	1
Trizetoidea Ewing, 1917	Suctobelbidae Jacot, 1938	<i>Suctobelbella subtrigona</i> (Oudemans, 1916)	3	1	0	0
Tectocephoidea Grandjean, 1954	Tectocephidae Grandjean, 1954	<i>Tectocephus punctulatus</i> Djaparidze, 1985	15	20	16	146
Tectocephoidea Grandjean, 1954	Tectocephidae Grandjean, 1954	<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	44	30	50	148
Phenopeloidea Petrunkevich, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich, 1955	<i>Eupelops acromios</i> (Hermann, 1804)	0	0	0	5
Phenopeloidea Petrunkevich, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich, 1955	<i>Eupelops occultus</i> (C.L. Koch, 1835)	0	7	0	45

ზეოჯახი	ოჯახი	სახეობა	PPI	UPI	PICtr	MCtr
Phenopeloidea Petrunkevich, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich, 1955	<i>Eupelops tardus</i> (C.L. Koch, 1835)	1	0	3	16
Phenopeloidea Petrunkevich, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich, 1955	<i>Eupelops torulosus</i> (C.L. Koch, 1839)	2	2	0	14
Phenopeloidea Petrunkevich, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich, 1955	<i>Peloptulus phaenotus</i> (C.L. Koch, 1844)	0	0	1	0
Achipterioidea Thor, 1929	Achipteriidae Thor, 1929	<i>Parachipteria fanzagoi</i> (Jacot, 1929)	1	2	0	0
Achipterioidea Thor, 1929	Tegoribatidae Grandjean, 1954	<i>Tectoribates ornatus</i> (Schuster, 1958)	0	0	0	14
Oribatelloidea Jacot, 1925	Oribatelloidea Jacot, 1925	<i>Oribatella nigra</i> Kulijev, 1967	0	0	1	0
Oripodoidea Jacot, 1925	Haplozetidae Grandjean, 1936	<i>Protoribates capucinus</i> (Berlese, 1908)	309	303	75	305
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Lucoppia burrowsi</i> (Michael, 1890)	2	4	6	31
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Oribatula) tibialis</i> (Nicolet, 1855)	80	93	18	50
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Z.) exilis</i> (Nicolet, 1855)	4	13	24	6
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Z.) skrjabini</i> Bulanova- Zachvatkina, 1967	114	103	10	47
Oripodoidea Jacot, 1925	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Liebstadia pannonica</i> (Willmann, 1951)	0	0	1	1
Oripodoidea Jacot, 1925	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Liebstadia longior</i> (Berlese, 1908)	7	10	6	119
Oripodoidea Jacot, 1925	Punctoribatidae Thor, 1937	<i>Minunthozetes pseudofusiger</i> (Schweizer, 1922)	1	3	0	2
Oripodoidea Jacot, 1925	Punctoribatidae Thor, 1937	<i>Punctoribates punctum</i> (C.L. Koch, 1839)	278	246	466	627
Oripodoidea Jacot, 1925	Scheloribatidae Grandjean, 1933	<i>Scheloribates leavigatus</i> (C.L. Koch, 1836)	2	0	0	3

Ֆյուչսիո	ուչսիո	Եսեյուծս	PPI	UPI	PICtr	MCtr
Oripodoidea Jacot, 1925	Schelribatidae Grandjean, 1933	<i>Schelribates latipes</i> (C.L. Koch, 1844)	0	0	0	1
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 2925	<i>Ceratozetes conjunctus</i> Mihelčič, 1956	7	6	5	40
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 2925	<i>Ceratozetes mediocris</i> Berlese, 1908	5	22	11	10
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 1925	<i>Trichoribates naltschicki</i> (Shaldybina, 1971)	0	2	2	2
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 1925	<i>Trichoribates trimaculatus</i> (C.L. Koch, 1835)	2	0	2	4
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Chamobatidae Grandjean, 1954	<i>Chamobates kieviensis</i> Shaldybina, 1980	17	6	0	4
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Chamobatidae Grandjean, 1954	<i>Chamobates voigtsi</i> (Oudemans, 1902)	0	1	0	0
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Pergalumna nervosa</i> (Berlese, 1914)	0	5	1	4
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Pilogalumna crassiclava</i> (Berlese, 1914)	0	1	0	0

დანართი 3. ჯავშნიანი ტკიპების (Acari: Oribatida) სია არიდულ და სემიარიდულ ეკოსისტემებში არსებულ ეროდირებულ ლანდშაფტებში თითოეულ წერტილში ნაპოვნი ინდივიდების რაოდენობების მითითებით ((1) სახნავი მიწები: ძლიერი (ASE) და საშუალო (AME) ეროზიებით; (2) საძოვრები: ძლიერი (PH) და ზომიერი (PM) გადაძოვებით; (3) ბუნებრივი სტეპები: ძლიერი (NSE) და საშუალო (NME) ეროზიებით და არაეროზირებული (N))

