



გაეროს განვითარების პროგრამის/გლობალური გარემოსდაცვითი ფონდის
(UNDP/GEF) პროექტი მტკვარი II

წყალმოხმარებაში მწვანე ტექნოლოგიების დანერგვის ეკონომიკური სარგებელი

მტკვარი II პროექტის ფარგლებში მომზადებული ანგარიში

ვანია პაკანიანი

საერთაშორისო კონსულტანტი

2018 წლის ივლისი



Empowered lives.
Resilient nations.





შემსრულებელი:	ვანია პაკანიანი
ავტორი:	ვანია პაკანიანი
დამკვეთი:	UNDP/GEF მტკვარი II პროექტი
დამფინანსებელი:	UNDP/GEF

შინაარსი

ცხრილები.....	4
ნახაზები.....	4
1. შესავალი.....	8
2. მწვანე ტექნოლოგიების განმარტება.....	11
3. საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგება.....	12
„გონიერი“ მონიტორინგი და „გონიერი“ წყალგაყვანილობის ქსელი	14
ნარჩენი წყლების გაწმენდის დეცენტრალიზებული სისტემები	17
4. სოფლის მეურნეობა.....	20
წნევიანი სარწყავი სისტემების (წვეთოვანი და დაწვიმებითი რწყვა).....	21
ზუსტი რწყვა.....	24
წყლის „გონიერი“ მრიცხველები	25
დამაგნიტებული წყალი.....	26
ზედაპირის გასწორება ლაზერის საშუალებით.....	27
აკვაპონიკა.....	28
წყლის არატრადიციული წყაროების გამოყენება: ნარჩენი წყალი.....	30
ნიადაგისა და წყლის კონსერვაციის პრაქტიკა	35
5. მრეწველობა	37
წყალდამზოგავი მოწყობილობების დაყენება	40
წყლის ხელახალი გამოყენება	42
6. ენერგეტიკა.....	46
გაგრილების კოშკის ეფექტიანობის ამაღლება	46
სითბოს ხელახალი გამოყენება ელექტროსადგურებში	48
ელექტროენერგეტიკის ზემოქმედების შემარბილებელი ღონისძიებები	49
7. ტექნოლოგიების დანერგვის ხელშემშლელი და ხელშემწყობი ფაქტორები	53
8. დასკვნები მდინარე მტკვრის აუზისთვის.....	55
9. დასკვნები და რეკომენდაციები.....	59
References	59

ცხრილები

ცხრილი 1 – ანგარიშში განხილული ტექნოლოგიები	12
ცხრილი 2 – ცენტრალიზებული და დეცენტრალიზებული ნარჩენი წყლების გამწმენდი სისტემების ძირითადი მახასიათებლები	18
ცხრილი 3 – ხელოვნური ჭარბტენიანი ტერიტორიის ფუნქციები და მიერ უზრუნველყოფილი სერვისები	19
ცხრილი 4 – სათანადოდ მოვლილი არხების მიერ წყლის გატარების ეფექტიანობა (CE) (%)	21
ცხრილი 5 – წყლის გამოყენების ეფექტიანობის საორიენტაციო მაჩვენებლები (%)	22
ცხრილი 6 – სხვადასხვა ხარისხის წვეთოვანი რწყვის პირობებში მოყვანილი ბოსტნეულით მიღებული მოგება	22
ცხრილი 7 – აკვაპონური მეურნეობების საწარმოო ხარჯები საბაზრო ფასების მითითებით	29
ცხრილი 8 – აკვაპონური მეურნეობის საინვესტიციო ხარჯები, რენტაბელობა და ინვესტიციის უკუგების პერიოდი	29
ცხრილი 9 – წყლის ხელახალი გამოყენების სარგებელი	33
ცხრილი 10 – წყლის გამოყენება სამრეწველო დარგებში	38
ცხრილი 11 – მრეწველობაში წყლის დაზოგვის შესაძლებლობები	39
ცხრილი 12 – წყალდამზოგავი ღონისძიებები მრეწველობაში	41
ცხრილი 13 – ძირითადი საწარმოო პროცესების შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენი წყლების შედგენილობა	44
ცხრილი 14 – წყალსაცავიანი ჰესების ძირითადი ზემოქმედებები და შემარბილებელი ღონისძიებები	51
ცხრილი 15 – წყლის პროდუქტიულობა სქართველოსა და აზერბაიჯანში (საბაზისო პერიოდი 2010 წ., აშშ დოლარი, მშპ ამოღებული მტკნარი წყლის 1 მ ³ -ზე) 1997-2012 წლებში	55
ცხრილი 16 – აზერბაიჯანი სამრეწველო დარგების მიერ 2016 წელს გამოყენებული წყლის რაოდენობა (მილიონი მ ³)	58
ცხრილი 17 – საწარმოო წყლების პროდუქტიულობა აზერბაიჯანში	58

ნახაზები

ნახ. 1 – წყლის მოხმარების პროგნოზირებული წლიური ზრდა დარგების მიხედვით	8
ნახ. 2 – წყლის მიღების საწარმოო ხარჯების იერარქია	9
ნახ. 3 – „გონიერი“ მონიტორინგის ტექნოლოგიების დანერგვის ფინანსური სარგებელი ..	16
ნახ. 5 – გაწმენდის ინტენსიური და ექსტენსიური ტექნოლოგიები	18
ნახ. 6 – სოფლის მეურნეობაში წყლის ეფექტიანობის ამაღლების ინვესტიციების სარგებლისა და ხარჯის თანაფარდობა – აზერბაიჯანში (მარცხნივ) და საქართველო (მარჯვნივ)	24
ნახ. 7 – ნარჩენი წყლების გაწმენდის საფეხური და გამოყენების შესაბამისი სახე	32
ნახ. 7 – ნარჩენი წყლის სარწყავად გამოყენების შემთხვევაში კვებითი ჯაჭვში ამ გზით მიღებული პროდუქტების მოხმარებასთან დაკავშირებული რისკების შემცირება	34
ნახ. 8 – წყლის დეფიციტის ზემოქმედება სამრეწველო საქმიანობაზე	38

ნახ. 9 – საწარმოო წყლის პროდუქტიულობა (ევრო/მ³) 2004 და 2014 წლებში.	40
ნახ. 11 – კალუნდბორგის საწარმოო სიმბიოზი	45
ნახ. 12 – გაგრილების ტექნოლოგიების წლიური საექსპლუატაციო ხარჯი	47
ნახ. 13 – ელექტროენერგიის გამომუშავების ხარჯები გაგრილების ტექნოლოგიების მიხედვით	48
ნახ. 13 – ENGIE-ის კოგენერაციული სადგურის წყალდამზოგავი პროექტის მთლიანი სარგებელი	49

აკრონიმები

AE	წყლის გამოყენების ეფექტიანობა
AMI	მრიცხველების განვითარებული ინფრასტრუქტურა
AMR	მრიცხველების ჩვენების ავტომატურად აღება
AUSD	ავსტრალიური დოლარი
BAT	საუკეთესო ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიები
BCR	სარგებლისა და ხარჯის თანაფარდობა
CAPEX	კაპიტალური ხარჯები
CE	წყლის გატარების ეფექტიანობა
CHP	სითბოს და ელექტროენერგიის კომბინირებული გენერაცია
EPA	აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტო
ESA	ეკოსისტემური სერვისების მიდგომა
FAO	სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაცია
GNRC	საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია
GWP	შპს „ჯორჯიან უოთერ ენდ ფაუერი“
HP	ჰიდროენერგია
IEA	საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტო
MAR	წყალშემცველი ჰორიზონტის ხელოვნური შევსება
MWT	დამაგნიტებული წყლის გაწმენდა
NBS	ბუნებრივ პროცესებზე დამყარებული გადაწყვეტები
NPV	წმინდა მიმდინარე ღირებულება
O&M	ექსპლუატაცია და ტექნიკური მომსახურება
PI	ზუსტი რწყვა
PIS	წნევიანი სარწყავი სისტემა
PWS	საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგება
RO	უკუოსმოსი
SME	მცირე და საშუალო ზომის საწარმო
TDS	ჯამური შეტივანარებული მყარი ნაწილაკები
TOR	ტექნიკური დავალება
UF	ულტრაფილტრაცია
UNEP	გაეროს განვითარების პროგრამა
UNIDO	გაეროს სამრეწველო განვითარების ორგანიზაცია
UNWSCG	საქართველოს გაერთიანებული წყალმომარაგების კომპანია
USD	აშშ დოლარი
WFD	წყლის ჩარჩო დირექტივა

WHO

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია

WWT

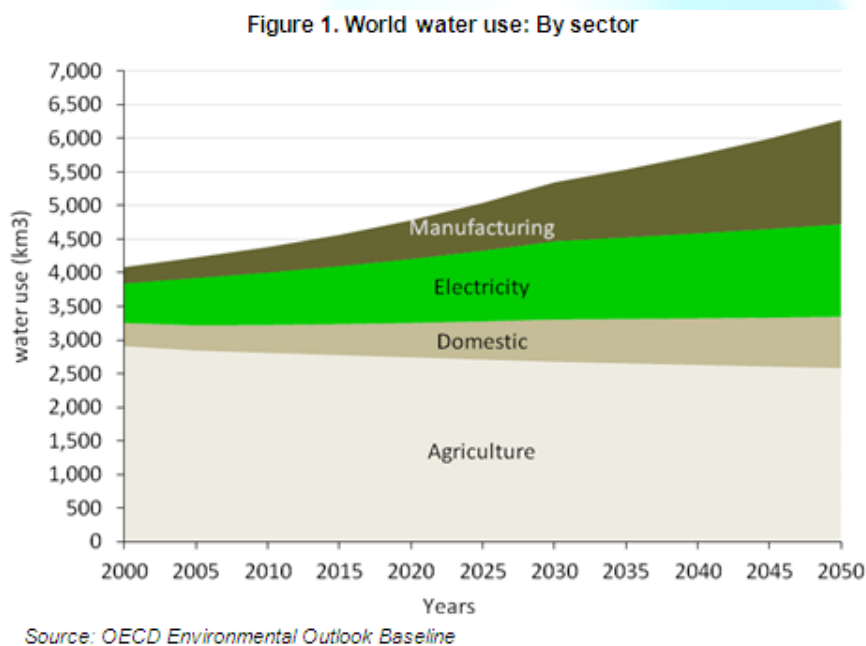
ჩამდინარე წყლების გაწმენდა



1. შესავალი

პროგნოზების თანახმად, მსოფლიო მასშტაბით წყლის მოხმარება 2050 წლისთვის გაიზრდება (იხ. ნახ. 1), ძირითადად მოსახლეობის მატების, ეკონომიკის განვითარებისა და მოხმარების მოდელების ცვლილების გამო. სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო სექტორების წყალზე მოთხოვნილება მზარდია, თუმცა ამ მხრივ მდგომარეობა სოფლის მეურნეობაში გაურკვეველია: FAO-ს თანახმად, 2008-2050 წლებში სარწყავი მიზნით წყალაღების მაჩვენებელი 5.5%-ით გაიზრდება, თუმცა OECD ამავე პერიოდში სოფლის მეურნეობის წყალზე მოთხოვნილების უმნიშვნელო კლებას პროგნოზირებს, რაც განპირობებული იქნება რწყვის ეფექტიანი ტექნოლოგიების დანერგვით (გაეროს მსოფლიო წყლის რესურსების შეფასების პროგრამა (WWAP), 2018). წყალდამზოგავი ტექნოლოგიების შესაძლებლობები, რომლებსაც პირდაპირი ზემოქმედება ექნებათ წყალმოხმარებაზე, ჯერ სრულად არ არის ათვისებული.

ნახ. 1 – წყლის მოხმარების პროგნოზირებული წლიური ზრდა დარგების მიხედვით

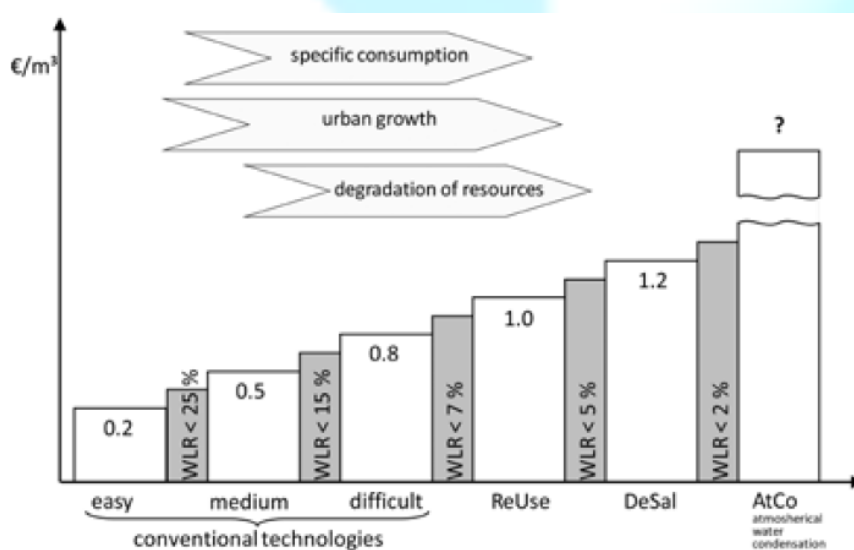


წყარო: OECD, 2016

UNEP-ის (2011) შეფასებით, წყლის არაეფექტიანად გამოყენების შემთხვევაში წყალზე მოთხოვნილება მის მოწოდებას 40%-ით გადააჭარბებს. აღნიშნულ სხვაობას ნაწილობრივ შეავსებს წყლის საექსპლუატაციო მარაგების ათვისება, თუმცა მთავარი როლი ამ კუთხით პოლიტიკის რეფორმამ და ახალი ინფრასტრუქტურისა და ტექნოლოგიების განვითარებამ უნდა შეასრულოს. ინფრასტრუქტურისა და ტექნოლოგიების განვითარებისთვის საჭირო ინვესტიციების ეკონომიკური მიზანშეწონილობის შესაფასებლად აუცილებელია შესაბამისი ხარჯებისა და სარგებლის დადგენა. კერძოდ, სარგებლის შეფასების დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს საზოგადოებაზე მწვანე ტექნოლოგიების გამოყენების ზემოქმედებები, გარე ზემოქმედებების (როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი) ჩათვლით.

მტკვარი II პროექტის ფარგლებში მომზადებული წინამდებარე ანგარიშის მიზანია წყალმოხმარებაში მწვანე ტექნოლოგიების დანერგვით მიღებული ეკონომიკური სარგებლის მიმოხილვა მდინარე მტკვრის აუზში საუკეთესო საერთაშორისო და ადგილობრივი გამოცდილების საფუძველზე. ანგარიში მომზადდა წყლის ხელახალი გამოყენებისა და რეციკლირების უზრუნველყოფი ტექნოლოგიებისა და წყალმოხმარებაში საუკეთესო ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიების დანერგვის გათვალისწინებით. ეკონომიკურ სარგებელს ჩვენ წყალმოხმარების სახეების მიხედვით ვაფასებთ. საწარმოო დანიშნულებით წყლის გამოყენების შემთხვევაში სარგებლად ითვლება გამოყენებული წყლის რაოდენობის ერთეულზე პროდუქციის მოცულობის გაზრდა ან საწარმოო დანახარჯების შემცირება. საყოფაცხოვრებო სექტორში წყლის მოხმარების ეფექტიანობის ამაღლება ხანგრძლივ ვადებში ამცირებს წყალმომარაგებისა და ინფრასტრუქტურისათვის საჭირო ინვესტიციებს. ბევრ შემთხვევაში წყალმოხმარების შემცირების სტრატეგიებით შესაძლებელი გახდა ახალი წყალსამეურნეო ობიექტების ან ძვირადღირებული ტექნოლოგიების, როგორიცაა გამტკნარება, განხორციელების გადავადება. აქედან გამომდინარე, მწვანე ტექნოლოგიების დანერგვა არა მარტო საექსპლუატაციო და ტექნიკური მომსახურების, არამედ კაპიტალურ დანახარჯებსაც ამცირებს. UN-Water-ის (2011) თანახმად, წყლის მიღების საწარმოო ხარჯის ზრდასთან ერთად იზრდება წყლის ეფექტიანად გამოყენების ღონისძიებების კონკურენტუნარიანობა. წყლის რეციკლირების ტექნოლოგიები განსაკუთრებით კონკურენტუნარიანია იმ რეგიონებში, სადაც წყლის დეფიციტი აღინიშნება. იქ, სადაც წყლის მოხმარების სამიზნე მაჩვენებლების მიღწევა ტრადიციული ტექნოლოგიებით შეუძლებელია, საჭიროა ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვა. ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია, თუ როგორ მოქმედებს წყლის მიღების საწარმოო ხარჯი და წყლის მოხმარების შემცირების სამიზნე მაჩვენებლები ტექნოლოგიის შერჩევაზე. ეკონომიკურ სარგებელში ასევე მოიაზრება მწვანე ტექნოლოგიების დანერგვით გამოწვეული დადებითი გარე ეფექტებიც.

ნახ. 2 – წყლის მიღების საწარმოო ხარჯების იერარქია



წყარო: UN-Water (2011), ნახ. 2, გვ. 15.

წყლის რესურსების მართვის შემთხვევაში, წყლის ეფექტიანად გამოყენების ტექნოლოგიების ეკონომიკური სარგებელი ან წყლის ხარისხის გაუმჯობესების ეკონომიკური ზემოქმედება შეგვიძლია ფულად გამოსახულებაში წარმოვადგინოთ კონკრეტული საქონლის საბაზრო ღირებულების საფუძველზე (მაგ., წყლის გამოყენებით მოყვანილი სასოფლო-სამეურნეო კულტურის სარეალიზაციო ფასი), ან საზოგადოების განწყობისა და დამოკიდებულების შეფასების საშუალებით.

ამა თუ იმ ტექნოლოგიის ზუსტი ღირებულების დადგენა შეუძლებელია, რადგან ის დამოკიდებულია ადგილობრივ ბაზარზე არსებულ პირობებზე და იმაზე, თუ რას ანიჭებენ ადამიანები უპირატესობას. ეკონომიკურ ლიტერატურაში დიდი ხანია განიხილება წყლის მოცულობის ერთეულის ღირებულების განსაზღვრის საკითხი. ვინაიდან ეს ამოცანა წინამდებარე ანგარიშის ფარგლებს სცდება, მწვანე ტექნოლოგიებში ინვესტირებით მიღებული სარგებლის დასახასიათებლად ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა არარეცენზირებულ და რეცენზირებულ ლიტერატურაში მითითებული ფულადი სიდიდეები. ამგვარი სიდიდის არარსებობის შემთხვევაში, ანგარიშში წარმოდგენილია ინვესტიციის დადებითი ფიზიკური ზემოქმედების აღწერა, მაგ., გაზრდილი მოსავლიანობა, ან შედეგის ხარისხობრივი დახასიათება.

წინამდებარე ანგარიში მომზადდა მეორადი წყაროების გამოყენებით. არარეცენზირებულ და რეცენზირებულ ლიტერატურაში აღწერილი მეთოდოლოგიური მიდგომები და შედეგები ერთმანეთისგან განსხვავდება. აქედან გამომდინარე, დოკუმენტში წარმოდგენილი ინფორმაცია ყოველთვის ერთგვაროვანი ან შედარებადი არ არის, თუმცა ყველა კვლევის შედეგი მწვანე ტექნოლოგიებში ინვესტირების დადებით ეკონომიკურ სარგებელზე მიუთითებს. წინამდებარე კვლევის მიზანს წარმოადგენს შესაბამისი პოლიტიკის განხორციელების შედეგების წარმოდგენა და არა ერთეულის ღირებულების დადგენა, რომელიც შეიძლება პირდაპირ იქნეს გამოყენებული მდინარე მტკვრის აუზისთვის.

დოკუმენტში მოცემულია წყლის სექტორის მწვანე ტექნოლოგიების განმარტება. ტექნოლოგიები აღწერილია ისეთი დარგების მიხედვით, როგორიცაა საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგება, სოფლის მეურნეობა, მრეწველობა და ელექტროენერგეტიკა. მიმოხილულია საერთაშორისო გამოცდილება, განსაკუთრებით იმ ქვეყნების მაგალითზე, რომლებიც ხასიათდებიან მდინარე მტკვრის აუზის მსგავსი კლიმატური პირობებით. თითოეულ ტექნოლოგიას თან ახლავს მათი დანერგვის ხელშემშლელი და ხელშემწყობი პირობების დახასიათება. დოკუმენტის დასკვნით ნაწილში წარმოდგენილია მდინარე მტკვრის აუზში საერთაშორისო გამოცდილების გათვალისწინების შესაძლებლობების განხილვა და დასკვნები.

2. მწვანე ტექნოლოგიების განმარტება

ძალიან ზოგადი განმარტებით, მწვანე ტექნოლოგია არის ის ტექნოლოგია, რომელიც გამოიყენება გარემოზე ადამიანის საქმიანობით გამოწვეული ზემოქმედებების შესარბილებლად ან პირეულად შესაცვლელად. უფრო კონკრეტულ განმარტებას *Financial Times* იძლევა, რომლის თანახმადაც მწვანე ტექნოლოგია არის ისეთი ტექნოლოგია, რომლის გამოყენების შედეგად პროდუქტები და პროცესები გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით უფრო მისაღები ხდება, მცირდება უარყოფითი ზემოქმედება გარემოზე და უმჯობესდება პროდუქტიულობა, ეფექტიანობა და საქმიანობის მაჩვენებლები¹. წყალმომხმარების შემთხვევისთვის ჩვენ განვიხილავთ ყველა იმ ტექნოლოგიას, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელია:

- წყლის რეციკლირება და ხელახალი გამოყენება და ამით პროდუქციის ერთეულზე დახარჯული წყლის რაოდენობის შემცირება
- წყლის გამოყენების შემდეგ დაბინძურების შემცირება
- სხვა გარემოსდაცვითი ზემოქმედებების შემცირება.