ზეოჯახი	ოჯახი	სახეობა	PH	PM	SAE	MAE	NSE	NME	N
Hypochthonioidea Berlese, 1910	Lohmanniidae Berlese, 1916	<i>Papillacarus aciculatus</i> (Berlese, 1905)	1	3	5	9	0	0	3
Protoplophoroidea Ewing, 1917	Sphaerochthoniidae Grandjean, 1947	<i>Sphaerochthonius splendidus</i> (Berlese, 1904)	0	0	0	2	0	0	4
Epilohmannioidea Eudemans, 1923	Epilohmanniidae Oudemans, 1923	<i>Epilohmannia cylindrica</i> (Berlese, 1904)	0	6	0	2	0	0	2
Euphthiracaroida Jacot, 1930	Euphthiracaridae Jacot, 1930	<i>Acrotritia ardua</i> (C.L. Koch, 1841)	6	8	26	87	8	14	17
Phthiracaroida Perty, 1841	Phthiracaridae Perty, 1841	<i>Steganacarus (Steganacarus) magnus</i> (Nicolet, 1855)	0	0	2	4	0	0	1
Crotonioidea Thorell, 1876	Crotoniidae Thorell, 1876	<i>Camisia biverrucata</i> (C.L. Koch, 1839)	0	0	0	0	0	0	1
Crotonioidea Thorell, 1876	Nothridae Berlese, 1896	<i>Nothrus anauniensis</i> Canestrini & Fanzago, 1876	0	0	1	8	0	0	11
Crotonioidea Thorell, 1876	Trhypochthoniidae Willmann, 1931	<i>Trhypochthonius tectorum</i> (Berlese, 1896)	0	0	3	10	0	1	3
Hermannielloidea Grandjean, 1934	Hermanniellidae Grandjean, 1934	<i>Hermanniella punctulata</i> Berlese, 1908	0	0	0	0	3	18	30
Neoliodoidea Sellnick, 1928	Neoliodidae Sellnick, 1928	<i>Neoliodes theleproctus</i> (Hermann, 1804)	0	0	0	0	3	2	35
Plateremaeoidea Trägårdh, 1928	Aleurodamaeidae Paschoal & Johnston, 1984	<i>Aleurodamaeus setosus</i> (Berlese, 1883)	0	0	3	27	0	12	36

Գյուղատնտեսական խումբ	Խումբ	Նունանուն	PH	PM	SAE	MAE	NSE	NME	N
Plateremaeoidea Trägårdh, 1928	Gymnodamaeidae Grandjean, 1954	<i>Gymnodamaeus frondeus</i> (Kulijev, 1979)	6	30	22	56	8	42	98
Plateremaeoidea Trägårdh, 1928	Licnodamaeidae Grandjean, 1954	<i>Licnodamaeus costula</i> Grandjean, 1931	3	9	1	9	0	2	16
Plateremaeoidea Trägårdh, 1928	Plateremaeidae Trägårdh, 1926	<i>Lopheremaeus mirabilis</i> (Csiszar, 1962)	0	0	0	4	0	0	0
Damaeidea Berlese, 1896	Damaeidae Berlese, 1896	<i>Metabelba papillipes</i> (Nicolet, 1855)	0	0	0	0	0	1	11
Microzetoidea Grandjean, 1936	Microzetidae Grandjean, 1936	<i>Berlesezetes aff. cuspidatus</i> Mahunka, 1982	0	0	0	1	0	0	0
Ameroidea Bulanova-Zachvatkina, 1957	Ameridae Bulanova-Zachvatkina, 1957	<i>Amerobelba decedens</i> Berlese, 1908	0	3	0	1	0	0	2
Ameroidea Bulanova-Zachvatkina, 1957	Damaeolidae Grandjean, 1965	<i>Damaeolus ornatissimus</i> Csiszar, 1962	0	0	0	1	0	1	5
Ameroidea Bulanova-Zachvatkina, 1957	Eremulidae Grandjean, 1965	<i>Eremulus flagellifer</i> Berlese, 1908	0	0	0	0	0	0	8
Zetorchestoidea Michael, 1898	Zetorchestidae Michael, 1898	<i>Microzetorchestes emeryi</i> (Coggi, 1898)	0	0	0	0	3	4	14
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Dorycranosus splendens</i> (Coggi, 1898)	1	1	0	0	0	0	9
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Dorycranosus zachvatkini</i> (Kulijev, 1962)	1	6	0	2	0	2	25
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Liacarus brevilamellatus</i> Mihelčič, 1955	2	4	0	0	0	1	26
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Liacarus coracinus</i> (C.L. Koch, 1841)	0	0	0	0	0	0	1