წყლის სექტორში მწვანე ტექნოლოგიების მაგალითებია: წვიმის წყლის შეგროვება; ულტრაიისფერი სხივებით დეზინფექციის მაღალეფექტიანი სისტემები; საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების (ფეკალური დაბინძურების გარეშე) საწარმოო ან ენერგეტიკული დანიშნულებით გამოყენება; ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენება და რეციკლირება. უნდა აღინიშნოს, რომ ტექნოლოგიების დანერგვა შესაძლებელია როგორც მიწოდების, ასევე მოთხოვნის მხარეს. ცხრილში წარმოდგენილია წინამდებარე ანგარიშში განხილული ტექნოლოგიები დარგების მიხედვით.

¹ <http://lexicon.ft.com/Term?term=green-technology>

ცხრილი 1 – ანგარიშში განხილული ტექნოლოგიები

დარგი	სტრატეგიული მიზანი	ტექნოლოგიები
საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგება	წყლის მოხმარების შემცირება წყლის დანაკარგების შემცირება წყლის გაწმენდა წყალმომარაგების რეგულირება	წყალდამზოგავი მოდერნიზაცია „გონიერი“ მონიტორინგი ნანოტექნოლოგიები გაფილტვრის პროცესში ჩამდინარე წყლების გაწმენდის დეცენტრალიზებული პროცესები (ხელოვნური ჭარბტენიანი ტერიტორიების ჩათვლით)
ირიგაცია	წყლის მოხმარების შემცირება წყლის ხელახალი გამოყენება ზემოქმედების შემცირება	წნევიანი სარწყავი სისტემები ზუსტი სარწყავი სისტემები წყლის „გონიერი“ მრიცხველები ზედაპირის გასწორება ლაზერის საშუალებით დამაგნიტებული წყალი აკვაპონიკა ჩამდინარე წყლის ხელახალი გამოყენება ნიადაგისა და წყლის კონსერვაციის პრაქტიკა
ელექტროენერგიის წარმოება და მრეწველობა	წყლის მოხმარების შემცირება წყლის ხელახალი გამოყენება	გაგრილების კოშკის ეფექტიანობის ამაღლება ჩამდინარე წყლის ხელახალი გამოყენება
ჰიდროენერგიის წარმოება	გარემოზე ზემოქმედების შემცირება	შემარბილებელი ღონისძიებები

3. საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგება

წყალდამზოგავი მოდერნიზაცია

შენობებში წყლის გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლება შესაძლებელია შენობების ტექნიკური პროექტის, წყალგაყვანილობის წყალდამზოგავი მოწყობილობების და მომხმარებლების მიერ წყლის ეფექტიანად გამოყენების საშუალებით. წყალდამზოგავი მოდერნიზაციის მაგალითებია (Waterwise, 2008):

- ონკანებისა და შხაპების აღჭურვა წყლის ჭავლის მარეგულირებლების ან ონკანში ჩადგმული სპეციალური მოწყობილობებით.
- უნიტაჟების ბაკების შეცვლა ჩარეცხვის ორი რეჟიმის მქონე ბაკებით. ახალი ტიპის უნიტაჟები დაახლოებით 3 ლ წყალს მოიხმარენ, ხოლო 1989 წლამდე დამონტაჟებული უნიტაჟები - 9 ლიტრზე მეტს.
- ძველი სარეცხი და ჭურჭლის სარეცხი მანქანების ისეთი ახალი ტექნიკით ჩანაცვლება, რომლებიც ძველ მოდელებთან შედარებით სამჯერ და ხუთჯერ ნაკლებ წყალს მოიხმარენ.

- წვიმის წყლის შესაგროვებელი კასრები და გამშვებით აღჭურვილი შლანგები ბაღების მოსარწყავად.

ხშირ შემთხვევაში წყალდამზოგავი ღონისძიებების ხარჯი 1-3 წელიწადში იფარება წყლის შემცირებული გადასახადის და ღონისძიებების ღირებულების მიხედვით. საყოფაცხოვრებო ტექნიკის შემთხვევაში (მაგ., სარეცხი მანქანები და ჭურჭლის სარეცხი მანქანები), ხარჯების ამოღების პერიოდი უფრო ხანგრძლივია. Fidar et al.-ის (2016) თანახმად, „ასეთი სახის ჯერ კიდევ გამართული ტექნიკის დაუყოვნებლივ ჩანაცვლება ახალი მოდელებით ეკონომიკურად გამართლებული არ არის, გარდა იმ შემთხვევებისა, როდესაც ეს ტექნიკა ძალიან ხშირად გამოიყენება და წყლისა და ელექტროენერგიის გადასახადი ძალიან მაღალია“ (გვ. 527), ვინაიდან მათზე გაწეული ხარჯის ამოღების პერიოდი მათ საექსპლუატაციო პერიოდზე გრძელია.

წყალდამზოგავ მოდერნიზაციას შეიძლება დაექვემდებაროს როგორც საცხოვრებელი, ასევე არასაცხოვრებელი შენობები, როგორიცაა სასტუმროები, საავადმყოფოები და სხვ. ასეთ შემთხვევებში წყალდამზოგავი მოდერნიზაციის პროგრამებმა შეიძლება მიიღოს მცირე და საშუალო ბიზნესების დახმარების ფორმა მათთვის ახალი პროდუქტებისა და მომსახურების უზრუნველყოფის საშუალებით. ბევრი მცირე და საშუალო ზომის ბიზნესისთვის წყალდამზოგავი მოდერნიზაცია საკუთარ საქმიანობაში წყლის გამოყენებასთან დაკავშირებული ხარჯების შემცირების შესაძლებლობას წარმოადგენს. მაგალითად (Barnard et al., 2014), ცნობილია, რომ წყალდამზოგავი მოდერნიზაციის გზით სასტუმროებს შეუძლიათ დაზოგონ მათ მიერ მოხმარებული წყლის დაახლოებით ერთ მეოთხედამდე, რაც წყლის გადასახადის 10-30%-მდე შემცირებაში აისახება.

წყალდამზოგავი პროგრამების განხორციელების მნიშვნელობა რეგიონული და ეროვნული კვლევებითაც დასტურდება. აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტომ (US EPA) 2002 წელს 17 ქალაქში შეისწავლა წყლის ეფექტიანად გამოყენების პროგრამები და დაასკვნა, რომ ყველა პროგრამა იყო წარმატებული წყალზე მოთხოვნილების შემცირებისა და დაახლოებით 260 მილიონი აშშ დოლარის დაზოგვის თვალსაზრისით.

ახალ ზელანდიაში ეროვნულ დონეზე ჩატარებული კვლევის (Beacon, 2009) თანახმად, წყლის ეფექტიანი გამოყენების მიზნით განხორციელებული მოდერნიზაციის ყველა ღონისძიება მის სარგებელსა და დანახარჯს შორის დადებითი თანაფარდობით ხასიათდება (ზოგიერთი ღონისძიების შემთხვევაში თანაფარდობა 20:1-თან მიახლოებულია). წყალდამზოგავი მოდერნიზაციის პროგრამები აშშ-ში ოთხმოცდაათიანი წლებიდან ხორციელდება (Green, 2001) და ყველა ეს პროგრამა სარგებელსა და დანახარჯს შორის დადებითი თანაფარდობით ხასიათდება (4-20: 1-ის ფარგლებში). ნიუ-იორკის შემთხვევაში 1.5 მილიონი ცალი უნიტაზის ბაკის გამოცვლის ხარჯი წყლის მიწოდების გასაზრდელად საჭირო ხარჯზე მცირე აღმოჩნდა. A&N et al.-ის (2006) დოკუმენტში განსაზღვრულია წყლის გამოყენების ეფექტიანობის გაზრდით წყლის მეურნეობისათვის აცილებული ხარჯების გამოთვლის მეთოდი. წყლის გამოყენების ეფექტიანობის გაზრდის ღონისძიებების განხორციელებით წყალზე მოთხოვნილების შემცირების შედეგად შესაძლებელია წყალმომარაგებისა და წყლის გამწმენდი ობიექტებისთვის საჭირო დანახარჯების შემცირება ან გადავადება. კალიფორნიაში ჩატარდა წყალდამზოგავი

სტრატეგიების (მაგ., წყალდამზოგავი უნიტაზები, სარეცხი მანქანები და სარწყავი მოწყობილობები) შეფასება მათი განხორციელების შედეგად წყალსამეურნეო ობიექტებისთვის აცილებული ხარჯების (მოკლე და გრძელვადიანი) შეფასების კუთხით და დადგინდა, რომ ასეთი ხარჯების მოცულობა წელიწადში 561-დან 920-მდე აშშ დოლარი/აკროფუტის ფარგლებში მერყეობს ($1 \text{ აკროფუტი} = 1,233.48 \text{ მ}^3$)². ყველა ღონისძიების, წყალდამზოგავი სარეცხი მანქანების გამოკლებით, სარგებელსა და დანახარჯს შორის თანაფარდობა 1-ს აღემატებოდა.

Cooley და Phurisamban (2016) საკუთარ კვლევაში ადასტურებენ, რომ წყლის გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლების ღონისძიებების ხარჯები ჩამოუვარდება წყალმომარაგების ახალი ვარიანტების დიდი ნაწილის განხორციელების ღირებულებას და შესაბამისად ეს ღონისძიებები ყველაზე ხარჯეფექტიან გადაწყვეტილებას წარმოადგენენ. მათ დაადგინეს, რომ რიგ ღონისძიებებს აქვთ უარყოფითი ხარჯი (როდესაც ტექნიკური მომსახურების ხარჯების შემცირებით მიღებული დანაზოგი საინვესტიციო ხარჯებს აჭარბებს) და შესაბამისად, წარმოადგენენ წაუგებელ არჩევანს ისეთ შემთხვევებშიც კი, როდესაც წყლის სიმცირე არ აღინიშნება.

„გონიერი“ მონიტორინგი და „გონიერი“ წყალგაყვანილობის ქსელი

მოდველებული ინფრასტრუქტურა წყლის დიდ დანაკარგებს იწვევს - განაწილებული წყლის დაახლოებით 50%-მდე (UNESCO, 2009). იმის გამო, რომ წყალგაყვანილობის ქსელი ძალიან დიდია და წყლის მიღები ადამიანის თვალისთვის უხილავია, საკმაოდ რთულია დაზიანებული მილის ადგილმდებარეობის დადგენა. მათი შეკეთება ხშირ შემთხვევაში ხდება მაშინ, როდესაც მაგისტრალურ წყალსადენებზე მომხდარი დაზიანებით გამოწვეული წყლის დანაკარგი საკმაოდ დიდ მასშტაბებს იძენს. წყლის დანაკარგების პრევენცია მნიშვნელოვანია არა მარტო წყლის უსარგებლოდ ხარჯვის, არამედ საზოგადოებაზე სხვა ისეთი ზემოქმედებების თავიდან ასაცილებლად, როგორიცაა მილებიდან წყლის ჟონვით გამოწვეული შეფერხებები კომუნალურ მომსახურებაში ან საგზაო ინფრასტრუქტურის დაზიანება.

„გონიერი“ მონიტორინგი იძლევა წყალგაყვანილობის ქსელში წყლის დანაკარგების დაფიქსირებისა და ქსელის უფრო ეფექტიანად მართვის შესაძლებლობას. არსებობს მონიტორინგის ორი ძირითადი მეთოდი (Martyusheva, 2014):

- მრიცხველების ჩვენების ავტომატურად აღება (AMR), რომლის საშუალებითაც ხდება მრიცხველების ჩვენების მიღება რადიო სიგნალების საშუალებით. გროვდება ინფორმაცია მრიცხველების სერიული ნომრებისა და მოხმარებული წყლის რაოდენობის შესახებ. მრიცხველს შეუძლია დააფიქსიროს წყლის მუდმივად გამოყენების შემთხვევა, რაც სისტემაში არსებულ დაზიანებაზე მიუთითებს. გარდა ამისა, წყლის მოხმარების ჩვეული წესის შესახებ მომხმარებლებისთვის ინფორმაციის მიწოდება მათ წყლის დაზოგვაში ეხმარება.

² <https://sustainablecities.usc.edu/files/2015/01/Chapter-7-Water-Conservation-Cost-Effectiveness-12-19-p.pdf>

- მრიცხველების განვითარებული ინფრასტრუქტურა (AMI) გამოიყენება ელექტროენერგიის, გაზისა და წყლის გამანაწილებელი ქსელების საკონტროლოდ. ეს არის „გონიერი“ მრიცხველების, საკომუნიკაციო ქსელებისა და მონაცემთა მართვის სისტემების ინტეგრირებული სისტემა. მრიცხველების განვითარებული ინფრასტრუქტურის (AMI) საშუალებით შესაძლებელია გამანაწილებელი ქსელების მუდმივი მონიტორინგი საათობრივად ჩვენებების აღებით. სისტემის მთავარ უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ მას შეუძლია სარემონტო ხარჯების შემცირება ისეთი მცირე დაზიანებების დაფიქსირების საშუალებით, რომელთა შეკეთებაც შესაძლებელია მანამდე, სანამ გამანაწილებელ ქსელს უფრო დიდი ზიანი მიადგება. გარდა ამისა, სისტემა უზრუნველყოფს აქტივების მართვის ოპტიმიზაციას იმ მიწების იდენტიფიცირების საშუალებით, რომლებიც პირველ რიგში საჭიროებენ შეკეთებას. ამ გზით, ის ახანგრძლივებს აქტივების საექსპლუატაციო ვადას და ხანგრძლივ ვადებში ამცირებს კაპიტალურ დანახარჯებს.

„გონიერი“ წყალგაყვანილობის ქსელი ანუ წყლის გამანაწილებელი ქსელი, რომელსაც აქვს მუდმივი და დისტანციური მონიტორინგისათვის საჭირო სენსორები და მოწყობილობები, უზრუნველყოფს წყლის დაზოგვასა და აქტივების მართვის ოპტიმიზაციას. გარდა ამისა, ის შესაძლებელია აღიჭურვოს წყლის ხარისხის მონიტორინგის სენსორებითაც, რომლებიც რეაგირებას მოახდენენ წყლის ხარისხთან დაკავშირებულ პრობლემებზე. სისტემა, რომელიც კომპიუტერის საშუალებით კონტროლდება, იძლევა პროცესების მონიტორინგისა და კონტროლის შესაძლებლობას სხვადასხვა მანძილზე მდებარე მოწყობილობებიდან (მაგ., ტუმბოები, სარქველები, გადამცემები, და სხვ.) ინფორმაციის მიღების საშუალებით, უზრუნველყოფს ამ მოწყობილობების ჩართვა-გამორთვას, რეალურ დროში წარმოადგენს საექსპლუატაციო მონაცემებს, იძლევა კონკრეტული მოწყობილობებისა და მთლიანად სისტემის მუშაობის სურათს და მონაცემებს ტენდენციებისა და საგანგაშო მდგომარეობების შესახებ.

„გონიერი“ მონიტორინგის ტექნოლოგიების დანერგვის სარგებლის შეფასება წყლის სისტემების ოპერატორების ფინანსური დანაზოგის თვალსაზრისით ჩაატარა Sensus-მა (2012 წ.), იხ. ნახ. 3. წყლის დანაკარგის შემცირებით მნიშვნელოვნად მცირდება ელექტროენერგიის ხარჯიც (ერთეულის ღირებულება, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტროენერგიის დაზოგვას, არ არის წარმოდგენილი).

ნახ. 3 – „გონიერი“ მონიტორინგის ტექნოლოგიების დანერგვის ფინანსური სარგებელი

Category	Savings as Percentage of Baseline Cost	
Leakage and Pressure Management	2.3 - 4.6	(3.5%)
Strategic Capital Expenditure Prioritization	3.5 - 5.2	(12.5%)
Water Quality Monitoring	0.3 - 0.6	(0.4%)
Network Operations and Maintenance	1.0 - 2.1	(1.6%)
Total Smart Water Savings Opportunity	7.1 - 12.5	(7.4%)

წყარო: Sensus (2012)

„გონიერი“ მრიცხველების საშუალებით შესაძლებელი ხდება დაგეგმვის პროცესში უფრო ზუსტი მონაცემების გამოყენება და მომხმარებლებთან ურთიერთობის გაუმჯობესება წყლის მოხმარების შესახებ მათთვის რეალურ დროში ინფორმაციის მიწოდების გზით. გარდა ამისა, წყლის მოხმარების სახეების შესახებ სრულყოფილი ინფორმაციის საფუძველზე შესაძლებელია გადასახადების განსაზღვრა მრიცხველის რეალურ ჩვენებაზე დაყრდნობით და უფრო მოქნილი ტარიფების დანერგვა, რაც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს წყალზე მოთხოვნილების მართვის ინსტრუმენტად. „გონიერი“ მრიცხველები აფიქსირებენ წყლის ჭარბ მოხმარებას და ქსელის დაზიანებას. „გონიერი“ მრიცხველების დანერგვის ერთ-ერთი მიზეზი იყო წყლის მოხმარების პერიოდების ზუსტად დადგენა და მრიცხველების ჩვენების ასაღებად საჭირო შრომის ანაზღაურების ხარჯების შემცირება (Boyle et al., 2013; EA, 2008).

ჩამოთვლილი სარგებელი არსებული ინფრასტრუქტურის გასაახლებლად საჭირო ხარჯებთან ერთად უნდა განვიხილოთ. „გონიერი“ ტექნოლოგიები მაღალ საწყის ინვესტიციას მოითხოვენ (ასეთი მრიცხველი ტრადიციულ მრიცხველზე 6-7-ჯერ ძვირია), რომლის უკუგების პერიოდი რამდენიმე წელიწადს შეადგენს. აშშ-ში ასეთი ტექნოლოგიებით წყალსამეურნეო სისტემების დაახლოებით 20%-ია აღჭურვილი³. „გონიერი“ მონიტორინგის დანერგვის მთავარ ხელშემშლელ ფაქტორს ფინანსური რესურსების ნაკლებობა წარმოადგენს. Sensus-ის მიერ 2012 წელს ჩატარებული აშშ-ს წყალსამეურნეო ობიექტების კვლევის შედეგების თანახმად, ხელშემშლელ ფაქტორებს შორისაა ცნობიერების დაბალი დონე და პოლიტიკური ნების არარსებობა.

„გონიერი“ წყლის გამანაწილებელი სისტემები სხვადასხვა ქვეყნებშია დანერგილი და წარმატებით ფუნქციონირებს, ხშირ შემთხვევაში ენერგეტიკის სექტორში განხორციელებული „გონიერი“ გამრიცხველიანების პროგრამებთან პარალელურად,

³ <https://www.bna.com/high-cost-smart-n73014451587/>

რომლებიც უფრო ფართოდ არის წარმოდგენილი (Boyle et al., 2013). 2009 წლის მონაცემებით, მსოფლიო მასშტაბით წყლისა და ენერგეტიკის სექტორში განხორციელებული „გონივრული“ გამრიცხველიანების პროექტების პროცენტული მაჩვენებელი დაახლოებით 18%-ს შეადგენს (Sydney Water, 2009). თავდაპირველად „გონიერი“ გამრიცხველიანების პროგრამები მხოლოდ მცირემასშტაბიან საპილოტე სისტემებში ხორციელდებოდა, თუმცა შემდგომ ასეთი პროგრამები განხორციელდა ისეთ მსხვილ სისტემებშიც, როგორც ლონდონსა (Thames Water-ის მიერ) და ნიუ-იორკში ფუნქციონირებს. ავსტრალიასა და სხვა ქვეყნებში „გონიერი“ წყალგაყვანილობის ქსელის მოწყობის მაგალითები დეტალურად აღწერილია Boyle et al.-ის (2013) მიერ.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდის დეცენტრალიზებული სისტემები

მწვანე ტექნოლოგიების დანერგვა არ შემოიფარგლება მხოლოდ წყლის განაწილების და მოხმარების სფეროებით. გარდა იმ ტექნოლოგიებისა, რომლებიც ამცირებენ ზემოქმედებას ბუნებრივ გარემოზე, ჩვენ ასევე შევხებით ისეთ ტექნოლოგიებს, რომლებიც ამცირებენ არსებული წყლის რესურსების ათვისებისა და ჩამდინარე წყლების დამუშავების ხარჯებს.

ტექნოლოგიების განვითარებისა და სამეცნიერო კვლევების შედეგად გამოიკვეთა ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ეფექტიანი დეცენტრალიზებული პროცესები, როგორიცაა:

- აქტივირებული შლამის ანაერობული დანადგარები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნუტრიენტების მოცილებას (რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სასუქად) და თითქმის ორჯერ ამცირებენ გაწმენდისთვის საჭირო ელექტროენერგიას.
- ხელოვნური ჭარბტენიანი ტერიტორიები ინფილტრაციის დაბალი მაჩვენებლით.

ორივე ტექნოლოგია, ცენტრალიზებულ სისტემებთან შედარებით, დაბალი დანახარჯებით ხასიათდება (Nogueira et al., n.d.), თუმცა აქტივირებული შლამის ანაერობულ დანადგარს, აერაციის აუცილებლობის გამო, ბევრად მეტი ელექტროენერგია სჭირდება. თანამედროვე ტექნოლოგიებით შესაძლებელია ნუტრიენტების უსაფრთხოდ მოშორება, თუმცა ეს დიდ ხარჯებთან არის დაკავშირებული (მაგ., მიწისქვეშა წყლის ამოღებასთან შედარებით), რაც შემაფერხებელ ფაქტორს წარმოადგენს (EPA, 1998). ამ მიზეზების გამო, ჩამდინარე წყლების გაწმენდის დეცენტრალიზებული სისტემები სულ უფრო ხშირად განიხილება ჩამდინარე წყლის გამწმენდი ტრადიციული ცენტრალიზებული ნაგებობების ალტერნატივად. აშშ-ს მოსახლეობის თითქმის ნახევარს დეცენტრალიზებული სისტემები ემსახურება (Nelson, 2005). დეცენტრალიზებული სისტემების მთავარ უპირატესობას ჩამდინარე წყლების ტრანსპორტირების ხარჯების თავიდან აცილება და მათი ადგილზე ხელახალი გამოყენების შესაძლებლობა წარმოადგენს. ასეთი სისტემების გამოყენება ჩამდინარე წყლების ცენტრალიზებული სისტემების ნაცვლად ტექნიკური, ეკონომიკური და გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით გამართლებულია სოფლად და ცენტრიდან დამორეზულ ადგილებში (Libralato et al., 2012; Chirisa et al., 2017). ცხრილში წარმოდგენილია ცენტრალიზებული და დეცენტრალიზებული ჩამდინარე წყლების გამწმენდი სისტემების ძირითადი მახასიათებლები.

ცხრილი 2 – ცენტრალიზებული და დეცენტრალიზებული ნარჩენი წყლების გამწმენდი სისტემების ძირითადი მახასიათებლები

პარამეტრი	ცენტრალიზებული სისტემა	დეცენტრალიზებული სისტემა
შეგროვების სისტემა	დიდი დიამეტრი, შორი მანძილი	მცირე დიამეტრი, მცირე მანძილი
სივრცის მოთხოვნა	დიდი ტერიტორია ერთ ლოკაციაზე	მცირე ტერიტორიები მრავალ ლოკაციაზე
ექსპლუატაცია და მოვლა-შენახვა	ტექნიკური პერსონალი სრული განაკვეთით	პერსონალის ნაკლები საჭიროება, დისტანციური მონიტორინგი
წყლის ერთგვაროვნება	მრავალი სახის წყალი	შედარებით ერთგვაროვანი წყალი
განხავების ხარისხი	ნაკლები კონტროლი სანიაღვრე წყლებზე, მეტი განხავება	მეტი კონტროლი სანიაღვრე წყლებზე, უფრო კონცენტრირებული
რისკი	ფართომასშტაბიანი რისკი	განაწილებული რისკი
წყლის ტრანსფერი	წყლის ტრანსფერის საჭიროება	წყალი მოიხმარება და ხელმეორედ გამოიყენება ერთიდაიგივე ტერიტორიაზე
სოციალური კონტროლი	სოციალური კონტროლის არარსებობა	მეტი სოციალური კონტროლი
გაფართოების სიმარტივე	მაღალი ხარჯები, განხორციელების მეტი სირთულე	დაბალი ხარჯები, განხორციელების ნაკლები სირთულე
ხელმეორედ გამოყენების პოტენციალი	ყველა წყლები კონცენტრირებულია ერთ ადგილას	წყალი შეიძლება ხელმეორედ გამოყენებულ იქნას ადგილობრივად

წყარო: Chirisa et al., 2017

JRC (2014) გაწმენდის ტექნოლოგიების კლასიფიკაციას მათთვის საჭირო ენერგორესურსებისა და სივრცის მიხედვით ახდენს (იხ. ნახ. 4): ინტენსიურ ტექნოლოგიებს მეტი ენერგია და ნაკლები სივრცე სჭირდებათ და წარმოადგენენ დაჩქარებულ ხელოვნურ პროცესებს. მაგალითად, ისეთი ნანოტექნოლოგიები, როგორიცაა ულტრაფილტრაცია (UF) ან უკუოსმოსი (RO), შეიძლება გამოყენებულ იქნეს დაბალი ხარისხის წყლის გასაწმენდად მისი შემდგომი გამოყენებისათვის ვარგის დონემდე. ხოლო ექსტენსიური ტექნოლოგიები ემყარება ბუნებრივ პროცესებს და საჭიროებს ბევრად დიდ ფართობს, თუმცა მოითხოვს ნაკლებ ენერგიას. მიუხედავად ამისა, ეს ტექნოლოგიები საჭიროებენ მართვას და მომსახურებას.

ნახ. 4 – გაწმენდის ინტენსიური და ექსტენსიური ტექნოლოგიები

ინტენსიური ტექნოლოგიები	ექსტენსიური ტექნოლოგიები
ფიზიკო-ქიმიური სისტემები (კოაგულაცია-ფლოკულაცია, ქვიშის ფილტრები)	ნარჩენების სტაბილიზაციის გუბურები (სალექარი გუბურები, სტაბილიზაციის რეზერვუარები, ...)
მემბრანული ტექნოლოგიები (ულტრაფილტრაცია, უკუოსმოსი, მემბრანული ბიორეაქტორი, ...)	ხელოვნური ჭარბტენიანი ტერიტორიები (ვერტიკალური დინება, ჰორიზონტალური დინება, ...)
მოდრავი ბიოლოგიური კონტაქტორები	ინფილტრაცია-პერკულაციის სისტემები
დეზინფექციის ტექნოლოგიები (ულტრაიისფერი რადიაცია, ქლორის დიოქსიდი, ოზონი, პერაციტური მჟავა, ...)	

წყარო: JRC, 2014

ტექნოლოგიების განვითარება საინვესტიციო ხარჯების შემცირების შესაძლებლობას იძლევა. ერთ-ერთ მაგალითს წარმოადგენს ინდოეთის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტის მადრასის მიერ შექმნილი ფილტრაციის პროტოტიპი კომპოზიტური ნანონაწილაკების გამოყენებით⁴, რომელიც აშორებს მიკრობებს, ბაქტერიებსა და სხვა დამბინძურებლებს. მისი გამოყენება წელიწადში მხოლოდ 2.50 აშშ დოლარი ჯდება და კომერციული თვალსაზრისით ძალიან გამართლებულია⁵. ეს ტექნოლოგია ალტერნატივის სახით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ცენტრიდან მოშორებით მდებარე და არამჭიდროდ დასახლებულ ტერიტორიებზე, სადაც ეკონომიკური თუ ტექნიკური მიზეზების გამო, შეუძლებელია სასმელი წყლის გაწმენდის ცენტრალიზებული სისტემის მოწყობა.

ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილების შემცირება არის ის სფერო, სადაც ტექნოლოგიების განვითარებას ასევე შეუძლია გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შემცირება. ევროკავშირის 27 სახელმწიფო ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად წელიწადში დაახლოებით 15,021 გიგავატ-საათს მოიხმარს⁶. ტრადიციულ ჩამდინარე წყლის გამწმენდ ნაგებობას დიდი რაოდენობით ელექტროენერგია სჭირდება, რადგან ის ბიოლოგიურ პროცესებს იყენებს. დადგენილია, რომ ფიზიკური და ქიმიური პროცესები ნაკლებ ელექტროენერგიას საჭიროებენ. Gikas-ის (2017) მიერ პილოტირებული პროცესი ნახშირბად-ნეიტრალურია და მისი წარმადობა 0.172 კვტს/მ³-ია.

მსოფლიოში მრავლად არის ჩამდინარე წყლების გაწმენდისა და ხელახალი გამოყენების სქემებში ხელოვნური ჭარბტენიანი ტერიტორიების გამოყენების მაგალითები (Bixio et al., 2004). ხელოვნური ჭარბტენიანი ტერიტორიების გარემოსდაცვითი და ეკონომიკური სარგებლის შეფასებამ განსაკუთრებული მასშტაბები ეკოსისტემური სერვისების მიდგომის შემოღების შედეგად შეიძინა (იხ. ცხრილი 3), რასაც უკანასკნელ ათწლეულებში მრავალი ნაშრომი მიეძღვნა.

ცხრილი 3 – ხელოვნური ჭარბტენიანი ტერიტორიის ფუნქციები და უზრუნველყოფილი სერვისები

ჭარბტენიანი ტერიტორიის ფუნქცია	უზრუნველყოფილი სერვისი
ჰიდროლოგია/წყლის ხარისხი	ხელახლა გამოყენებადი წყლის უზრუნველყოფა ზედაპირული წყლის ხარისხის გაუმჯობესება მიწისქვეშა წყლის მარაგების შევსება
თევზისა და ველური ბუნების ჰაბიტატი	საკვებისა და ბოჭკოს უზრუნველყოფა სათევზე მეურნეობების/აკვაკულტურის დაცვა საგანმანათლებლო/კულტურული ღონისძიებები ბიომრავალფეროვნების კონსერვაცია
რეკრეაცია და ესთეტიკა	რეკრეაციული აქტივობები
ლანდშაფტის გაუმჯობესება	მიწის ათვისება

წყარო: ადაპტირებულია Ghermandi (n.d.)-დან.

მოვიყვანთ მაგალითებს რამდენიმე კვლევიდან. Dunne et al.-მა (2015) დაადგინეს, რომ ხელოვნური ჭარბტენიანი ტერიტორიების მიერ უზრუნველყოფილი ეკოსისტემური

⁴ <http://www.dstuns.iitm.ac.in/pradeep-research-group.php>

⁵ <https://www.theguardian.com/sustainable-business/new-water-technologies-save-planet>

⁶ <http://www.enerwater.eu/enerwater-project-waste-water-treatment-plants/>

სერვისების სარგებელი აზოტის მოცილების თვალსაზრისით გაწეულ ხარჯებს ორჯერ და მეტჯერ აღემატება. Ghermandi et al.-მა (2009) ჩაატარეს 186 ქარბტენიანი ტერიტორიის მიერ უზრუნველყოფილი ეკოსისტემური სერვისების ღირებულების მეტა-ანალიზი და დაასკვნეს, რომ ხელოვნური ქარბტენიანი ტერიტორიების მიერ უზრუნველყოფილ ეკოსისტემურ სერვისებთან დაკავშირებული სარგებელი ანთროპოლოგიური ზეწოლის ზრდასთან ერთად იზრდება. კვლევების თანახმად, ხელოვნური ქარბტენიანი ტერიტორიების ერთეულის მოწყობის ღირებულება განსხვავებულია და დამოკიდებულია ზომაზე, ადგილმდებარეობაზე, ბენეფიციარებზე და სხვ. ის 100-39,100 აშშ დოლარი/ჰა-ს ფარგლებში მერყეობს.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდის პროცესებში ბუნებაზე დამყარებული ტექნოლოგიების დანერგვას სხვა ისეთი დადებითი ეფექტებიც აქვს (WWAP, 2018), როგორიცაა ბიომრავალფეროვნების ხელშეწყობა, ნიადაგის დეგრადაციის შემცირება, ჰაბიტატების გაუმჯობესება, ნახშირბადის შეკავება, ნიადაგის გამაგრება, მიწისქვეშა წყლების შევსება და წყალდიდობების ზემოქმედებების შერბილება (გვ. 59). სოციალურ-ეკონომიკურ სარგებელში ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული რისკების შემცირება მოიაზრება.

4. სოფლის მეურნეობა

არიდულ და სემიარიდულ ქვეყნებში რწყვის მეთოდების შერჩევაზე ზემოქმედებას ფიზიკური ფაქტორები და სოციალურ-ეკონომიკური პირობები ახდენს. ცნობილია (Pandya, 2018), რომ მომავალში სოფლის მეურნეობის პროდუქციაზე მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად, სასოფლო-სამეურნეო წარმოება მსოფლიო მასშტაბით 60%-ით უნდა გაიზარდოს და რომ ამ მიზნის მიღწევა რესურსების (ძირითადად წყლისა და მიწის) გამოყენების სრულყოფის ხარჯზე უნდა მოხდეს. თუმცა, წყლის პროდუქტიულობის გაზრდა წყალდამზოგავი ტექნიკური გადაწყვეტებისა (სარწყავი სისტემების მოდერნიზაციის ჩათვლით) და ნიადაგის სათანადო მართვის კომბინაციით მხოლოდ გარკვეულ დონემდე არის შესაძლებელი. Ali და Talukder (2008) ამტკიცებენ, რომ წყლის პროდუქტიულობის ზრდაში გადამწყვეტ როლს ეკონომიკური ფაქტორები (მაგ., რენტაბელობა) ასრულებენ. წყლის დაზოგვა სოფლის მეურნეობაში ძალიან მნიშვნელოვანია ნიადაგს დამლაშებისა და დეგრადაციის თავიდან ასაცილებლად, რაც ასევე უარყოფითად მოქმედებს წყლის პროდუქტიულობაზე.

მწვანე ტექნოლოგიების დანერგვა შეიძლება არ აღმოჩნდეს საკმარისი მდინარის წყლის სათანადო ხარჯის უზრუნველსაყოფად, ან მიწისქვეშა წყლების მარაგების შემცირების პროცესის შესაჩერებლად. Fishman et al.-ის (2015) თანახმად, წყლის ეფექტიანად გამოყენებით მიღებული სარგებელი სარწყავი მიწის ფართობის გაზრდის შედეგად იკარგება. ავტორები ხაზს უსვამენ წყლის დაზოგვის სტრატეგიების მნიშვნელობას წყლის რესურსების მდგრადი მართვის უზრუნველსაყოფად.

რწყვის ეფექტიანობის ზრდის უზრუნველყოფი მეთოდებია: წვეთოვანი და დაწვიმებითი რწყვა, ზუსტი რწყვა (სენსორები), დამაგნიტებული წყლით რწყვა, ჰიდროპონიკა და „გონიერი“ მრიცხველები. ეს მეთოდები აღწერილია მომდევნო თავებში. იქვე

მითითებულია მათი უპირატესობები და გავლენა ფერმერების შემოსავლებზე. გარდა ამისა, განხილულია ნიადაგისა და წყლის კონსერვაციის პრაქტიკის მაგალითებიც.

რწყვის სხვადასხვა მეთოდების ანალიზის დროს ჩვენ გამოვიყენებთ რწყვის ეფექტიანობის კონცეფციას, რომელიც FAO-ს მიერ განსაზღვრულია, როგორც სარწყავი წყლის იმ რაოდენობის პროცენტული მაჩვენებელი, რომელიც მიწოდების პროცესში არ იკარგება (წყლის გატარების ეფექტიანობა, CE) ან წყლის გამოყენების ეფექტიანობას (წყლის გამოყენების ეფექტიანობა, AE).

წყლის გატარების ეფექტიანობა (CE) ძირითადად დამოკიდებულია არხების სიგრძეზე, ნიადაგის სახეობასა და არხების მდგომარეობაზე (იხ. ცხრილი 4), ხოლო წყლის გამოყენების ეფექტიანობას (AE) განაპირობებს რწყვის მეთოდი და ფერმერების მიერ წყლის დაზოგვის მიზნით გამოყენებული პრაქტიკა. აქედან გამომდინარე, ჩვენ ძირითადად წყლის გამოყენების ეფექტიანობას (AE) შევხებით.

ცხრილი 4 – სათანადოდ მოვლილი არხების მიერ წყლის გატარების ეფექტიანობა (CE) (%)

სიგრძე	მოუპირკეთებელი არხები (ნიადაგის ტიპი)			მოპირკეთებული არხები
	ქვიშა	თიხნარი	თიხა	
გრძელი (> 2000 მ)	60	70	80	95
საშუალო (200-2000 მ)	70	75	85	95
მოკლე (< 200 მ)	80	85	90	95

წყარო: FAO

წნევიანი სარწყავი სისტემები (წვეთოვანი და დაწვიმებითი რწყვა)

მსოფლიო მასშტაბით თვითღინებითი (გრავეიტაციული) სარწყავი სისტემები წარმოდგენილია სარწყავი მიწების 86%-ზე, დაწვიმებითი - 11%-ზე, ხოლო წვეთოვანი - მხოლოდ 3%-ზე (Madramootoo, 2015).

წნევიანი სარწყავი სისტემები ზედაპირულ სისტემებზე ბევრად ეფექტიანია (იხ. ცხრილი 5). ასეთ სისტემებში წყლის გატარების ეფექტიანობა 100%-ია, ხოლო წყლის გამოყენების ეფექტიანობა 75-95%. დაწვიმებითი რწყვის დროს იზოგება ნაკლები წყალი, ვიდრე წვეთოვანი რწყვის შემთხვევაში, რადგან დაწვიმების დროს წყალი მთლიან ზედაპირს მიეწოდება. მიწისქვეშა წვეთოვანი რწყვის მეთოდი მიწისზედა წვეთოვანი რწყვის მეთოდზე ეფექტიანია (Morad Hassanli et al., 2009).

წვეთოვანი რწყვის მეთოდის გამოყენება განსაკუთრებით მიზანშეწონილია რიგებად დარგული კულტურებისთვის (ბოსტნეული და კენკროვანები), ხეებისა და ვენახისთვის. ამ მეთოდის გამოყენება თითქმის ყველა სახის ნიადაგზე არის შესაძლებელი (FAO, NA). წვეთოვანი სისტემის მოწყობასთან დაკავშირებული მაღალი კაპიტალური ხარჯების გამო, ამ ტექნოლოგიის გამოყენება ჩვეულებრივ მაღალი ღირებულების მქონე კულტურებისთვის განიხილება.

დაწვიმებითი რწყვა მიზანშეწონილია რიგებად დარგული, მინდვრის და ხეხილოვანი კულტურების უმეტესობისათვის. ის გამოიყენება არათანაბარი ტოპოგრაფიის მქონე თხელ ქვიშიან ნიადაგებზე, სადაც ზედაპირის გასწორება რთულია და იმ რეგიონებში, სადაც მწირია მუშახელი და წყლის რესურსები (Yadvinder-Singh et al., 2014). დატბორვით რწყვის

მეთოდთან შედარებით დაწვიმებითი რწყვა უზრუნველყოფს წყლის უფრო მაღალ პროდუქტიულობას (მაგ., მოსავალი გამოყენებულ წყალზე) ხორბლის, სიმინდის, სორგოს, შაქრის ლერწმისა და ბამბის შემთხვევაში.

ცხრილი 5 – წყლის გამოყენების ეფექტიანობის საორიენტაციო მაჩვენებლები (%)

რწყვის მეთოდი	წყლის გამოყენების ეფექტიანობა
ზედაპირული რწყვა (კონტურული რწყვა, რწყვა ნაპრალიანი კვლებით, დატბორვით)	60
დაწვიმებითი რწყვა	75
ხელით ან ბორბლებიანი მოწყობილობით	60-85
დაწვიმების მოძრავი სისტემით	75-95
წვეთოვანი რწყვა	90
მიკროსაწვეთურებით	70-95
ენერგოეფექტური ზუსტი რწყვა	75-98

წყარო: **FAO (NA) და Madramootoo (2015)**

წვეთოვანი სარწყავი სისტემები წყალზე მოთხოვნილებას ზედაპირულ სარწყავ სისტემებთან შედარებით 20-70%-ით ამცირებენ. წყლის დაზოგვის გარდა, წვეთოვანი სისტემა მოსავლიანობასაც ზრდის. მაგალითად, ბაღჩეულის შემთხვევაში მოსავლიანობა 20-40%-ით იზრდება (Yadvinder-Singh et al., 2014), მაროკოში ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ზედაპირულ სარწყავ სისტემებთან შედარებით, წვეთოვანი სარწყავი სისტემები უზრუნველყოფენ მოსავლის 28%-ით და წყლის პროდუქტიულობის 24%-ით ზრდას (Kharrou et al., 2011). Waheda და Ali-მ (2013) ეგვიპტეში ჩატარეს სიმინდის მოსავლიანობასა და წყლის პროდუქტიულობაზე სხვადასხვა სახის სარწყავი სისტემების ზემოქმედების ანალიზი. კვლევის შედეგად გაირკვა, რომ წვეთოვანი სისტემის პირობებში მიღებული სიმინდის მოსავალი თითქმის სამჯერ აღემატებოდა დაწვიმებითი სისტემის პირობებში მიღებულ მოსავალს.