ზეოჯახი	ოჯახი	სახეობა	PH	PM	SAE	MAE	NSE	NME	N
Gustavioidea Oudemans, 1900	Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Xenillus tegeocranus</i> (Hermann, 1804)	0	0	0	0	1	3	48
Gustavioidea Oudemans, 1900	Peloppiidae Balogh, 1943	<i>Ceratoppia quadridentata</i> (Haller, 1882)	0	0	0	0	0	0	13
Oppioidea Grandjean, 1951	Epimerellidae Ayyildiz & Luxton, 1989	<i>Epimerella smirnovi</i> (Kulijev, 1962)	0	1	1	3	0	0	1
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Berniniella bicarinata</i> (Paoli, 1908)	0	0	0	0	0	0	3
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Graptoppia foveolata</i> (Paoli, 1908)	0	0	0	0	0	1	1
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Graptoppia (Graptoppia) paraanalis</i> Subías & Rodriguez 1985	0	3	0	1	0	1	4
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Lasiobelba pori</i> Vasiliu, 1995	1	5	3	8	0	0	11
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Multioppia laniseta</i> Moritz, 1966	0	0	0	2	0	0	0
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Lasiobelba pori</i> Vasiliu, 1995	1	5	3	8	0	0	11
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Multioppia laniseta</i> Moritz, 1966	0	0	0	2	0	0	0
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oppiella (O.) nova</i> (Oudemans, 1902)	0	0	1	2	0	0	0
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oppiella (R.) fallax</i> (Paoli, 1908)	1	0	0	1	1	2	42

ზეოჯახი	ოჯახი	სახეობა	PH	PM	SAE	MAE	NSE	NME	N
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oppiella (R.) hygrophila</i> (Mahunka, 1987)	0	0	0	0	0	0	116
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Oppiella (R.) similifallax</i> (Subías & Minguez, 1986)	1	4	0	0	0	0	10
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Ramusella clavipectinata</i> (Michael, 1885)	0	4	2	22	1	4	39
Oppioidea Grandjean, 1951	Oppiidae Grandjean, 1954	<i>Striatoppia weigmanni</i> Murvanidze & Behan-Pelletier, 2011	0	0	0	0	0	1	11
Tectocephoidea Grandjean, 1954	Tectocephidae Grandjean, 1954	<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	27	104	22	59	12	44	235
Licneremaeoidea Grandjean, 1931	Passalozetidae Grandjean, 1954	<i>Passalozetes africanus</i> Grandjean, 1932	5	24	6	40	12	18	38
Licneremaeoidea Grandjean, 1931	Passalozetidae Grandjean, 1954	<i>Passalozetes perforatus</i> (Berlese, 1910)	1	9	0	0	0	7	18
Licneremaeoidea Grandjean, 1931	Scutoverticidae Grandjean, 1954	<i>Scutovertex armazi</i> Murvanidze & Weigmann, 2012	0	3	3	4	0	0	1
Licneremaeoidea Grandjean, 1931	Scutoverticidae Grandjean, 1954	<i>Scutovertex sculptus</i> Michael, 1879	5	9	1	8	0	2	26
Phenopeloidea Petrunkevich, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich, 1955	<i>Eupelops acromios</i> (Hermann, 1804)	0	0	0	0	0	0	1
Phenopeloidea Petrunkevich, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich, 1955	<i>Eupelops curtipilus</i> (Berlese, 1916)	0	0	0	0	0	4	3
Phenopeloidea Petrunkevich, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich, 1955	<i>Eupelops occultus</i> (C.L. Koch, 1835)	0	0	0	0	0	1	2
Phenopeloidea Petrunkevich, 1955	Phenopelopidae Petrunkevich, 1955	<i>Peloptulus phaenotus</i> (C.L. Koch, 1844)	2	20	2	2	2	4	35

ფეოჯაბი	ოჯაბი	სახეობა	PH	PM	SAE	MAE	NSE	NME	N
Achipterioidea Thor, 1929	Tegoribatidae Grandjean, 1954	<i>Lepidozetes singularis</i> Berlese, 1910	0	0	0	1	0	0	0
Achipterioidea Thor, 1929	Tegoribatidae Grandjean, 1954	<i>Tectoribates ornatus</i> (Schuster, 1958)	5	8	4	16	2	0	5
Oribatelloidea Jacot, 1925	Oribatellidae Jacot, 1925	<i>Oribatella berlesei</i> (Michael, 1898)	0	0	0	0	0	1	93
Oripodoidea Jacot, 1925	Haplozetidae Grandjean, 1936	<i>Haplozetes longisacculus</i> Murvanidze & Weigmann, 2012	0	0	1	5	0	0	0
Oripodoidea Jacot, 1925	Haplozetidae Grandjean, 1936	<i>Peloribates glaber</i> Mihelčič, 1956	0	0	0	0	17	4	0
Oripodoidea Jacot, 1925	Haplozetidae Grandjean, 1936	<i>Protoribates capucinus</i> (Berlese, 1908)	0	3	6	33	1	2	1
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Lucoppia burrowsi</i> (Michael, 1890)	1	9	0	0	0	0	4
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Oribatula) tibialis</i> (Nicolet, 1855)	0	0	0	0	0	0	3
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Zygoribatula) cognata</i> (Oudemans, 1902)	39	158	43	139	5	27	214
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Zygoribatula) exarata</i> Berlese, 1916	5	37	29	57	107	106	242
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Zygoribatula) skrjabini</i> Bulanova-Zachvatkina, 1967	0	0	0	0	4	34	91
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Zygoribatula) spherisensilla</i> (Djaparidze, 1985)	0	0	0	0	1	0	2
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula (Zygoribatula) terricola</i> Van der Hammen, 1952	292	171	248	203	1	3	17

Գեղաչան	աչան	Լսեցող	PH	PM	SAE	MAE	NSE	NME	N
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Oribatula interrupta</i> (Willmann, 1939)	0	0	0	1	0	0	12
Oripodoidea Jacot, 1925	Oribatulidae Thor, 1929	<i>Simkinia tianschanica</i> Krivolutsky, 1971	8	50	0	14	4	4	14
Oripodoidea Jacot, 1925	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Hemileius (Simkinia) ovalis</i> Kulijev, 1968	9	55	30	92	14	46	139
Oripodoidea Jacot, 1925	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Liebstadia pannonica</i> (Willmann, 1951)	0	0	0	0	0	0	3
Oripodoidea Jacot, 1925	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Liebstadia similis</i> (Michael, 1888)	2	24	1	2	0	1	91
Oribatulidae Thor, 1929	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Scheloribates (Hemileius) initialis</i> (Berlese, 1908)	67	129	8	26	36	102	327
Oribatulidae Thor, 1929	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Scheloribates fimbriatus</i> Thor, 1930	5	5	2	5	7	22	53
Oribatulidae Thor, 1929	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Scheloribates laevigatus</i> (C.L. Koch, 1835)	379	1008	0	0	2	858	1488
Oribatulidae Thor, 1929	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Scheloribates latipes</i> (C.L. Koch, 1844)	48	43	12	34	4	8	84
Oribatulidae Thor, 1929	Parakalummidae Grandjean, 1936	<i>Scheloribates longus</i> (Kulijev, 1968)	1	3	0	0	0	0	0
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 1925	<i>Ceratozetes bulanove</i> Kulijev, 1962	1	0	0	0	0	0	0
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 1925	<i>Ceratozetes conjunctus</i> Mihelcic, 1956	2	4	10	22	1	2	30
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 1925	<i>Ceratozetes gracilis</i> (Michael, 1884)	0	0	0	1	0	0	0

Գեոչափ	դաս	Կենդանի	PH	PM	SAE	MAE	NSE	NME	N
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 1925	<i>Ceratozetes laticuspidatus</i> Menke, 1964	0	0	0	1	0	0	0
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Ceratozetidae Jacot, 1925	<i>Trichoribates naltschicki</i> (Shaldybina, 1971)	22	48	13	62	3	10	87
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Chamobatidae Grandjean, 1954	<i>Chamobates interpositus</i> Pschorn- Walcher, 1953	0	0	0	3	0	0	0
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Punctoribatidae Thor, 1937	<i>Punctoribates meridianus</i> Shaldybina, 1973	10	15	48	135	5	16	63
Ceratozetoidea Jacot, 1925	Punctoribatidae Thor, 1937	<i>Punctoribates punctum</i> (C.L. Koch, 1839)	22	89	551	1117	116	181	408
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Galumna flagellata</i> Willmann, 1925	2	7	4	13	7	26	64
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Galumna flagellata</i> Willmann, 1925	2	7	4	13	7	26	64
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Pergalumna nervosa</i> (Berlese, 1914)	6	14	1	6	0	0	17
Galumnoidea Jacot, 1925	Galumnidae Jacot, 1925	<i>Pilogalumna crassiclava</i> (Berlese, 1914)	1	4	4	7	0	0	2