Kuşçu et al.-მა, (2009) ჩატარეს თურქეთის წვეთოვანი სისტემების ეკონომიკური ანალიზი და დაასკვნეს, რომ ეს ტექნოლოგია მომგებიანია წიწაკის, პომიდვრის, ბადრიჯნისა და მწვანე ლობიოს მოსაყვანად. ცხრილი 6-ში წარმოდგენილია ერთ ჰა-ზე მიღებული სარგებელი (ფერმერების წმინდა მოგება)

ცხრილი 6 – სხვადასხვა ხარისხის წვეთოვანი რწყვის პირობებში მოყვანილი ბოსტნეულით მიღებული მოგება

რწყვის ხარისხი	მთლიანი დანახარჯი (აშშ დოლარი/ჰა)				წმინდა მოგება (აშშ დოლარი/ჰა)			
	პომიდორი	წიწაკა	მწვანე ლობიო	ბადრიჯანი	პომიდორი	წიწაკა	მწვანე ლობიო	ბადრიჯანი
20	1630	1483	495	1024	834	757	715	1433
40	1685	1548	556	1065	2072	2844	2167	2922
60	2255	1685	585	1120	3927	4891	2495	5225
80	2514	1748	610	1218	6770	7356	3515	7125
100	2605	1810	634	1273	6960	7614	3436	6071

წყარო: **Kuşçu et al., (2009)**

მსგავს კვლევაში (Imtiyaz et al., 2000) აღნიშნულია, რომ წვეთოვანი რწყვის პირობებში ყველაზე მომგებიანი კულტურაა რაპსი, მას მოსდევს კომბოსტო, ბროკოლი და სტაფილო. ორივე კვლევამ აჩვენა, რომ რწყვის დროს მეტი წყლის გამოყენება (აორთქლების სახით

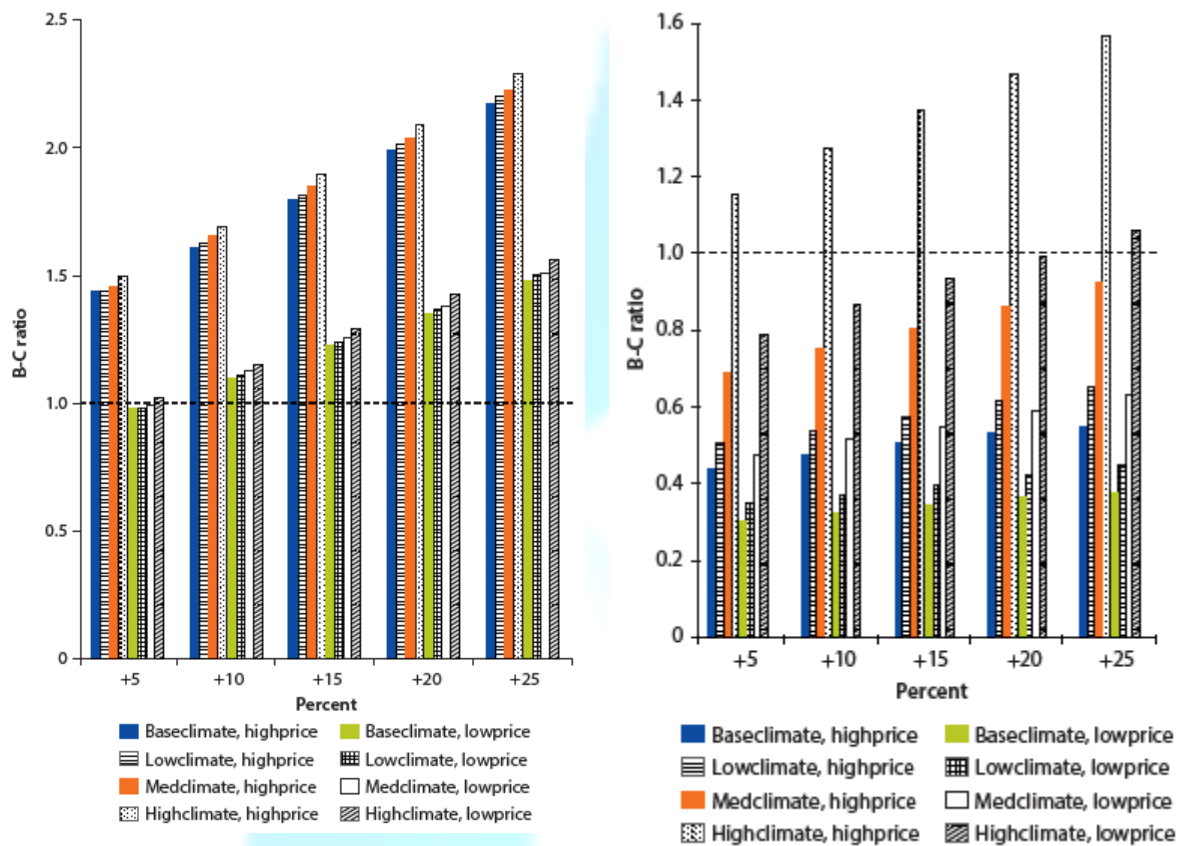
დაკარგული წყლის რაოდენობის 100%-ით შევსება) არ იწვევს მოსავლიანობის ზრდას, თუმცა მნიშვნელოვნად ამცირებს წყლის პროდუქტიულობას. აქედან გამომდინარე, წყალდამზოგავი რწყვის მეთოდების გამოყენების ეკონომიკური სარგებლის გასაზრდელად აუცილებელია რწყვის სწორი გრაფიკის შერჩევა.

წნევიანი სარწყავი სისტემების გამოყენებით მცირდება ექსპლუატაციისა და ტექნიკური მომსახურების ხარჯებიც: კონკრეტული სასოფლო-სამეურნეო კულტურისთვის საჭირო რაოდენობის წყლის მიწოდება ამცირებს სასუქებისა და ნუტრიენტების დანაკარგს და ნიადაგიდან წყლის აორთქლებას (Kulkarni, 2005). ზედაპირულ რწყვასთან შედარებით, წვეთოვანი და დაწვიმებითი რწყვა ასევე ამცირებს ნიადაგის ეროზიას. წვეთოვანი რწყვის კიდევ ერთ დადებით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ წვეთოვანი რწყვის პირობებში, მცენარის ფესვების ჟანგბადით უკეთ უზრუნველყოფისა და ფოთლების მინიმალურად დასველების წყალობით, მცირდება მცენარეთა ავადობა.

წნევიანი სარწყავი სისტემების ეკონომიკური მიზანშეწონილობა მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. ამ სახის სისტემები მომგებიანია მაღალი ღირებულების მქონე კულტურების შემთხვევაში. Narayanmoorthy-მ (2009) შეისწავლა ინდოეთში ბანანის, ვაზისა და შაქრის ლერწმის მოსაყვანად წნევიანი სარწყავი სისტემების გამოყენება და დაასკვნა, რომ წნევიანი სარწყავი სისტემა ყველა განხილული კულტურის შემთხვევაში დადებით წმინდა მიმდინარე ღირებულებას და სარგებლისა და ხარჯის თანაფარდობის დაახლოებით 2-ის ტოლ მაჩვენებელს ავლენს (იგულისხმება, რომ წმინდა მოგება წნევიანი სარწყავი სისტემის ხარჯს დაახლოებით ორჯერ აღემატება). Kuşçu et al.-ის (2009) მიერ ჩატარებული ანალიზი აჩვენებს, რომ წნევიანი სარწყავი სისტემების სარგებლისა და ხარჯის თანაფარდობა ბადრიჯნისა და მწვანე ლობიოს შემთხვევაში 5.8-ის ტოლია, წიწკის შემთხვევაში - 4.2-ის, ხოლო პომიდვრის შემთხვევაში - 2.67-ის.

მსოფლიოს ბანკმა ჩაატარა კვლევების სერია საქართველოსა და აზერბაიჯანში სოფლის მეურნეობის სექტორში საადაპტაციო ვარიანტების გამოსავლენად და სხვა საკითხებთან ერთად განიხილა კლიმატის ცვლილების სხვადასხვა სცენარების პირობებში რწყვის ეფექტიანი ტექნოლოგიების დანერგვის საკითხი. შედეგები აჩვენებს, რომ აზერბაიჯანში წყლის გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლება ხარჯეფექტიანია კლიმატის ცვლილების ყველა განხილული სცენარის შემთხვევაში და რომ სარგებლისა და ხარჯის თანაფარდობა ეფექტიანობის სამიზნე მაჩვენებლის ზრდასთან ერთად იზრდება. რაც შეეხება საქართველოს, რწყვის ეფექტიან ტექნოლოგიებში ინვესტიციების განხორციელება მხოლოდ კლიმატის ძლიერი ცვლილების სცენარის შემთხვევაშია რენტაბელური (იხ. ნახ. 5).

ნახ. 5 – სოფლის მეურნეობის სექტორში წყლის ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით ინვესტიციების სარგებლისა და ხარჯის თანაფარდობა – აზერბაიჯანი (მარცხნივ) და საქართველო (მარჯვნივ)



წყარო: მსოფლიო ბანკი 2014a და 2014b

ზუსტი რწყვა

წინა თავში აღწერილი წყალდამზოგავი ტექნოლოგიები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ზუსტ სარწყავ სისტემებში წყლის გამოყენების ეფექტიანობის შემდგომი ამაღლების მიზნით. რწყვის ტრადიციული მეთოდები, მათ შორის წნევიანი სარწყავი სისტემები, რწყვას ერთგვაროვანი რეჟიმით, ნიადაგისა და ატმოსფერული მდგომარეობის გათვალისწინების გარეშე ახორციელებენ. შედეგად, ნაკვეთების გარკვეული ნაწილი ზედმეტად არის დატენიანებული, როდესაც დანარჩენი წყლის საკმარის რაოდენობას ვერ იღებს.

განმარტების თანახმად, ზუსტი რწყვა არის: „რწყვის ცვალებადი რეჟიმით განხორციელება წინასწარ მომზადებული რუკების ან სენსორების ჩვენების მიხედვით“, რომელიც ითვალისწინებს „კულტურების წყალზე მოთხოვნილების ზუსტად დადგენას და საჭირო დროს წყლის ოპტიმალური რაოდენობის ზუსტად მიწოდებას“ (Adeyemi et al., 2017: 353). ზუსტი რწყვის დადებითი მხარეებია: გაზრდილი მოსავლიანობა, მოსავლის გაუმჯობესებული ხარისხი, წყლის მოხმარების გაზრდილი ეფექტიანობა/დაზოგვა, ელექტროენერგიის ხარჯისა და გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედებების შემცირება (Shah and Das, 2012).

შესაძლებელია მრავალი ტექნოლოგიური მეთოდის გამოყენება. საინფორმაციო (IT) ტექნოლოგიების განვითარებამ შესაძლებელი გახადა რწყვასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილებების მისაღებად ნიადაგის ტენიანობის (მცენარეთა ფესვებთან მოთავსებული სენსორების საშუალებით) და კლიმატური პირობების (თანამგზავრის საშუალებით) შესახებ ინფორმაციის შეგროვება და დამუშავება. სენსორები ახორციელებენ ნიადაგის ტენიანობისა და ტემპერატურის მონიტორინგს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსარწყავად ოპტიმალური პერიოდის შესარჩევად. უახლესი ზუსტი სარწყავი სისტემები ინტეგრირებულია IOS/Android საოპერაციო სისტემებთან (Işık et al., 2017), რაც სმარტფონების საშუალებით სისტემის გაკონტროლების შესაძლებლობას იძლევა. მონიტორინგის საშუალებების გამართული სისტემა ნიადაგის, ამინდისა და მცენარეების სათანადო კომბინაციის ჩათვლით აუცილებელია ზუსტი სარწყავი სისტემების გამართული მუშაობისთვის. მცენარეების ჭარბი რწყვის თავიდან აცილებისა და აორთქლებით წყლის დანაკარგის შემცირების საშუალებით ზუსტი სარწყავი სისტემები წყლის დაზოგვას უზრუნველყოფენ.

ზუსტი სარწყავი სისტემების დანერგვის ხელშემშლელ ფაქტორს მათი მაღალი ღირებულება წარმოადგენს. თუმცა, El Nahri et al.-მა (2011) შეადარეს ეგვიპტეში ტრადიციული წესით მიღებული სიმინდის მოსავალი ზუსტი რწყვის და სასუქების გამოყენების პირობებში მიღებულ მოსავალს და აღმოაჩინეს, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე სოფლის მეურნეობის წარმოების რენტაბელობა ზუსტი რწყვის პირობებში გაზრდილი მოსავლიანობის წყალობით თითქმის 30%-ით გაიზარდა.

McGuckin-მა (1992) შეაფასა ტენიანობის სენსორების საშუალებით მიღებული ინფორმაციის ღირებულება და დაადგინა, რომ ის დამოკიდებულია ფერმერის ტექნიკურ ეფექტიანობაზე და 58.23 - 40.29 აშშ დოლარის ფარგლებში იცვლება.

Almas et al.-ის (2003) მიერ ჩატარებული კვლევის თანახმად, ზუსტი სარწყავი სისტემის მიზანშეწონილობა დამოკიდებულია ნაკვეთზე, სასოფლო-სამეურნეო კულტურის ღირებულებაზე, მასშტაბის ეფექტზე და ტექნიკის საექსპლუატაციო ვადებზე. მათი გაანგარიშებით, საინვესტიციო ხარჯი ერთ აკრზე (≈ 0.4 ჰა) 35-70 აშშ დოლარის ფარგლებშია (ტექნიკის საექსპლუატაციო ვადა - 5 წელი). აქედან გამომდინარე, ფინანსური თვალსაზრისით ზუსტი სარწყავი სისტემის მოწყობა გამართლებულია მაღალი ღირებულების მქონე და ჰიდროფილური სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისთვის.

წყლის „გონიერი“ მრიცხველები

საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგების გარდა, წყლის „გონიერი“ მრიცხველების დაყენება შესაძლებელია სარწყავ სისტემებშიც, როგორც ადგილობრივ, ასევე რეგიონულ დონეზე. სარწყავი სისტემების „გონიერი“ მონიტორინგი მხოლოდ წყლის მოხმარების გაზომვით არ შემოიფარგლება. მაგალითად, კალიფორნიაში წყლის ტუმბოებთან დამონტაჟებული ელექტროენერგიის მრიცხველები აღრიცხავენ ელექტროენერგიის გამოყენებას წვეთოვან სარწყავ სისტემებში წყლის დანაკარგების დაფიქსირების მიზნით: მათი კომპიუტერული

პროგრამა აფიქსირებს ისეთ გაუმართაობას, როგორიცაა წყლის გაჟონვა⁷ და აწვდის შესაბამის ინფორმაციას ფერმერებს მოკლე ტექსტური შეტყობინებების საშუალებით.

რეგიონული წყლის „გონიერი“ მრიცხველების მაგალითად გამოდგება ირანი, სადაც დამონტაჟდა წყლის და ელექტროენერგიის ათასი „გონიერი“ მრიცხველი (არსენჯენის და სარვესტანის არიდულ რეგიონებში), აქედან 830 მრიცხველს პიკურ საათებში ელექტროენერგიის მიწოდება უწყდება. ერთ დღის განმავლობაში დაზოგილი წყლის რაოდენობა 60 ათას მ³-ს შეადგენს (Jahromi et al., 2014). ესპარაიანში არსებული წყლის ჭაბურღილების 90%-ის ელექტრო ტუმბოებს არასარწყავი პერიოდის განმავლობაში, სამი ან მეტი თვის განმავლობაში, ელექტროენერგია არ მიეწოდება, რის შედეგადაც მიწისქვეშა წყლების დონის კლების მაჩვენებელი 75 სმ-დან 28 სმ-მდე, ხოლო წყალადება 30 მილიონი მ³-დან 10 მილიონ მ³-მდე მცირდება, რაც შეესაბამება წელიწადში 2 მილიონი აშშ დოლარის ეკვივალენტურ დანაზოგს (Vaseteh and Nazarboland, 2010).

დამაგნიტებული წყალი

დამაგნიტებული წყლის, როგორც მცენარეთა და მოსავლიანობის ზრდის ხელშემწყობი საშუალების გამოყენების საკითხი უკანასკნელი ათწლეულის განმავლობაში ინტენსიურად განიხილება (Maheshwari and Grewal, 2009). დამაგნიტებული წყლით რწყვა არადამაგნიტებულ სარწყავ წყალთან შედარებით ნიადაგის უკეთ დატენიანებას უზრუნველყოფს, თუმცა ის წყალდამზოგავ მეთოდს არ წარმოადგენს, ვინაიდან არ ახდენს მნიშვნელოვან ზემოქმედებას გამოყენებული წყლის რაოდენობაზე (Maheshwari and Grewal, 2009). ამ მეთოდით შესაძლებელია სოფლის მეურნეობაში დაბალი ხარისხის წყლის (მაგ., რეციკლირებული, ან მარილიანი) გამოყენება (Surendran et al., 2016).

აღნიშნული მეთოდის გამოცდის მიზნით ჩატარებულია რამდენიმე ექსპერიმენტი როგორც ღია, ასევე დახურულ გრუნტში. დამაგნიტებული წყლით მორწყვის ეფექტი განსხვავდება მცენარის სახეობისა და გამოყენებული სარწყავი წყლის მიხედვით (Maheshwari and Grewal, 2009). ეგვიპტეში ჩატარებულმა წინასწარმა კვლევამ (Hozayn et al., 2011) აჩვენა, რომ დამაგნიტებული წყლით რწყვის შედეგად ხორბლის, ოსპისა და მუხუდოს მოსავლიანობა შესაბამისად 31.33%, 24.92% და 38.46%-ით გაიზარდა. Surendran et al.-მა (2016) დაადგინეს, რომ ჩვეულებრივი და მარილიანი დამაგნიტებული წყლით რწყვით ბადრიჯნის მოსავლიანობა შესაბამისად 25.8 და 17.0%-ით გაიზარდა. Maheshwari and Grewal-ის (2009) მიერ სათბურში ჩატარებული ექსპერიმენტების დროს ნიახურის მოსავლიანობა 12-23%-ით, ხოლო ბარდის მოსავლიანობა - 6-7%-ით გაიზარდა სარწყავი წყლის ხარისხიდან გამომდინარე.

Teixeira da Silva და Dobránszki-ის (2014) მიერ არსებული კვლევების ანალიზმა აჩვენა, რომ დამაგნიტებული წყლით რწყვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების უმეტესობის მოსავლიანობას ზრდის. თუმცა, ავტორების თანახმად, აუცილებელია დამაგნიტებული წყლის გამოყენების ეკონომიკური შედეგების სათანადოდ გათვალისწინება.

დამაგნიტებული წყალი დადებით ზემოქმედებას ახდენს ნიადაგებზეც (Ali et al., 2014). კერძოდ, ის „ნიადაგს აცილებს ზედმეტ ხსნად მარილებს, ნიადაგის ფენებში ამცირებს pH-

⁷ <http://explorer.sustainia.me/solutions/smart-water-leak-detection-for-agriculture-2>

ის სიდიდეს და ხსნის ისეთ ნაკლებად ხსნად კომპონენტებს, როგორიცაა ფოსფატები, კარბონატები და სულფატები“ (გვ. 699). ავტორების თანახმად, დამაგნიტებული წყალი ზრდის სასუქების ეფექტიანობას მცენარეების მიერ P, K, N და Fe-ის ათვისების უნარის გაძლიერების საშუალებით.

დამაგნიტებული წყლის გამოყენება დიდ ხარჯებთან არ არის დაკავშირებული, თუმცა მისი ეფექტიანობა დამოკიდებულია სარწყავი სისტემის კომპონენტებში მაგნიტების სათანადოდ ინტეგრირებაზე და საჭიროებს შესაბამის ტუმბოებს, რომლებიც თავსებადი უნდა იყოს დამაგნიტებული სარწყავი წყლის სისტემების ტექნიკურ და საექსპლუატაციო მოთხოვნებთან (Ali et al., 2014).

ეგვიპტეში დამაგნიტებული სარწყავი წყლის სისტემების მოსაწყობად 1 ჰა-ზე დაახლოებით 115 აშშ დოლარი დაიხარჯა. ხორბლის შემთხვევაში ინვესტიციის უკუგების პერიოდი ძალიან მოკლეა (დაახლოებით 0.138-0.6 სეზონი)⁸, რაც ნიშნავს იმას, რომ შემოსავლის მიღება იწყება სისტემის მონტაჟიდან იმავე სეზონის განმავლობაში.

ზედაპირის გასწორება ლაზერის საშუალებით

ნიადაგის ზედაპირის უსწორმასწორობა მნიშვნელოვან უარყოფით ზემოქმედებას ახდენს თესლის გაღვივებაზე, მცენარის განვითარებასა და მოსავლიანობაზე. ნიადაგის ზედაპირის გასწორების ტრადიციული მეთოდები საკმაოდ რთულია და ბევრ დროს მოითხოვს. ლაზერული გრეიდერი არის ლაზერული ციცხვით აღჭურვილი სასოფლო-სამეურნეო მანქანა, რომელიც ბევრად ეფექტიანად უზრუნველყოფს ნიადაგის ზედაპირის მოსწორებას. მოსწორების სათანადოდ ჩატარების შემთხვევაში, ამ ოპერაციის გამეორება სულ მცირე 8-10 წლის განმავლობაში აღარ არის საჭირო. ცნობილია, რომ ლაზერის გამოყენებით მოსწორებულ ნაკვეთებზე მცირდება რწყვისთვის საჭირო დრო და იზოგება აუცილებელი სარწყავი წყლის 25-30%⁹.

Thomson Reuter Foundation¹⁰-ის მიერ დაფინანსებული კვლევის შედეგების თანახმად, ინდოეთში ნიადაგის ზედაპირის ლაზერის გამოყენებით მოსწორების შედეგად ხორბლის მოსავლიანობა 7-9%-ით გაიზარდა, ხოლო დაზოგილი ელექტროენერგიის სიდიდემ 755 კვტს/ჰა შეადგინა. ამავე კვლევის მიხედვით, ბრინჯისა და ხორბლის მოყვანით მიღებულმა სარგებელმა (გაზრდილი მოსავლისა და წყალსა და ელექტროენერგიაზე დაზოგილი თანხების წყალობით) ერთ ჰა-ზე 143 აშშ დოლარი შეადგინა. ამ შემთხვევაში აღნიშნული მეთოდის განხორციელება შესაძლებელი გახდა რესურსებისა და საშუალებების გაერთიანებით, კერძოდ მცირემიწიანმა ფერმერებმა იქირავეს საჭირო ტექნიკა ან გაერთიანდნენ კოოპერატივებში და ამ გზით გაინაწილეს ხარჯები (დაახლოებით 10 აშშ დოლარი 1 დღის მუშაობა). ხშირ შემთხვევაში ცენტრალურმა ხელისუფლებამ მოახდინა ფერმერთა ჯგუფების თუ კოოპერატივების ხარჯების ნაწილის სუბსიდირება. პროცესის წარმატებას ხელი შეუშალა ქალების მიმართ დისკრიმინაციამ და გენდერული ნიშნით უთანასწორობამ. ქალი ფერმერები ნაკლებად ითვისებენ ახალ ტექნოლოგიებს სოციალურ-კულტურული წინაღობების გამო: მათ არ აქვთ წვდომა

⁸ <http://magneticeast.com/downloads/presentations/agriculture.pdf>

⁹ http://dswcpunjab.gov.in/contents/data_folder/Laser_Level.htm

¹⁰ <http://news.trust.org/item/20150525123449-gmlon/>

ინფორმაციაზე და ფასებთან დაკავშირებულ მოლაპარაკებებში მათ ნაცვლად მამაკაცები მონაწილეობენ.

Abdullaev et al.-ის (2007) თანახმად, ტაჯიკეთში ბამბის კულტურით გაშენებული მიწის მცირე ზომის ნაკვეთზე ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენა, რომ ლაზერის გამოყენებით მოსწორებულ ნიადაგზე ზედაპირული ჩამონადენი 24%-ით შემცირდა, ხოლო წყლის დაზოგვის მაჩვენებელმა 1 ჰა-ზე 333-1,509 მ³ შეადგინა. შედეგად, ფერმერების შემოსავალი 22%-ით გაიზარდა, ხოლო მოგების მარჟა საკონტროლო ნაკვეთებთან შედარებით 92%-ით მაღალი იყო. ხელშემშლელ ფაქტორებს შორის იყო ის, რომ ფერმერებს არ ჰქონდათ საწყისი კაპიტალი. ხელშემშლელ ფაქტორად მიწის ნაკვეთების გაფანტული მდებარეობაც ჩაითვა.

Larson et al.-მა (2016) აღწერეს სოფლის მეურნეობაში ნიადაგის ზედაპირის ლაზერის გამოყენებით გასწორების პრაქტიკის დანერგვის განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორები.

აკვაპონიკა

აკვაპონიკა არის გარემოსდაცვითი ტექნოლოგია, რომელიც გამოიყენება არიდულ ქვეყნებში ბაღჩეული კულტურების მცირე მასშტაბით მოსაყვანად. ეს არის რეცირკულარული სისტემა, რომელიც აერთიანებს თევზის მეურნეობას (აკვაკულტურა) და მცენარეების კულტივაციას წყალში, ნიადაგის გარეშე (ჰიდროპონიკა). წყალი გამოიყენება როგორც თევზის მოსაშენებლად, ასევე მცენარეების მოსაყვანად: თევზის ორგანული ნარჩენი საკვები ნივთიერებებით ამდიდრებს მცენარეებისთვის გამოსაყენებელ წყალს, ხოლო მცენარეები ასუფთავებენ თევზებისთვის საჭირო წყალს. აქედან გამომდინარე, აკვაპონიკა ერთი და იგივე რესურსით მეტი საკვები პროდუქტის მიღების შესაძლებლობას იძლევა.

აკვაპონიკა ხელსაყრელია თევზის ისეთი სახეობებისათვის, როგორიცაა ტილაპია, კობრი, ბარამუნდი, ბასი, მწვანე ქორჭილა, ოქროსფერი ქორჭილა, ვერცხლისფერი ქორჭილა და რიგი ბაღჩეული კულტურებისთვის: პომიდორი, კიტრი, სალათა და მწვანე ფოთლოვანი ბოსტნეული, ძვირადღირებული მცენარეები და სხვ. (FAO, NAa). FAO¹¹-ს თანახმად, ცალკეულ შემთხვევებში ინტეგრირებულ მეურნეობებს ტრადიციულ მეურნეობებთან შედარებით წყლის მოხმარების 90%-ით შემცირება შეუძლიათ.

აკვაპონიკის ეკონომიკასთან დაკავშირებულ უახლეს კვლევებში ძირითადად განხილულია ავსტრალიისა და აშშ-ს (სადაც აკვაპონური მეურნეობები აკვაკულტურული მეურნეობების 2%-ს შეადგენს) მაგალითები და მათი ეკონომიკური მიზანშეწონილობა და არა ამ ტექნოლოგიის უფრო ფართო ეკონომიკური სარგებელი ტრადიციულ მეურნეობასთან შედარებით. Quagrainie et al.-ის (2018) თანახმად, მიუხედავად იმისა, რომ აკვაპონური სისტემები მაღალ საინვესტიციო და საექსპლუატაციო ხარჯებს მოითხოვენ, ისინი, ჰიდროპონურ მეურნეობებთან შედარებით, ბოსტნეულის მოყვანის ნაკლები საწარმოო

¹¹ <http://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1111580/>

ხარჯებით ხასიათდებიან. ავტორების მიხედვით, აკვაპონიკა მომგებიანია მხოლოდ ორგანული პროდუქციის წარმოების შემთხვევაში.

ეკონომიკური თვალსაზრისით, თევზისა და მცენარეების წარმოების ინტეგრირებული სისტემა უფრო ეკონომიურია, ვიდრე თევზისა და მცენარეების ცალ-ცალკე წარმოება. ეკონომიკის საექსპლუატაციო და კაპიტალური ხარჯების ორ სისტემაზე განაწილება განაპირობებს (Goddek et al., 2015). Engle (2015) აჯამებს აკვაპონური მეურნეობების ძირითად ეკონომიკურ ინდიკატორებს და ამტკიცებს, რომ საწარმოო ხარჯი საბაზრო ღირებულებით იფარება (იხ. ცხრილი 7) და რომ ეს მეურნეობები მომგებიანია (

ცხრილი 8).

ცხრილი 7 – აკვაპონური მეურნეობების საწარმოო ხარჯები საბაზრო ფასების მითითებით

	ლიტერატურული წყარო				
	Baker (2010)	Bailey et al. (1998)	Rakocy & Bailey (1998)		Tokunaga et al. (2015)
მდებარეობა	ჰავაი	ვირჯინიის კუნძულები	ვირჯინიის კუნძულები		ჰავაი
მცენარე	სალათი	სალათი	სალათი	ბაზილიკი	სალათი
წარმოების ხარჯი	1.50 აშშ	11.14-12.40 აშშ	6.15 აშშ	0.75 აშშ	
საბაზრო ფასი	დოლარი/ფუნტი	დოლარი/ყუთი*	დოლარი/ყუთი	დოლარი/ფუნტი	
	არ არის	20 აშშ	20 აშშ	10.20 აშშ	2.15 აშშ
	მითითებული	დოლარი/ყუთი	დოლარი/ყუთი	დოლარი/ფუნტი	დოლარი/ფუნტი
თევზი	ტილაპია	ტილაპია	ტილაპია	ტილაპია	ტილაპია
წარმოების ხარჯი	4.99 აშშ	3.17-3.78 აშშ	1.46 აშშ	2.50 აშშ	არ არის
	დოლარი/ფუნტი	დოლარი/ფუნტი	დოლარი/ფუნტი	დოლარი/ფუნტი	დათვლილი
საბაზრო ფასი	არ არის	2.50 აშშ	1.46 აშშ	2.50 აშშ	5.00 აშშ
	მითითებული	დოლარი/ფუნტი	დოლარი/ფუნტი	დოლარი/ფუნტი	დოლარი/ფუნტი

* ყუთში სალათის დაახლოებით 24 თავია

წყარო: Engle (2015)

ცხრილი 8 – აკვაპონური მეურნეობის საინვესტიციო ხარჯები, რენტაბელობა და ინვესტიციის უკუგების პერიოდი

ლიტერატურული წყარო	მდებარეობა	მოლიანი საინვესტიციო ხარჯი (\$)	რენტაბელობა		
			წმინდა წლიური უკუგება (\$)	შიდა უკუგების დონე	შიდა უკუგების მოდიფიცირებული დონე
Bailey et al. (1998)	ვირჯინიის კუნძულები				
	დიდმასშტაბიანი	1,030,536	278,038	22%	
	მცირემასშტაბიანი	285,134	30,761	11%	
Chaves et al.	შოტლანდია	58,760	16,701	27%	
Holliman et al. (2008)	ალაბამა				
	ლოქო	70,640	-11,579		
	ტილაპია	70,640	4,222		
Rupasinghe and Kennedy (2010)	ავსტრალია			0%-57%	
Tokunaga et al. (2015)	ჰავაი	217,078			7.36%

წყარო: Engle (2015)

აკვაპონიკა შრომატევადი ტექნოლოგიაა. ის ქმნის სამუშაო ადგილებს, თუმცა ხასიათდება მაღალი შრომითი დანახარჯებით. გარდა ამისა, ის დიდი რაოდენობით ელექტროენერგიას მოიხმარს. Adler et al.-ის (2000) მიერ ჩატარებული ფინანსური ანალიზის შედეგების თანახმად, აკვაპონიკა რენტაბელურია 20 წლიან პერიოდში მოგების 12.5%-იანი

მაჩვენებლით. უკუგების პერიოდის ხანგრძლივობამ 7.5 წელიწადი შეადგინა. ფიქსირებული ხარჯების მოცულობამ დაახლოებით 245 ათას აშშ დოლარს მიაღწია, ხოლო ცვლადი ხარჯების მოცულობამ - 290 ათას აშშ დოლარს. ინვესტიციის წმინდა მიმდინარე ღირებულება დადებითი იყო სესხის მომსახურების პროცენტის ყველა განხილული სიდიდის შემთხვევაში. Heidemann et al.-ის (2015) მიერ განხილული აკვაპონური სისტემის ხარჯები ნაკლებია, დაახლოებით 67 ათასი აშშ დოლარის მოცულობის ცვლადი ხარჯები და დაახლოებით 40.5 ათასი აშშ დოლარის მოცულობის კაპიტალური ხარჯები. შემოსავალი დაახლოებით 115 ათასი აშშ დოლარის ტოლია, ხოლო წმინდა მოგება, რომელიც მეორე წლიდან იწყება, თითქმის 40 ათას აშშ დოლარს შეადგენს. აქედან გამომდინარე, აშშ-ში აკვაპონიკა ეკონომიკური თვალსაზრისით გამართლებულია.

აკვაპონიკის გარემოსდაცვითი სარგებელი დაკავშირებულია ნუტრიენტების ხელახალ გამოყენებასა და წყლის რეციკლირებასთან. გარდა ამისა, ეს ტექნოლოგია იძლევა ტრადიციული აკაკულტურის ჩამდინარე წყლების დანახარჯების გარეშე გაწმენდის შესაძლებლობას. Rizal et al. (2018) აღნიშნავენ, რომ ხშირად რიგ სოციალურ ასპექტებთან ერთად, უგულებელყოფილია აკვაპონიკის სხვა ისეთი დადებითი შედეგები, როგორიცაა რესურსების შეზღუდული რაოდენობის გამოყენება, კლიმატის ცვლილების შერბილება, და სხვ. მათ ასევე ჩაატარეს ამ ასპექტების ხარისხობრივი ანალიზი და დაასკვნეს, რომ ტექნოლოგიის სარგებლის ex-ante და ex-post შეფასების მეთოდები ჯერ კიდევ შესამუშავებელია.

ფინანსური ტვირთის გარდა, აღნიშნული ტექნოლოგიის ერთ-ერთ მთავარ ხელშემშლელ ფაქტორს კომბინირებული სისტემის ოპერირებისათვის საჭირო უნარ-ჩვევებისა და ცოდნის არარსებობა წარმოადგენს. როგორც Rizal et al. (2018) აღნიშნავენ, “აკვაპონიკა არის საკვები პროდუქტების წარმოების ისეთი მეთოდი, რომლისთვისაც საჭიროა მაღალი ტექნოლოგიები, მაღალი კაპიტალური დანახარჯები და საჭირო ცოდნა” (გვ.2). აქედან გამომდინარე, ტექნოლოგიის სათანადოდ დასაწერად აუცილებელია პოტენციური ფერმერების სწავლება და მათთვის საჭირო დახმარების გაწევა. აკვაპონიკას შეუძლია საკუთარი წვლილის შეტანა სასურსათო უსაფრთხოებაში, თუმცა, ტექნოლოგიის მაღალი ღირებულებიდან გამომდინარე, ის არ არის ხელმისაწვდომი მოსახლეობის ღარიბი ნაწილისთვის, ხოლო იმის გამო, რომ აკვაპონიკა დამოკიდებულია ელექტროენერგიასა და წყალზე, მისი დანერგვა ცენტრიდან დამორეზულ ტერიტორიებზე ლიმიტირებულია (Riza et al., 2018).

წყლის არატრადიციული წყაროების გამოყენება: ჩამდინარე წყალი

წყლის სიმცირის პირობებში სარწყავად წყლის არატრადიციული წყაროების გამოყენება ერთ-ერთ გამოსავალს წარმოადგენს. შეგროვებული წვიმის წყლის გარდა შესაძლებელია ჩამდინარე (როგორც გაწმენდილი, ასევე გაუწმენდავი) წყლის გამოყენებაც. მსოფლიო მასშტაბით 5-20 მილიონი ჰა ფართობის მიწა გაუწმენდავი და გაზავებული ჩამდინარე წყლებით ირწყვება (Drechsel and Evans, 2010). ჩამდინარე წყლები მდიდარია შეტივნარებული მყარი ნაწილაკებით და გახსნილი ნუტრიენტებით, რაც სოფლის მეურნეობისათვის უკეთესია, ვიდრე მტკნარი წყალი.

სარწყავად გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენება სულ უფრო დიდ მასშტაბებს იძენს, განსაკუთრებით იმ ადგილებში, სადაც წყლის სიმცირე აღინიშნება (Kfour et al., 2009). ევროპაში გამოიყენება გაწმენდილი ურბანული წყლების მთლიანი მოცულობის მხოლოდ 2.4%, რაც ევროკავშირში მტკნარი წყლის წლიური მოხმარების 0.5%-ზე ნაკლებია¹², თუმცა, ევროკომისიის გათვლებით, შესაძლებელია 6 მილიონი მ³ წყლის ხელახალი გამოყენება. კვიპროსი და მალტა ხელახლა იყენებს საკუთარი ჩამდინარე წყლების, შესაბამისად, 90% და 60%-ზე მეტს. სხვა ისეთ არიდულ რეგიონებში, როგორიცაა ჩრდილოეთ აფრიკის ქვეყნები, ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენების პრაქტიკის დანერგვა არათანაბარი და ნელი ტემპით მიმდინარეობს (Kfour et al., 2009).

ჩამდინარე წყლის ხელახალი გამოყენების სქემების განვითარების ხელშეწყობი ფაქტორებია მტკნარი წყლის ჭარბი მოხმარება, მიმღები წყლის ობიექტების დაბინძურება ნუტრიენტებით და წყლის ალტერნატიული მეთოდებით მოპოვებით გამოწვეული სათბურის აირების გაფრქვევა (Hamilton et al., 2006).

ჩამდინარე წყლების ხელახლა გამოყენების ხარისხი დამოკიდებულია გაწმენდის დონეზე, როგორც ეს ნახ. 6-ზეა გამოსახული. ადამიანის ჯანმრთელობისთვის რისკების თავიდან ასაცილებლად, აუცილებელია ჩამდინარე წყლების დამატებით დამუშავება, რაც შეიძლება განხორციელდეს როგორც ჩამდინარე წყლების გამწმენდ ნაგებობებში, ასევე სპეციალური პროცესების საშუალებით. ცნობილია, რომ ისეთი მცირე ზომის ქალაქის ჩამდინარე წყლებით, რომელშიც 100,000 ადამიანი ცხოვრობს, შესაძლებელია 100 ჰა-მდე მიწის მორწყვა (van Lier and Huibers, 2010). როგორც აღინიშნა, გამწმენდი ტექნოლოგიების გამოყენება შესაძლებელია როგორც ცენტრალიზებულ დონეზე - ჩამდინარე წყლების გამწმენდ ნაგებობებში, ასევე დეცენტრალიზებულ დონეზე - ჩამდინარე წყლების წარმოქმნის წყაროსთან ახლოს მცირე ზომის ან ცენტრიდან დაშორებულ დასახლებებში.

¹² <http://ec.europa.eu/environment/water/reuse.htm>

ნახ. 6 – ჩამდინარე წყლების გაწმენდის საფეხური და გამოყენების შესაბამისი სახე



წყარო: EPA (1998)

ჩამდინარე წყლების ხელახალ გამოყენებას საზოგადოებისათვის მრავალი სარგებელი მოაქვს (იხ. ცხრილი 9). პირველ რიგში ეს პროცესი უზრუნველყოფს წყლის მუდმივ და საიმედო წყაროს და შესაბამისად, წყლის დეფიციტის მქონე რაიონებში შესაძლებელია თავიდან იქნას აცილებული რესურსის მოპოვების სხვა ვარიანტებში ინვესტიციების განხორციელების აუცილებლობა (Kfoury et al., 2009; Anderson, 2003). ჩამდინარე წყლის ხელახალ გამოყენებასთან დაკავშირებულია ისეთი გარემოსდაცვითი სარგებელი, როგორიცაა წყლის მოპოვების მოცულობის შემცირება და ზედაპირული წყლის ხარისხის გაუმჯობესება (Anderson, 2003). გარდა ამისა, ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენება რეკრეაციული მიზნებისათვისაც არის შესაძლებელი, მაგ., საზოგადოებრივი პარკების მორწყვა. ამ გზით მტკნარი წყალი იზოგება: პარკების მტკნარი წყლით მორწყვა აღარ არის საჭირო და ნიადაგიც ინარჩუნებს საჭირო ტენიანობას. ასევე, მცენარეული საფარის ზრდასთან ერთად, იზრდება შეკავებული ნახშირბადის რაოდენობაც. De la Cueva Bueno et al.-ის (2017) თანახმად, მიუხედავად იმისა, რომ ულტრაფილტრაცია და უკუოსმოსი უზრუნველყოფენ სოფლის მეურნეობისათვის საჭირო ხარისხის წყლის მიღებას, ეს პროცესები ჩამდინარე წყლებიდან ორგანულ ნივთიერებებს მთლიანად იღებენ და საჭირო ხდება სასუქების გამოყენება.

ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენების ძირითად ხელშემშლელ ფაქტორს გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობისთვის შექმნილი შესაძლო საფრთხეები წარმოადგენს, კერძოდ, გაწმენდილ ჩამდინარე წყლებში არსებული მიკროდამბინდურებლებით საკვების დაბინდურების შესაძლებლობა. ამ მიმართულებით ტექნოლოგიების განვითარება

საკითხის გადაწყვეტის დადებით პერსპექტივებს აჩენს. მაგალითად, Battilani et al.-მა (2010) შექმნეს დეცენტრალიზებული კომპაქტური წნევიანი მემბრანული ბიოლოგიური გამწმენდი მოწყობილობა, რომელიც აღჭურვილია ხრემის ფილტრით და შეუძლია ჩამდინარე წყლიდან E.coli-ის და მძიმე ლითონების მოშორება ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის (WHO) სტანდარტების შესაბამისად.

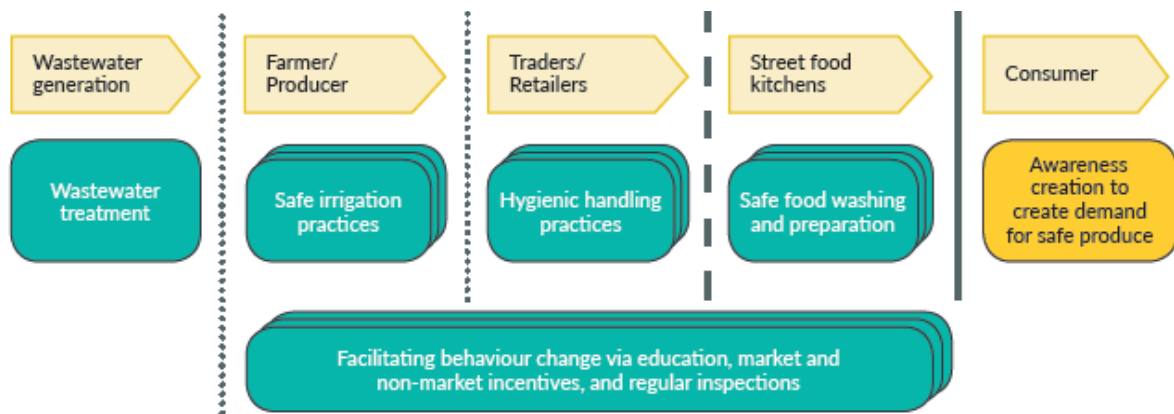
ცხრილი 9 – წყლის ხელახალი გამოყენების სარგებელი

დარგი	სარგებელი
სოფლის მეურნეობა	წყალარინების ხარჯის შემცირება უზრუნველყოფილი მოწოდება სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ზრდა სასუქების გამოყენების შემცირება მახასიათებლების გაუმჯობესება მარილიანობის შემცირების ხარჯზე
სასმელი წყალმომარაგება	წყალარინების და წყალსაცავი ობიექტების კაპიტალური ხარჯების შემცირება საექსპლუატაციო და ტექნიკური მომსახურების ხარჯების, მათ შორის ტუმბოებისთვის საჭირო ელექტროენერგიისა და გამწმენდი ქიმიური საშუალებების ხარჯების შემცირება გაწმენდის ხარჯების შემცირება აუზის ქვემო წელში არსებული წყალმოსაგებლებებისთვის
მრეწველობა	ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენებით მიღებული დამატებითი ღირებულება
გარემოს დაცვა	წყალარინების ხარჯის შემცირება დამაბინძურებლების გარემოში ჩაშვების შემცირება წყლის უკეთესი ხარისხი აუზის ქვემო წელში მდინარეების რეკრეაციული ღირებულების გაზრდა ჭარბტენიანი ტერიტორიების და სანაპირო ჰაბიტატების შექმნა ან გაუმჯობესება წყალშემცველი ჰორიზონტის შევსება

წყარო: ადაპტირებულია Kfoury et al. (2009), Anderson (2003) და EPA (1998)

ჩამდინარე წყლის სარწყავად გამოყენებამ შესაძლოა უარყოფითი ზემოქმედება მოახდინოს ფერმერებზე დაბინძურებულ წყალთან უშუალო კონტაქტის შედეგად; საზოგადოებაზე ამ სახის წყლის გამოყენებით მოყვანილი პროდუქციის მოხმარების შედეგად; და გარემოზე, რომელშიც ჩამდინარე წყლებში არსებული დამაბინძურებლები ხვდება (Hussain et al., 2001). რისკების შესამცირებლად აუცილებელია სარწყავი ინფრასტრუქტურის სათანადოდ მოწყობა და კვებით ჯაჭვში პრევენციული ზომების მიღება, როგორც ეს ნახ. 7-ზეა წარმოდგენილი.

ნახ. 7 – ჩამდინარე წყლების სარწყავად გამოყენების შემთხვევაში კვებით ჯაჭვში ამ გზით მიღებული პროდუქტების მოხმარებასთან დაკავშირებული რისკების შემცირება



წყარო: WWAP, 2017 (ნახ. 7.1ა, გვ. 17)

ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენების ეკონომიკური სარგებელი რიგ კვლევებშია შეფასებული. Garcia და Pargament-მა (2015) ჩაატარეს ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენების გეგმის, რომელიც ითვალისწინებდა ისრაელში სარწყავად მდინარე იარკონის წყლის ნაცვლად ჩამდინარე წყლების გამოყენებას, ეკონომიკური ზემოქმედების ანალიზი და დაასკვნეს, რომ პროექტის წმინდა მიმდინარე ღირებულება წელიწადში 4.83 მილიონ აშშ დოლარს შეადგენდა. კერძოდ, პროექტით გათვალისწინებული ხარჯი 1 მ³-ზე 0.16 აშშ დოლარს შეადგენდა მაშინ, როდესაც 1 მ³ გაწმენდილი ჩამდინარე წყლის საბაზრო ღირებულება 0.24-0.31 აშშ დოლარის ფარგლებში მერყეობდა. ყველაზე მნიშვნელოვანი ეკონომიკური სარგებელი მიიღებოდა გამტკნარებული წყლის ჩანაცვლების შედეგად, რომლის 1 მ³-ის წარმოება 0.99-1.26 აშშ დოლარი ჯდება.

Molino-Senante et al.-მა (2011) შეისწავლეს გარემოს დაცვის მიზნით განხორციელებული ჩამდინარე წყლების გამოყენების 13 პროექტი და დაასკვნეს, რომ პროექტის ეკონომიკური თვალსაზრისით გამართლება მხოლოდ შიდა მოგებს საფუძველზე არ არის მიზანშეწონილი. იმისათვის, რომ დადგინდეს, არის თუ არა პროექტი მომგებიანი მთელი საზოგადოებისთვის, აუცილებელია გარე ხარჯების გათვალისწინებაც. Weldesilassie et al.-მა (2009) შეაფასეს ჩამდინარე წყლების ხარისხის გაუმჯობესებით მიღებული სარგებელი იმ ფერმერებისთვის, რომლებიც საკუთარ საქმიანობას ეთიოპიაში, ადის-აბებას შემოგარენში ეწევიან და სარწყავად გაუწმენდავ ჩამდინარე წყალს იყენებენ. შედეგებმა აჩვენა, რომ საშუალოდ ფერმერები მზად არიან ჩამდინარე წყლის ხარისხის გასაუმჯობესებლად გადაიხადონ საკუთარი შემოსავლის 0.37%, ანუ 1 ჰა-ზე 4.5-4.85 აშშ დოლარი.

სოფლის მეურნეობასა და აკვაკულტურაში გაწმენდილი წყლის ხელახალი გამოყენება დაკავშირებულია უფრო მეტ სარგებელთან, ვიდრე რისკებთან იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც ჩამდინარე წყალი გაწმენდილი არ არის. Simmons et al.-მა (2010) შეისწავლეს პაკისტანის ფაისალაბადის რაიონში გაუწმენდავი ჩამდინარე წყლის გამოყენების გრძელვადიანი ზემოქმედება და აღმოაჩინეს, რომ მტკნარი წყლის ნაცვლად ჩამდინარე წყლის გამოყენების შედეგად ხორბლისა და ჩალის მოსავალი შესაბამისად 19.5% და 18.6%-ით გაიზარდა.

Maton et al.-მა (2010) შეაფასეს კრეტაზე ბოსტნეულის მოსარწყავად გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების გამოყენების სარგებელი და დაადგინეს რომ ის 0.02 ევრო/მ³-დან 2 ევრო/მ³-მდე ფარგლებში მერყეობს წყლის ხელმისაწვდომობის შესაბამისად.

უკუოსმოსის გამოყენების ეფექტი ნიადაგის მარილიანობასა და მოსავლიანობაზე კარგად არის აღწერილი შესაბამის ლიტერატურაში. Silber et al.-მა (2015) ერთმანეთს შეადარეს სარწყავი წყლის მარილიანობის მართვის ორი სხვადასხვა მიდგომით მიღებული ბანანის მოსავალი: ნაკვეთიდან მარილების გამოდევნა („ტრადიციული“ მართვა) და სარწყავი წყლიდან მარილების წინასწარ მოცილება („ალტერნატიული“ მართვა). მათ დაადგინეს, რომ გამოყენებამდე წყლიდან მარილების წინასწარ მოცილება წყალზე მოთხოვნილებას ორჯერ ამცირებს, აუმჯობესებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურის ხარისხს, ამცირებს მიწისქვეშა წყლებში მარილების რაოდენობას და ზრდის მოსავლიანობას.

ევროპაში გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების გამოყენება ჩვეულებრივ სუბსიდირებულია. მაგალითად, ესპანეთში ფერმერი ჩამდინარე წყლების გამოყენების შემთხვევაში იხდის 0.12 ევრო/მ³-ს მაშინ, როდესაც ასეთი წყლის მიწოდების ღირებულება 0.40 ევრო/მ³-ს შეადგენს (BIO, 2015). წყლის ალტერნატიულ წყაროდ წყლის გამტკნარება შეიძლება ჩაითვალოს, რომლის საწარმოო ღირებულება 1 ევრო/მ³-ს შეადგენს. ამ შემთხვევაში გამტკნარებული წყლის ნაცვლად გაწმენდილი ჩამდინარე წყლის გამოყენების სარგებელი მათი საწარმოო ღირებულებების სხვაობას, ანუ 0.60 ევრო/მ³-ს შეადგენს.

FAO-მ (2010) გამოაქვეყნა ესპანეთში ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენების ორი მაგალითის შედეგები. ორივე შემთხვევა ითვალისწინებდა ჩამდინარე წყლების არსებული გამწმენდი ნაგებობების მოდერნიზებას გაწმენდის მესამე საფეხურის უზრუნველსაყოფად და გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების სასოფლო-სამეურნეო და რეკრეაციული მიზნით გამოსაყენებლად. ავტორებმა დაადგინეს, რომ ორივე შემთხვევა ხარჯეფექტიანი იყო, სარგებლისა და ხარჯის თანაფარდობის 2.85 და 5.35-ის ტოლი მაჩვენებლებით.

ნიადაგისა და წყლის კონსერვაციის პრაქტიკა

ნიადაგის კონსერვაციის პრაქტიკა ვიწრო გაგებით ტექნოლოგიას არ წარმოადგენს, თუმცა ჩვენ მას შევხებით იმის გამო, რომ აღნიშნული პრაქტიკა ხელს უწყობს წყლის დაზოგვასა და ნიადაგის მახასიათებლების შენარჩუნებას და ასევე, შესაძლებელია მისი დანერგვა წინა თავებში განხილულ ტექნოლოგიებთან ერთად. გაეროს მსოფლიო წყლის რესურსების შეფასების პროგრამის 2018 წლის ანგარიშში (WWAP, 2018) ხაზგასმულია ბუნებრივ პროცესებზე დამყარებული გადაწყვეტილებების მნიშვნელობა ორი მიზეზიდან გამომდინარე - პირველი: ისინი უზრუნველყოფენ საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების (ფეკალური დაბინძურების გარეშე) გამწმენდი ინფრასტრუქტურის ეკვივალენტურ ან მსგავს სარგებელს; და მეორე: ბევრ შემთხვევაში ისინი აუმჯობესებენ საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების (ფეკალური დაბინძურების გარეშე) გამწმენდი ინფრასტრუქტურის მუშაობის მაჩვენებლებს. ტრადიციულ სოფლის მეურნეობასთან შედარებით კონსერვაციული სოფლის მეურნეობის მთავარი დადებითი მხარეებია: ნიადაგის სტრუქტურისა და მდგრადობის გაუმჯობესება; დრენაჟისა და წყლის შეკავების უნარის გაუმჯობესება;

ზედაპირული ჩამონადენის წარმოქმნის რისკის შემცირება; ზედაპირული წყლის ობიექტების პესტიციდებით დაბინძურების 100%-მდე, ხოლო სასუქებით დაბინძურების - 70%-მდე შემცირება; CO₂-ის გაფრქვევების შემცირება (Stagnari et al. (2009), ამონარიდი WWAP-დან, 2018).

ნიადაგის კონსერვაციის პრაქტიკის მაგალითები შეიძლება ორ კატეგორიად დაიყოს (Shock et al., 2013; WWDR, 2018):

1. მიწათსარგებლობის მიხედვით:
 - ნაკელისა და კომპოსტის გამოყენება წყლის ინფილტრაციისა და პერკოლაციის მაჩვენებლების გასაუმჯობესებლად;
 - მცენარეული ზოლები ეროზიის საწინააღმდეგოდ;
 - აგრომეტყვეობა - ტყის სახეობების მოყვანა ტრადიციულ სასოფლო-სამეურნეო კულტურებსა და საძოვრებთან ერთად;
 - ნიადაგის კონსერვაციული დამუშავება, რაც გულისხმობს ნიადაგის მინიმალურად დამუშავებას ან საერთოდ არდამუშავებას. Hatfield et al.-ის (2001) ნაშრომში ნახსენები რამდენიმე კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ დამუშავებულ ნიადაგებზე დაუმუშავებელ ნიადაგებთან შედარებით მაღალია წყლის აორთქლების მაჩვენებელი. მოსავლის ნარჩენების ნიადაგის ზედაპირზე დატოვება ამცირებს წყლის დანაკარგს და ნიადაგის ტენიანობას 34-დან 50%-მდე ზრდის (Sauer et al. (1996). შედეგად მოსავლიანობაც იზრდება (Norwood, 1999).
2. წყალმოხმარების მიხედვით:
 - ჭარბი რწყვის თავიდან აცილება და რწყვის გრაფიკის შედგენა ნიადაგში წყლის შემცველობის მიხედვით: შესაძლოა ზემოთ აღწერილი სენსორული ტექნოლოგიების გამოყენების საფუძველზე
 - დეფიციტური რწყვის პრაქტიკის გამოყენება. ზოგიერთი მცენარე, როგორიცაა ნუში, ვაზი და იონჯა წყლის ნაკლებობას კარგად უძლებს, რადგან მათ წყლის აღება დიდი სიღრმიდანაც შეუძლიათ. ცალკეული მცენარეების მოსავლიანობას და ხარისხზე მათი ზრდის გარკვეულ პერიოდში წყლის სიმცირე დადებითად მოქმედებს. სხვა მცენარეების, როგორიცაა, მაგალითად კარტოფილი და ხახვი, მოსავლიანობაზე წყლის ნაკლებობა უარყოფითად აისახება.

წყლის კონსერვაციის სტრატეგიებს ასევე განეკუთვნება წყალშემცველი ჰორიზონტის ხელოვნური შევსება, რომლის დროსაც წყალშემცველი ჰორიზონტის შევსება ხდება საგუბარებიდან, არხებიდან, სალექარებიდან და სატუმბი ჭებიდან გაწმენდილი (ან ნაწილობრივ გაწმენდილი) ჩამდინარე წყლების ინფილტრაციის გზით (Dillon et al., 2012). ნიადაგი და წყალშემცველი ჰორიზონტის წყლით გაუჯერებელი ზონები აკავებს დამბინძურებლებს და შესაბამისად შესაძლებელი ხდება მიწისქვეშა წყლების ხელახალი გამოყენება. ეს მეთოდი შეიძლება ჩაითვალოს სოფლის მეურნეობაში დაბალი ხარისხის წყლის არაპირდაპირი გზით ხელახალ გამოყენებად, როდესაც ხელოვნურად შევსებული წყალშემცველი ჰორიზონტი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სარწყავი წყლის წყაროდ გამოიყენება.

ევროპაში წყალშემცველი ჰორიზონტის ხელოვნური შევსება ძირითადად ხორციელდება წყლის ობიექტის ნაპირებზე ჩამდინარე წყლების მიმართული ფილტრაციით და მიწის ზედაპირზე გამწვების მეთოდებით. ხელახალ გამოყენებას შესაბამისი ტბების ან მდინარეების წყალი ექვემდებარება. გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების სასმელად გამოყენების მხოლოდ ერთეული შემთხვევები არსებობს.

მაგალითად, კვიპროსის სამხრეთ დასავლეთ ნაწილში მდებარე, ქვეყნის სიდიდით მეოთხე ქალაქ პაფოსში წარმოქმნილი და გაწმენდილი ჩამდინარე წყლები გამოიყენება ეზოუსას წყალშემცველი ჰორიზონტის შესავსებად. წყალშემცველი ჰორიზონტიდან ამოტუმბული წყალი არხების საშუალებით სარწყავად გამოიყენება (Qadir and Sato, 2016). მდინარე მტკვრის აუზში წყალშემცველი ჰორიზონტის ხელოვნური შევსების შემთხვევები არ ფიქსირდება.

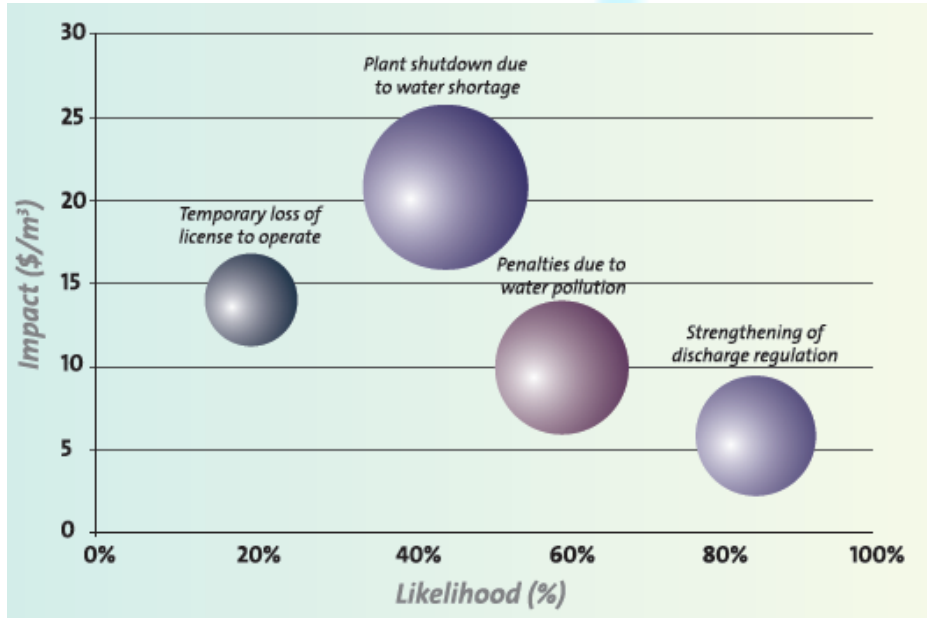
Maliva (2018) აღნიშნავს, რომ წყლის რესურსების მართვისთვის წყალშემცველი ჰორიზონტის ხელოვნური შევსების მნიშვნელობის მიუხედავად, ის ფართოდ არ არის გავრცელებული, ვინაიდან პოლიტიკის შემქმნელებისთვის ასეთი პროექტების ეკონომიკური მიზანშეწონილობის მტკიცებულებები საკმარისი არ არის. ამ მეთოდის სარგებელი დაკავშირებულია მიწისქვეშა წყლის მარაგების გაზრდასა და მათ შესაძლო გამოყენებასთან (Khan et al., 2008). გარდა ამისა, ეს ტექნოლოგია „ამცირებს მიწისქვეშა წყლების ამოტუმბვის ხარჯებს და გამორიცხავს ახალი ჭაბურღილების მოწყობის ან მათი სიღრმის გაზრდის აუცილებლობას, აღადგენს ან ინარჩუნებს (მაგ., წყაროების) გარემოსდაცვით ხარჯს, გამორიცხავს მიწის ჯდენას და მარილიანი წყლების შემოღინებას“ (Maliva, 2018). Khan et al.-მა (2008) განიხილეს ახალი სამხრეთ უელსის მარამბიჯის რეგიონის ჩამდინარე წყლების ხელოვნური შენახვისა და აღდგენის გამოცდილება და დაასკვნეს, რომ ინფილტრაციის აუზების საშუალებით წყალშემცველი ჰორიზონტის ხელოვნური შევსების სარგებელი გვაღვიან წლებში წყლის უზრუნველყოფის თვალსაზრისით გაწეულ ხარჯებს 3-7-ჯერ აღემატება (ხარჯი დაახლოებით 62-174 ავსტრალიური დოლარი/მლ-ის ტოლია). Donovan et al.-მა (2002) შეისწავლეს ლას ვეგასის წყალშემცველი ჰორიზონტის ხელოვნური შევსების პრაქტიკა და შეაფასეს მიწისქვეშა წყლების ადვილად ხელმისაწვდომობით მიღებული მხოლოდ კერძო სარგებელი (თავიდან აცილებული ხარჯები). კერძოდ, ელექტროენერგიის დანაზოგმა წყლის ერთჯერად ამოღებაზე 5 აშშ დოლარი/წელი (დაახლოებით 0.4 ცენტი/მ³) შეადგინა, ხოლო ჭაბურღილის სიღრმის გაზრდის საჭიროების თავიდან აცილებით 2.2 ცენტი/მ³ დაიზოგა. თითო ჭაზე მიღებული წმინდა სარგებელი წელიწადში დაახლოებით 700 აშშ დოლარს შეადგენს. Damigos et al. (2017) კვლევის თანახმად, წყალშემცველი ჰორიზონტის ხელოვნური შევსების პრაქტიკა სათანადოდ არ გამოიყენება.

5. მრეწველობა

ევროპასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში მრეწველობა მტკნარი წყლის სიდიდით მეორე მომხმარებელია (UNIDO, 2007). OECD-ის (2012) პროგნოზით, 2000 წლიდან 2050 წლამდე მსოფლიო მასშტაბით მრეწველობის დარგების წყალზე მოთხოვნილება 400%-ით გაიზრდება. წყლის დეფიციტი სერიოზულ უარყოფით ზემოქმედებას მოახდენს მრეწველობის ცალკეულ მნიშვნელოვან დარგებზე (UNESCO, 2016). Veolia-მ (2014) შეისწავლა

წყლის დეფიციტის შედეგად სამრეწველო ობიექტების მოსალოდნელი საექსპლუატაციო რისკები. მისი შეფასებით, მოსალოდნელი ხარჯი 40%-ზე მეტი ალბათობით 15 აშშ დოლარი/მ³ იქნება (იხ. ნახ. 8).

ნახ. 8 – წყლის დეფიციტის ზემოქმედება სამრეწველო საქმიანობაზე



წყარო: Veolia, EpE (2018)

წყალი სხვადასხვა დარგებში, სხვადასხვა საწარმოო პროცესებში და სხვადასხვა დანიშნულებით გამოიყენება, იხ. ცხრილი 10.

ცხრილი 10 – წყლის გამოყენება სამრეწველო დარგებში

დანიშნულება	სამრეწველო დარგი	შენიშვნა
ელექტროენერგიის გამომუშავება	ჰიდროენერგეტიკა	გამოიყენება სხვა დანიშნულებითაც ისეთ დარგებში, როგორიცაა, მაგალითად, სოფლის მეურნეობა, წყალდიდობებისგან დაცვა და წყლის მარაგის უზრუნველყოფა
გასაგრილებელი წყალი	თბოენერგეტიკა	უდიდესი სამრეწველო წყალმოსარგებლე
ტექნიკური წყალი	სხვადასხვა	ორთქლი გამოიყენება ენერგიის გამოსამუშავებლად ან ქიმიური რეაქტივებისთვის
პროდუქტებისთვის საჭირო წყალი	საკვები, ფარმაცევტული პროდუქცია და სასმელები	წყალი შედის საბოლოო პროდუქტებში
სარეცხი წყალი	მანქანათმშენებლობა და საფეიქრო დარგი	გარეცხვა და საწარმოო პროცესების ნარჩენების მოშორება

წყარო: UNIDO (2007)

ცხრილი 11-ში წარმოდგენილია წყლის ეფექტიანად გამოყენების ზომების განხორციელების შედეგად მოსალოდნელი დანაზოგი. ცხრილში წარმოდგენილი

მაჩვენებლები შეესაბამება WRAP-ის (2005) შედეგებს, რომლის თანახმადაც ასეთი ზომების განხორციელებით შესაძლებელია წყლის მოხმარების 20-50%-ით შემცირება.

ცხრილი 11 – მრეწველობაში წყლის დაზოგვის შესაძლებლობები

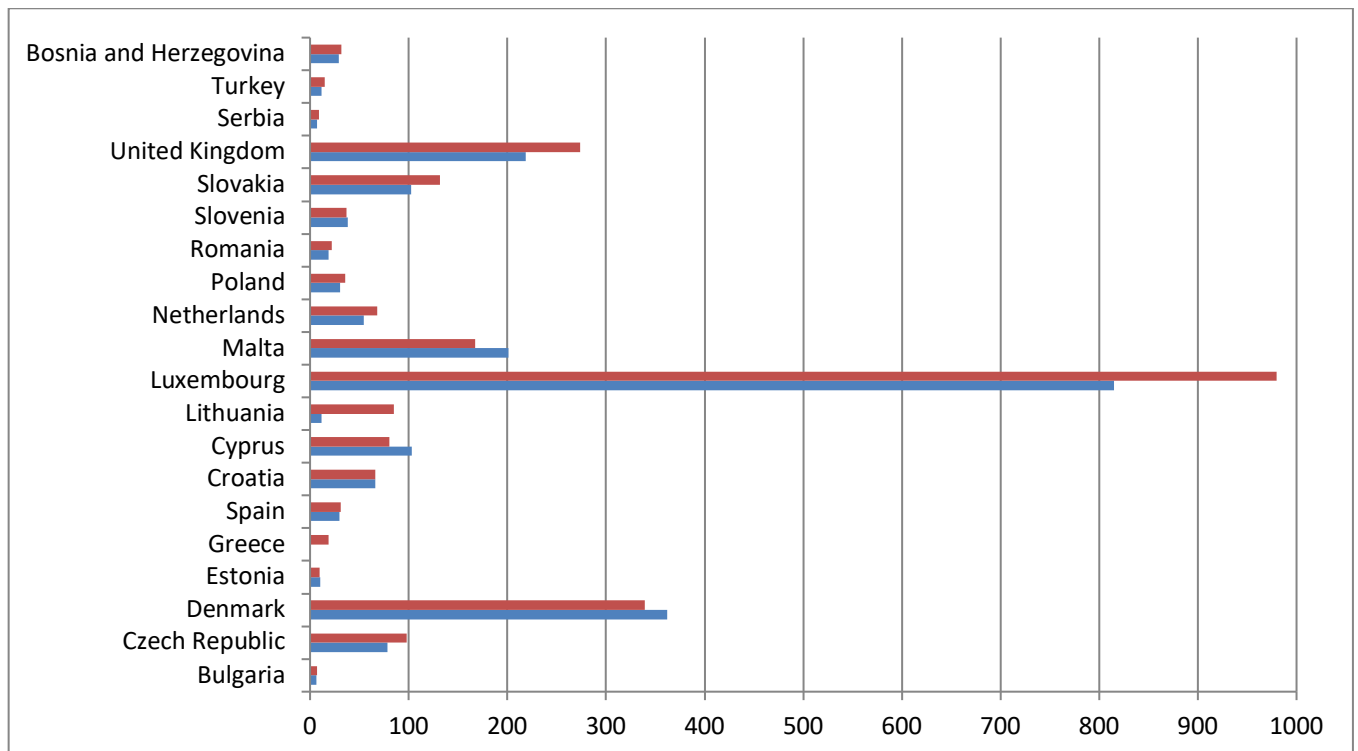
წყლის ეფექტიანად გამოყენების ზომები	შესაძლო დანაზოგი (%)
ხელახალი გამოყენება ჩაკეტილ ციკლში	~ 90%
რეციკლირება გაწმენდილ ჩაკეტილ ციკლში	~ 60%
სარქველების ავტომატურად ჩაკეტვა	~ 15%
ნაკადის საწინააღმდეგოდ რეცხვა	~ 40%
წნევის გაზრდა, მოცულობის შემცირება	~ 20%
ნარეცხი წყლის ხელახალი გამოყენება	~ 50%

წყარო: Afed, n.d.¹³, გვ. 39, ცხრილი 3.1

სამრეწველო პროცესებში წყლის მოხმარების ეფექტიანობის გაზრდა მეტი რაოდენობის პროდუქციის მიღებას უზრუნველყოფს 1 მ³ წყლის გამოყენებით. საწარმოო პროცესების შესაფასებლად გამოიყენება წყლის პროდუქტიულობა, ანუ 1 მ³ მტკნარი წყლის გამოყენებით წარმოებული პროდუქციის რაოდენობა. ეს არის „აღებული წყლის რაოდენობის მაჩვენებლის (მ³ ან მ³ ერთ სულ მოსახლეზე) და იმ სამრეწველო პროცესით მიღებული პროდუქციის მაჩვენებლის თანაფარდობა, რომელიც წყლის გამოყენებით ხორციელდება“ (UNIDO, 2007: 14). ევროპის ქვეყნებში წყლის პროდუქტიულობის მაჩვენებლებს Eurostat-ი აქვეყნებს, ხოლო ამავე მაჩვენებლებს მსოფლიოს შერჩეული ქვეყნებისთვის - მსოფლიო ბანკი. ნახ. 9-ზე წარმოდგენილია რამდენიმე ევროპული ქვეყნის წყლის პროდუქტიულობის მაჩვენებელი: ლუქსემბურგს და დანიას აქვთ ყველაზე მაღალი მაჩვენებლები - დაახლოებით 1,000 და 340 ევრო/მ³ შესაბამისად. ყველაზე დაბალი მაჩვენებლებით გამოირჩევა ბულგარეთი და სერბეთი - შესაბამისად 7.3 და 7.4 ევრო/მ³. 2004-2014 წლებში ყველა ქვეყანამ, დანიის, კვიპროსისა და მალტის გამოკლებით (რომლებიც საწარმოო წყალს ისედაც ძალიან ეფექტიანად იყენებდნენ) საკუთარი მაჩვენებელი გააუმჯობესა.

¹³ http://www.afedonline.org/water%20efficiency%20manual/PDF/4Chapter%203_Industry.pdf

ნახ. 9 – საწარმოო წყლის პროდუქტიულობა (ევრო/მ³) 2004 და 2014 წლებში.



წყარო: მომზადებულია Eurostat-ის მონაცემების საფუძველზე¹⁴

ეს ინდიკატორი ასახავს წყლის ეფექტიანად გამოყენების ზომების განხორციელებით მიღებულ მხოლოდ კერძო სარგებელს. კომპანიის დონეზე წყლის გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლება იძლევა ისეთ სარგებელს, როგორიცაა ელექტროენერგიის, გაზის, ქიმიური ნივთიერებებისა და ჩამდინარე წყლის მართვის ხარჯების შემცირება (EPA, 2000), თუმცა მას ასევე აქვს უარყოფითი მხარეები. კერძოდ, წყალმომხმარებლის შემცირებით იზრდება ჩამდინარე წყალში დამბინძურებლების კონცენტრაცია. საზოგადოების დონეზე წყლის ეფექტიან გამოყენებას მნიშვნელოვანი გარემოსდაცვითი, ადამიანის ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული და ეკონომიკური სარგებელი მოაქვს სასმელი წყლის რესურსების დაცვის, წყლის ხარისხის გაუმჯობესებისა და წყლის ეკოსისტემების შენარჩუნების თვალსაზრისით.

მდინარე მტკვრის აუზისთვის ანალოგიური მაჩვენებლები არ არსებობს.

წყალდამზოგავი მოწყობილობების დაყენება

ცხრილი 12-ში წარმოდგენილია ის ძირითადი ზომები, რომლებიც შეიძლება განხორციელდეს კომპანიის დონეზე წყლის გამოყენების ეფექტიანობის გასაზრდელად. ზოგიერთი ზომა ითვალისწინებს საწარმოო პროცესების თანმიმდევრობის სრულყოფას ან წყალთან დაკავშირებული პროცედურების ჩართვას ცალკეულ პროცესებში, თუმცა, უმეტეს შემთხვევაში აუცილებელია ძირითადი საწარმოო პროცესების ან ტექნიკისა და

¹⁴ http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/t2020_rd210

აღჭურვილობის შეცვლა. ვარიანტის შერჩევა დამოკიდებულია საწარმოო პროცესებზე და წყლის ხარისხთან დაკავშირებულ მოთხოვნებზე.

ინფორმაცია სამრეწველო დარგში წყალდამზოგავი სტრატეგიების ხარჯებისა და სარგებლის შესახებ საკმაოდ მწირია ამ სახის ინფორმაციის კონფიდენციალური ხასიათიდან გამომდინარე (Dworak et al., 2006). აღნიშნულ კვლევაში ავტორებმა თავი მოუყარეს ევროპაში წყლის დაზოგვის მიმართულებით განხორციელებულ ღონისძიებებს თითოეულის ხარჯისა და სარგებლის მითითებით. ღონისძიებების უმეტესობის ხარჯების უკუგების პერიოდი 2 წელზე ნაკლებია. გამონაკლისს წარმოადგენს წარმოების ჩაკეტილი ციკლის დანერგვა, რომლის შემთხვევაშიც უკუგების პერიოდი უფრო ხანგრძლივია. მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში წყალდამზოგავი ღონისძიებების განხორციელების ცალკეული მაგალითები და მათი ფინანსური სარგებელი წარმოდგენილია UNIDO-ს ვებ-გვერდზე¹⁵.

ცხრილი 12 – წყალდამზოგავი ღონისძიებები მრეწველობაში

ღონისძიების სახეობა	შენიშვნა	კონკრეტული ზომები
ზოგადი მართვის პრაქტიკა	საჭიროა მენეჯმენტის ნება	- მისიის განსაზღვრა და გეგმის მომზადება - წყალდამზოგავი ღონისძიებების შესახებ თანამშრომლებს ინფორმირება და მათი ჩართვა ამ ღონისძიებების განხორციელებაში - ქიმიური საშუალებების მომწოდებლების და მომსახურების კონტრაქტორების (გაგრილების კომპი, სამრეცხაო, ჭურჭლის სამრეცხაო, ეზოს მოვლა) ინფორმირება წყლის ეფექტიანად გამოყენების მნიშვნელობის შესახებ
მოწყობილობების შეცვლა	წყალმომარაგების, წყალარინებისა და ელექტროენერგიის გადასახადების მნიშვნელოვნად შემცირება	- წყალდამზოგავი უნიტაზების დამონტაჟება, ან არსებულ უნიტაზებზე წყალდამზოგავი მოწყობილობების დაყენება - ონკანებზე წყლის ნაკადის აერატორების და გამფრქვევების დაყენება - ონკანებზე ფილტრების დაყენება; გამასხურებლების თავების რეგულარულად შემოწმება - მსხვილი შლანგების ჩანაცვლება მაღალწნევიანი და მცირე დიამეტრის მქონე საწმენდი სისტემებით - დანადგარებისა და აღჭურვილობის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში მათი ჩანაცვლება წყალდამზოგავი მოდელებით. - შლანგების აღჭურვა ზამბარიანი ჩამკეტი თავებით
საექსპლუატაციო და ტექნიკური მომსახურების პროცედურები	ზოგადად, დაბალი საინვესტიციო ხარჯი. აუცილებელია ქვევის ცვლილება	- წყლის დანაკარგების აღმოჩენა და შეკეთება. - ისეთი ჩამდინარე წყლების ინდეტიფიცირება, რომელიც შეიძლება ხელახლა იქნეს გამოყენებული, ჩამდინარე წყლის ხელახალი გამოყენების პრაქტიკის დანერგვა. ამ სახის ჩამდინარე წყლების მაგალითებია: - ცისტერნების, სარეცხი დანადგარები, ფერმენტატორების რეცხვის ციკლის ბოლო ეტაპის ჩამდინარე წყალი

¹⁵ <https://www.unido.org/resources/publications/safeguarding-environment/water-management>

		- ბოთლებისა და ქილების ჩალბობის და გავლების შედეგად წარმოქმნილი ჩამდინარე წყალი - გამაგრებლების ჩარეცხვისა და ფილტრების უკურეცხვის შედეგად წარმოქმნილი ჩამდინარე წყალი - პასტერიზაციისა და სტერილიზაციისთვის გამოყენებული წყალი - რეცხვის ციკლის ბოლო ეტაპის ჩამდინარე წყალი - საქვების ორთქლის წყალი - მაცივრების ყინულის გადნობის შედეგად წარმოქმნილი ჩამდინარე წყალი - იატაკისა და წყალსადინარი ღარების რეცხვის შედეგად წარმოქმნილი ჩამდინარე წყალი
ტერიტორიის რწყვა	გვალვების დროს ტერიტორიის რწყვა შეიძლება შეიზღუდოს	- სარწყავ სისტემაში წყლის დანაკარგების აღმოჩენა და შეკეთება - სარწყავად სათანადოდ გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების გამოყენება შესაძლებლობიდან გამომდინარე - გაზონის ან ბალის მორწყვა დღის ყველაზე გრილ დროს (საუკეთესო შემთხვევაში დილით ადრე). არ უნდა მოირწყას ქარიან ამინდში. - ხეებისა და ბუჩქების მორწყვა წყალზე მათი მოთხოვნილების შესაბამისად - ეფექტიანი სარწყავი სისტემების მოწყობა. საშუალო მოწყობილობების დაყენება ისე, რომ მოირწყას მხოლოდ გაზონი ან ბალი და არა გზა ან ტროტუარი - ისეთი სასუქების გამოყენების შემცირება ან საერთოდ აკრძალვა, რომელიც ხელს უწყობს ზრდას და შესაბამისად ზრდის წყალზე მოთხოვნილებას
ღია სივრცეში წყლის სხვა მიზნით გამოყენება	გვალვების დროს სამუშაოების შეწყვეტა	- მოპირკეთებული ზედაპირების დაგვა მათი წყლით გარეცხვის ნაცვლად - შლანგიდან წყლის ჭავლის კონტროლი ავტომატური ჩამკეტი თავების საშუალებით - ავტომატების ნაკლები სიხშირით რეცხვა. ისეთი სამრეცხაოს მომსახურებით სარგებლობა, რომელიც ახდენს წყლის რეციკლირებას - წყლის არგამოყენება დეკორატიული მიზნით, გარდა იმ შემთხვევებისა, როდესაც პროცესში წყლის რეციკლირება ხდება

წყარო: ადაპტირებულია EPA-დან (2000)

Alliance for Water Efficiency-ის 2012 წლის ანგარიშში შესწავლილია აშშ-ს დიდი ტბების რეგიონში მდებარე ხუთი სამრეწველო რაიონის (სადაც წარმოდგენილია ლუდის სახარში, ლითონით დაფარვის, პლასტმასის წარმოების, ტყავის დამუშავებისა და სხვა საწარმოები) წყლის დაზოგვის პოტენციალი. ანგარიშის თანახმად, 20 წლიან პერიოდში დანაზოგი თითქმის 4 მილიონ აშშ დოლარს შეადგენს.

წყლის ხელახალი გამოყენება

უკანასკნელ წლებში წყლის მართვის სტრატეგიების ყურადღება წყლის მოხმარების შემცირებიდან ცირკულარული ეკონომიკის მიდგომაზე გადავიდა. მდგრადი განვითარებისათვის მსოფლიო ბიზნეს საბჭომ (WBCSD) შეიმუშავა 5R მიდგომა (შემცირება,

ხელახალი გამოყენება, რეციკლირება, აღდგენა და განახლება)¹⁶ საწარმოო პროცესებში რისკებზე დაფუძნებული სტრატეგიის საშუალებით წყლის დეფიციტის პრობლემის გადასაწყვეტად.

ჩამდინარე წყლების რეციკლირება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მრეწველობის იმ დარგებში, რომლებიც დიდი რაოდენობით წყალს მოიხმარენ. ესენია, მაგალითად, ლითონის, ქაღალდისა და პლასტმასის წარმოება (Rebhun and Gideon, 1988). წყლის ხელახალი გამოყენება ასევე მნიშვნელოვანია სამთო-მოპოვებითი წარმოებისთვისაც, სადაც წყალი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს რიგ სამუშაოებში, როგორცაა წიაღისეულის დამუშავება, მტვრის რაოდენობის შემცირება, შლამის მოცილება და გაგრილება. დიდი რაოდენობით წყლის ამოღება ხდება საბადოების ამოშრობის შედეგად. წყალი ასევე წარმოადგენს წიაღისეულის მოპოვების თანმდევ პროდუქტს. ასეთი წყალი შეიძლება შეიცავდეს მჟავებს, ლითონების დიდ რაოდენობას ან სხვა დამბინძურებლებს.

ბუნებრივი გარემოდან აღებული წყლის რაოდენობის შემცირების გარდა, საწარმოო პროცესებში წყლის ხელახლა გამოყენებას სხვა დადებითი მხარეებიც აქვს, როგორცაა წყლის გადასახადის შემცირება და თანმდევი პროდუქტების ხელახალი გამოყენება, ან დამხმარე მომსახურების ობიექტების გაზიარება. გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით, წყლის ხელახალი გამოყენება ამცირებს დაბინძურებით გამოწვეულ ზემოქმედებას, რადგან ამ შემთხვევაში არ ხდება ჩამდინარე წყლების პირდაპირ გარემოში ჩაშვება. გარდა ამისა, ხელახალი გამოყენებას ამცირებს თერმული ენერგიის მოხმარებას და დამუშავების ხარჯებს. ხელახლა გამოსაყენებელი წყლის მიღება შესაძლებელია როგორც შიდა (მაგ., საწარმოო წყლები), ასევე გარე წყაროებიდან (მაგ., ჩამდინარე წყლები). წყლის ხელახლა გამოყენება შესაძლებელია მისი გაწმენდის შემდეგ, ან გაწმენდის გარეშე იმ შემთხვევაში, როდესაც საწარმოო პროცესი (მაგ., გაგრილება ან გაცხელება) არ ცვლის წყლის მახასიათებლებს. წყლის გაწმენდის დონეს განაპირობებს ხელახალი გამოყენებისთვის საჭირო წყლის ხარისხი და ის საწარმოო პროცესი, რომლის შედეგადაც ეს ჩამდინარე წყალი წარმოიქმნება.

-ში მოცემულია ძირითადი საწარმოო პროცესების შედეგად წარმოქმნილი დაბინძურება.

საწარმოო მიზნით წყლის ხელახალი გამოყენებისთვის ჩამდინარე წყლების გაწმენდა შესაძლებელია რამდენიმე სახის დეცენტრალიზებული მეთოდით, მათ შორისაა როგორც მარტივი სისტემები (მაგ., სალექარი გუბურები, ხელოვნური ჭარბტენიანი ტერიტორიები და ქვიშისა და ხრეშის ფილტრები), ასევე უფრო ანაერობულ დაშლაზე დამყარებული მოწინავე ტექნოლოგიები (მაგ., ტიხრებიანი ანაერობული რეაქტორები, ბიოგაზის სალექარები და ანაერობული დანადგარები) და გაწმენდის სხვა მეთოდები, როგორცაა მემბრანული ფილტრაცია, აქტივირებული ნახშირი, დაჟანგვის პროცესები, და სხვ. (Ranade and Bandhari, 2014).

წყლის ხელახალი გამოყენება შესაძლებელია როგორც ერთი საწარმოს, აგრეთვე ახლომდებარე სხვადასხვა სამრეწველო ობიექტების ფარგლებშიც (Bruni, 2012). მეორე შემთხვევა, რომელსაც საწარმოო სიმბიოზი ეწოდება (SSWM, n.d.), სამი სახით გვხვდება:

¹⁶ <https://www.wbcsd.org/Clusters/Water/Resources/spotlight-on-reduce-reuse-and-recycle>

თანმდევი პროდუქტების ან საწარმოო წყლების გაცვლა-გამოცვლა, საერთო გამწმენდი ნაგებობების ან დამხმარე ობიექტების გამოყენება. საწარმოო პროცესების ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენება შესაძლებელია სხვა დარგებში, მაგ., სოფლის მეურნეობაში, ან ისეთ შემთხვევებში, სადაც შესაძლებელია დაბალი ხარისხის წყლის გამოყენება (UNIDO, 2007).

ცხრილი 13 – ძირითადი საწარმოო პროცესების შედეგად წარმოქმნილი ჩამდინარე წყლების შედგენილობა

სამრეწველო დარგი	ჩამდინარე წყლების შედგენილობა
ქალაქი და მუყაო	- ქლორირებული ლიგნოსულფონური მჟავები, ქლორირებული ფისის მჟავები, ქლორირებული ფენოლები და ქლორირებული ნახშირწყალბადები - დაახლოებით 500 სხვადასხვა ქლორირებული ორგანული ნაერთი - შეფერილი ნაერთები და აბსორბირებადი ორგანული ჰალოგენები (AOX) - დამბინძურებლები, რომლებსაც ახასიათებს ჟანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნილება და ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება, შეტივანარებული მყარი ნაწილაკები, ტოქსიკურობა და ფერი
რკინა და ფოლადი	- ამიაკისა და ციანიდის შემცველი გასაგრილებელი წყალი - გაზიფიკაციის პროდუქტები - ბენზოლი, ნაფტალინი, ანტრაცენი, ციანინი, ამიაკი, ფენოლები, კრეზოლები და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები - ჰიდრაულიკური ზეთები, ცხიმები და მყარი ნაწილაკები - მჟავა ნარეცხი წყლები და ნარჩენი მჟავები (ჰიდროქლორიდები და გოგირდის მჟავები)
საბადოები და კარიერები	- ქანების ნაწილაკების შლამი - ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, - ზეთები და ჰიდრაულიკური ზეთები - არასასურველი წიაღისეული, მაგ., დარიშხანი - წვრილმარცვლოვანი შლამი
კვების მრეწველობა	- ჟანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნილების და შეტივანარებული მყარი ნაწილაკების კონცენტრაციის მაღალი დონე - ჟანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნილების და pH-ის ცვალებადი დონე ბოსტნულის, ხილის, ხორცისა და სეზონის შესაბამისად - ხორცი - ორგანული ნივთიერებები, ანტიბიოტიკები, ზრდის ჰორმონები, პესტიციდები და ინსექტიციდები - პროდუქციის დამზადება - მცენარეული მასალა, მარილი, სანელებლები, საღებავები, მჟავები, ტუტეები, ზეთი და ცხიმი
ლუდის წარმოება	- ჟანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნილება, ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება, შეტივანარებული მყარი ნაწილაკები, აზოტი, ფოსფორი - განსხვავდება პროცესების მიხედვით - ცვალებადი pH მჟავა და ტუტე გამწმენდი საშუალებების შედეგად - მაღალი ტემპერატურა
რძის პროდუქტების წარმოება	- გახსნილი შაქარი, პროტეინები, ცხიმისა და დანამატების ნარჩენები - ჟანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნილება, ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება, შეტივანარებული მყარი ნაწილაკები,
ორგანული ქიმიური წარმოება	- პესტიციდები, ფარმაცევტული ნარჩენები, საღებავები, პეტროქიმიური ნივთიერებები, სარეცხი საშუალებები, პლასტიკი - ნედლეულის ნარჩენები, თანმდევი პროდუქტები, საბოლოო ნაწარმი წვრილმარცვლოვანი ან ხსნადი ფორმით, სარეცხი და საწმენდი საშუალებები, გამხსნელები და ისეთი გვერდითი პროდუქტები, როგორიცაა პლასტიფიკატორი
საფეიქრო წარმოება	- ჟანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნილება, ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება, ლითონები, შეტივანარებული მყარი ნაწილაკები, შარდოვანა, მარილი, სულფიდები, H₂O₂, NaOH - დეჰიდრატიკონები, ბიოციდები, ინსექტიციდების ნარჩენები, სარეცხი საშუალებები, ზეთები, დანადგარების საპოხი ზეთები, პროდუქციის საპოხი ზეთები, გამოყენებული გამხსნელები, ანტისტატიკური ნაერთები, სტაბილიზატორები, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, ორგანული დანამატები, კათიონური მასალები, საღებავები - მაღალი მჟავიანობა ან ტუტეიანობა - მაღალი ტემპერატურა, ქაფი - ტოქსიკური მასალები, რეცხვის პროცესების ნარჩენები

წყარო: WWAP, 2017 (ცხრილი 6.4, გვ. 63)

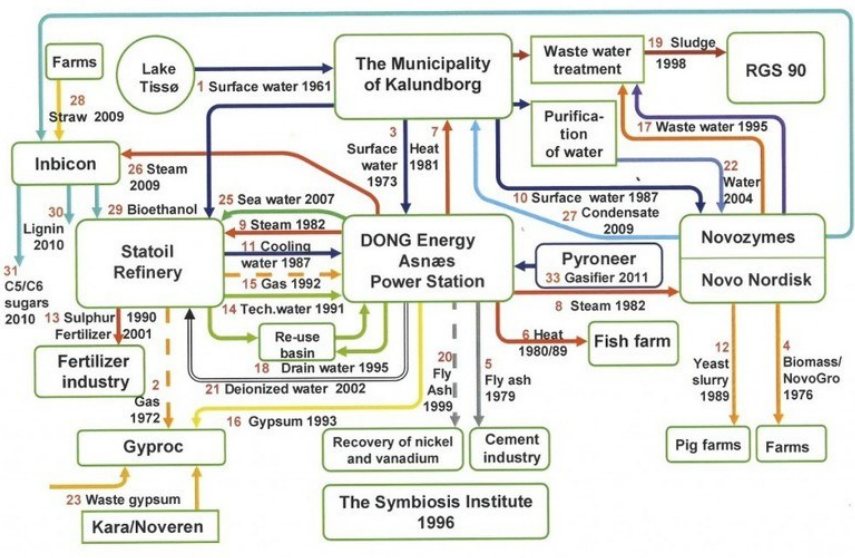
საწარმოო სიმბიოზებს შორის ერთ-ერთ ყველაზე კარგად აღწერილ მაგალითს კალუნდბორგის საწარმოო სიმბიოზი¹⁷ წარმოადგენს, რომელიც თავდაპირველად

¹⁷ <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/effective-industrial-symbiosis>

წყალმომარაგების მიზნით ადგილობრივ მუნიციპალიტეტსა და ენერგოკომპანიას შორის ჩამოყალიბდა, ხოლო მოგვიანებით, წყლის, ენერგიისა და თანმდევი პროდუქტების გაცვლა-გამოცვლის მიზნით, მასში 30 სუბიექტი ჩაერთო. სიმბიოზში ჩართულნი არიან ფერმერებიც, როგორც სასუქებისა და ნარჩენი სითბოს შემსყიდველები (იხ. ნახ. 10). კომპანიებს შორის თანამშრომლობა საერთო სარგებელში აისახა. თანამშრომლობის მთავარი შედეგებია¹⁸:

- წყლის რეციკლირებითა და ხელახალი გამოყენებით წელიწადში 3 მილიონი კუბური მეტრი წყალი იზოგება
- 150,000 ტონა საფუარი ანაცვლებს 800,000-ზე მეტ ღორის ტრადიციულ საკვებში შემავალ სოიოს ცილის 70%-ს.

ნახ. 10 – კალუნდბორგის საწარმოო სიმბიოზი



წყარო: ელენ მაკარტურის ფონდი

საწარმოო ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენების ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან დამატებით სარგებელს ენერგიის გამომუშავება წარმოადგენს. ჩამდინარე წყლის გაწმენდის შედეგად წარმოქმნილი ლექი ბიოენერგიის წარმოების განახლებადი წყაროა (თავი 6, Ranade and Bandhari, 2014). ჩამდინარე წყლების გადამუშავების შედეგად შესაძლებელია ბიოწყალბადის, ბიოელექტროენერგიის, წყალმცენარეების ბიოდიზელისა და ბიოლპასტიკის მიღება. ამ ტექნოლოგიების ათვისების შედეგად შესაძლებელი იქნება შესაბამისი სარგებლის მიღება. WWAP-ის (2017: 64) თანახმად, საწარმოო ჩამდინარე წყლების გადამუშავების ტექნოლოგიების ბაზარი 2020 წლისთვის 50%-ით გაიზრდება.

აღნიშნული ტექნოლოგიების დანერგვის ხელშემშლელ ფაქტორს მათი როგორც მაღალი საინვესტიციო (ტექნიკური პროექტის მომზადება და მართვა, დანადგარების შეძენა და მონტაჟი), ასევე მაღალი საექსპლუატაციო (პერსონალის სწავლება, ნარჩენების მართვა და მონიტორინგი) წარმოადგენს. თუ ცალკეული ღონისძიებების განხორციელება

¹⁸ www.symbiosis.dk/en/

მინიმალური დანახარჯებით არის შესაძლებელი და მათ უკუგების ხანმოკლე პერიოდები აქვთ, სხვა ღონისძიებები სერიოზულ ინვესტიციებს მოითხოვენ. ბევრ შემთხვევაში კერძო კომპანიებს წყლის დამზოგავი ინიციატივების განხორციელებაში მთავრობის ხელშეწყობა სჭირდებათ, მაგალითად, გაერთიანებულ სამეფოში Enhanced Capital Allowance (ECA) სქემა ბიზნესებს ინვესტიციის განხორციელების პირველ წელს შესაბამის ტექნოლოგიებსა და პროდუქტებში გაკეთებული ინვესტიციების 100%-ს გადასახადისგან ათავისუფლებს (WRAP, 2005). წყალდამზოგავი მოწყობილობების დაყენებით კომპანიას უმცირდება ელექტროენერგიის გადასახადი ტუმბოების მუშაობის, წყლის გაცხელებისა და გაგრილების სიხშირისა და ინტენსივობის შემცირების შედეგად.

საწარმოო წყლების ხელახალი გამოყენების სარგებლის მონეტარული შეფასება ლიტერატურაში არ იძებნება.

6. ენერგეტიკა

ენერგეტიკა იყენებს მსოფლიო მასშტაბით მოპოვებული მტკნარი წყლის მთლიანი რაოდენობის დაახლოებით 8%-ს. ცალკეულ განვითარებულ ქვეყნებში ეს მაჩვენებელი 40%-მდე აღწევს (IRP, 2012). პროგნოზის თანახმად, 2010 წლიდან 2035 წლამდე პერიოდში ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილება ერთი მესამედით გაიზრდება, რაც წყალზე მოთხოვნილებას ორი მესამედით გაზრდის (IEA, 2012).

აქედან გამომდინარე, წყლის ეფექტიანი მართვა ენერგეტიკული კომპანიებისთვის განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ელექტროენერგიის გაზრდილი მოთხოვნილების წყლის რესურსებზე ზემოქმედების მინიმუმამდე შემცირების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით.

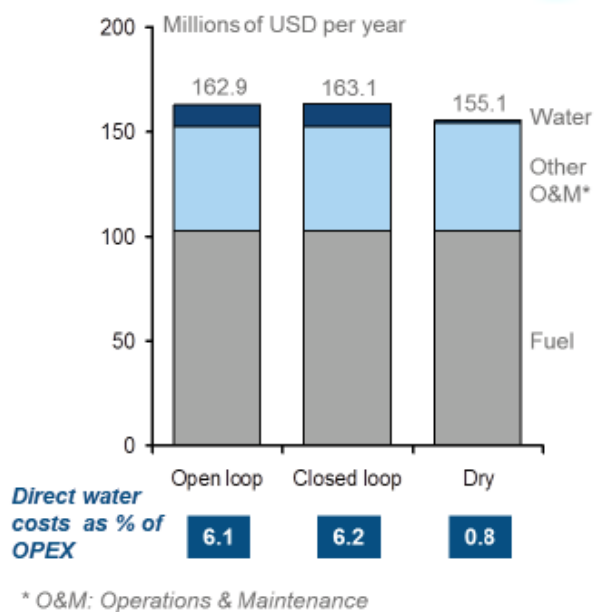
გაგრილების კოშკის ეფექტიანობის ამაღლება

წყლის ხელახალი გამოყენება ენერგეტიკაში ფართოდ გავრცელებული პრაქტიკაა. კერძოდ, ამ დარგში წყლის ხელახლა გამოყენება გაგრილების მიზნით ხდება. გაგრილების კოშკში წყლის რეციკლირება კონდენსირების საშუალებით ხორციელდება. თუმცა, კოშკში აორთქლების შედეგად წყლის გარკვეული ნაწილი იკარგება და საჭიროა დანაკარგის მტკნარი წყლით შევსება. გაგრილების კოშკების ეფექტიანობა იზომება კონცენტრაციის კოეფიციენტით, რომელიც აღნიშნავს მტკნარი წყლის დამატების სიხშირეს. გაგრილების კოშკების ეფექტიანობა ზოგადად 3-10-ის ფარგლებშია. 3 აღნიშნავს მინიმალურ ეფექტიანობას, ხოლო 10 - მაღალ ეფექტიანობას (EDF, 2013). გაგრილების კოშკის ეფექტიანობის გაზრდა შესაძლებელია გარკვეული ქიმიური საშუალებების დამატებით, რომლებიც გაზრდიან კალციუმის მარილების ხსნადობას, შეამცირებენ კოროზიას, ნალექს და ისეთი მიკრობიოლოგიური ორგანიზმების ზრდას, როგორიცაა წყალმცენარეები, ბაქტერიები, და სხვ.

Kablouti-ის (2015) თანახმად, მსოფლიო მასშტაბით ენერგიის გამომუშავების ობიექტების დაახლოებით 90% ბევრ წყალს მოიხმარს. წყლის არსებული ფასიდან გამომდინარე, ბევრ

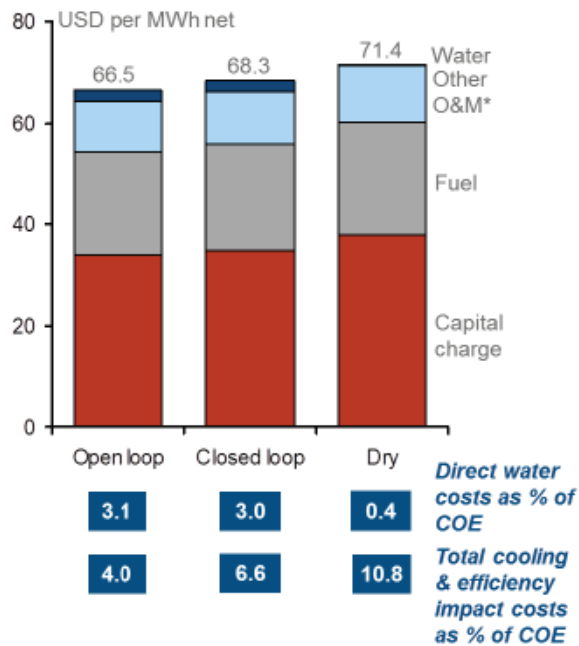
რეგიონში ჩაკეტილი ციკლიდან მშრალ გაგრილებაზე გადასვლა მოკლე და საშუალო ვადებში მოსალოდნელი არ არის. მშრალი სისტემები ტრადიციულ სისტემებთან შედარებით ნაკლები საექსპლუატაციო და ტექნიკური მომსახურების ხარჯებით ხასიათდება (ნახ. 11), თუმცა მაღალი საინვესტიციო ხარჯებისა და საწვავის მაღალი ფასის გამო ეს ტექნოლოგია კერძო ინვესტორებისათვის მიმზიდველი არ არის. გაგრილების მშრალი სისტემების გამოყენებით ელექტროენერგიის გამომუშავების ხარჯი, ალტერნატიულ ტექნოლოგიებთან შედარებით, უფრო მაღალია (იხ. ნახ. 12). გაგრილების მშრალი სისტემები უფრო მეტად გავრცელებულია აშშ-სა და ჩინეთში, სადაც ამ ტექნოლოგიების დანერგვას ხელი მარეგულირებელმა წნეხმა და წყლის რესურსების სიმცირემ შეუწყო.

ნახ. 11 – გაგრილების ტექნოლოგიების წლიური საექსპლუატაციო ხარჯი



წყარო: Kablouti, 2015

ნახ. 12 – ელექტროენერგიის გამომუშავების ხარჯები გაგრილების ტექნოლოგიების მიხედვით



წყარო: Kablouti, 2015

უნდა აღინიშნოს, რომ წყალდამზოგავ ტექნოლოგიებზე გადასვლა უპირობოდ არ ნიშნავს იმას, რომ წყლის მოხმარება ენერგეტიკის სფეროში შემცირდება. IRENA and WRI-ის (2018) უკანასკნელ კვლევაში აღნიშნულია, რომ ინდოეთში ერთჯერადი გაგრილების სისტემებიდან რეცირკულირებად სისტემებზე გადასვლა მნიშვნელოვნად შეამცირებს წყალაღებას, თუმცა გაზრდის წყლის აბსოლუტურ მოხმარებას (წყლის გამოყენების ინტენსივობის გაუმჯობესების მიუხედავად, რომელიც 2014 წელს 2.09 მ³/მგვტ.სთ იყო, ხოლო 2030 წელს 1.57-1.92 მ³/მგვტ.სთ იქნება). ანალოგიური დასკვნები აქვთ Lin and Chen-ს (2018) ჩინეთის შემთხვევაში და NETL Water-Energy Program-ს¹⁹ აშშ-ს შემთხვევაში.

სითბოს ხელახალი გამოყენება ელექტროსადგურებში

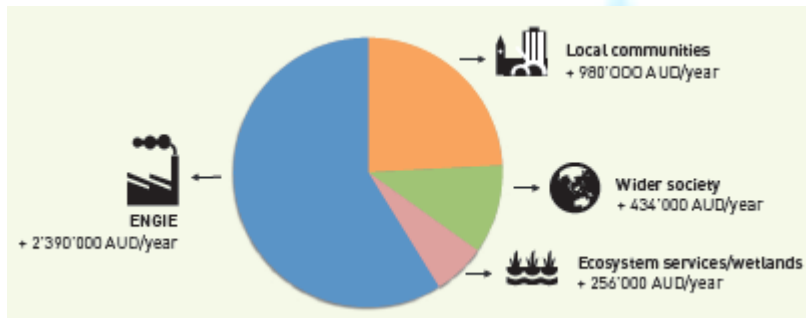
კოგენერაციული (ან სითბოს და ელექტროენერგიის კომბინირებული გენერაცია, CHP) სადგურები ერთდროულად გამოიმუშავებენ ელექტროენერგიას და სითბოს. ისინი უფრო ეფექტიანია, ვიდრე ტრადიციული ელექტროსადგურები, ვინაიდან ასეთ სადგურებში გამოიყენება ელექტროენერგიის გამომუშავების დროს წარმოქმნილი სითბო და იზოგება გაგრილებისთვის საჭირო წყალი.

ერთ-ერთი კოგენერაციული სადგური, რომლის ეკონომიკური სარგებელიც ფულად მაჩვენებლებშია გამოსახული, არის ავსტრალიაში მდებარე კვინანას სადგური. ელექტროსადგური მუშაობს ბუნებრივ გაზზე და აწარმოებს სითბოს და ელექტროენერგიას. გაზის ტურბინების გამონაბოლქვის სითბო გამოიყენება ორთქლის ტურბინის ასამუშავებლად, რაც სადგურის ეფექტიანობას ზრდის. წყლის რეციკლირების ამ მეთოდით დღეში დაახლოებით 4,000 მ³ წყალი იზოგება. ერთ ერთეულზე გათვლილი

19

სარგებელი 3.27 ავსტრალიური დოლარი/მ³ -ს შეადგენს (ყველა დაინტერესებული მხარის გათვალისწინებით). მთლიანი სარგებელი გამოსახულია ნახ. 13-ზე.

ნახ. 13 – ENGIE-ის კოგენერაციული სადგურის წყალდამზოგავი პროექტის მთლიანი სარგებელი



წყარო: EpE (2018), გვერდი 77

გარდა ამისა, გაგრილების კოშკებში წყლის გამოყენების ეფექტიანობის გაზრდა შესაძლოა დაკავშირებული იყოს გარემოსდაცვითი ზემოქმედებასთან, რომელიც ინტეგრირებული მიდგომით უნდა მოგვარდეს. აშშ-ში წყლის გასაგრილებლად ჭარბტენიანი ტერიტორიების აღდგენის პილოტური პროექტი იქნა გამოყენებული. მტკნარი წყლის ნაცვლად შესაძლებელია მარილიანი წყლის, გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების ან კარიერების წყლის გამოყენება. ერთჯერადი გაგრილების სისტემებში ჭარბტენიანი ტერიტორიები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მდინარეში ჩაშვებამდე ცხელი წყლის გასაგრილებლად. გაგრილების ცირკულირებად სისტემებში ჭარბტენიანი ტერიტორიები ასრულებენ ბუფერის როლს და აუმჯობესებენ წყლის ხარისხს. პროექტი ეხებოდა გასაგრილებელი წყლის რეცირკულაციის ჩაკეტილ სისტემას, რომელმაც გამოიწვია კარბონატების, სულფატების, ფოსფატების, კალციუმის და ნატრიუმის დონის ზრდა და შესაბამისად pH-ის 9-დან 7-მდე შემცირება და გამტარობის და ჯამური გახსნილი მყარი ნაწილაკების (TDS) მნიშვნელოვანი კლება. კვლების შედეგად გაკეთდა დასკვნა, რომლის თანახმადაც „ხელოვნურ ჭარბტენიან ტერიტორიებს შეუძლიათ შეამცირონ ენერგეტიკის მოთხოვნილება ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლების ტრადიციულ რესურსებზე“ (AES et al., 2013: 89).

ელექტროენერგეტიკის ზემოქმედების შემარბილებელი ღონისძიებები

ჰიდროენერგეტიკა არის ენერგიის სუფთა, განახლებადი წყარო, რომელსაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს დაბალნახშირბადიანი ენერგეტიკის განვითარების გლობალური მიზნების მიღწევასა და შესაბამისად კლიმატის ცვლილების შედეგების შერბილებაში. ჰიდროელექტროსადგურები ასევე ამცირებენ წყალდიდობების საფრთხეს, ქმნიან წყლის მარაგებს სარწყავი და სხვა მიზნით გამოსაყენებლად და ქვედა ბიეფში უზრუნველყოფენ მდინარის სტაბილურ ხარჯს.

ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა და ექსპლუატაცია გარემოსდაცვით ზემოქმედებებს იწვევს. ოთხმოციანი წლების დასაწყისიდან, საინჟინრო სამუშაოების მდინარეების ეკოლოგიაზე ზემოქმედების დასადგენად, ინტენსიურად მიმდინარეობს კამპიებსა და ზემოქმედების ქვეშ მოქცეულ ეკოსისტემებს შორის არსებული რთული ურთიერთდამოკიდებულების შესწავლა. Goodwin et al. (2006) გარემოსდაცვით ზემოქმედებებს მათი გამოვლინების ადგილის მიხედვით აჯგუფებს:

- ზემოქმედება ქვედა დინებაში: მორფოლოგიური ცვლილებების გარდა (როგორცაა კალაპოტის ფერდის შემცირება, სანაპირო მცენარეულობის დაზიანება, კალაპოტის გამტარუნარიანობის დაქვეითება, კალაპოტის სახეცვლილება და კალაპოტის დეგრადაცია) მოსალოდნელია ისეთი ზემოქმედებები, როგორცაა ბიომრავალფეროვნების დაქვეითება ძლიერი წყალდიდობების თავიდან აცილების შედეგად და წყლის ხარისხის გაუარესება წვრილმარცვლოვანი ორგანული მასალის რაოდენობის მატების გამო.
- ზემოქმედება ზედა დინებაში: ძირითადად, ნატანის დაგროვება და ბუნებრივი სამიგრაციო ბარიერების დატბორვა
- ზემოქმედება აუზის მასშტაბით: ნუტრიენტების ბალანსის ცვლილება და გარეშე ზემოქმედებების, მაგ., გვალვების, ხანძრების, და სხვ., მიმართ ეკოსისტემის მდგრადობის დაქვეითება.
- ზემოქმედება სანაპირო ტერიტორიებზე: მდინარის ხარჯის რეგულირებული რეჟიმი არღვევს მტკნარი წყლის მდინარის შესართავებში და სანაპირო ჭარბტენიან ტერიტორიებზე შედინების გრაფიკს, რაც წყალმცირობის, მაგ., გვალვების, დროს უარყოფითად მოქმედებს თევზების პოპულაციებზე.

ჰიდროენერგეტიკის განვითარების საწყის ეტაპზე აღნიშნულ ზემოქმედებებს ხშირად სათანადო ყურადღება არ ექცეოდა, თუმცა კაშხლების მშენებლობის შესაძლო უარყოფითი ზემოქმედებების შესახებ ცოდნის დაგროვებასთან ერთად გაძლიერდა ამ ზემოქმედებების შერბილებისკენ მიმართული ძალისხმევა. ევროპაში „წყლის ჩარჩო დირექტივის“ მიღებამ ხელი შეუწყო ევროპის მდინარეებზე კარგი ეკოლოგიური სტატუსის მისაღწევად საჭირო შემარბილებელი ღონისძიებების კვლევისა და პოლიტიკური დიალოგის დაწყებას (ეროვნულ, მდინარეების აუზების და ევროკავშირის დონეზე). ცხრილი 14-ში წარმოდგენილია თითოეული ზემოქმედების შესაბამისი შემარბილებელი ღონისძიებები.

ჩამონადენზე მომუშავე ჰიდროელექტროსადგურები, რომლებიც ძირითადად მდინარის მუდმივ ხარჯზე მუშაობენ, წყალსაცავიანი ჰიდროელექტროსადგურებისგან განსხვავებული ზემოქმედებებით ხასიათდებიან. მათ მიერ გამოწვეული ძირითადი ზემოქმედება მდინარის უწყვეტობის დარღვევაში მდგომარეობს, რაც უარყოფითად მოქმედებს წყლის ორგანიზმებზე და რეკრეაციულ ღონისძიებებზე, თუმცა მდინარის ხარჯზე ისინი ზემოქმედებას არ ახდენენ.

გარდა ამისა, საერთაშორისო ენერგეტიკულმა სააგენტომ (IEA, 2012), მოამზადა ჰიდროენერგეტიკის ტექნოლოგიური გზამკვლევი, რომელშიც გამოვლენილია როგორც ჰიდროენერგეტიკის გარემოსდაცვითი ზემოქმედებები, ასევე მათი შემარბილებელი ღონისძიებები. განახლებადი ენერგიის საერთაშორისო სააგენტოს (IRENA, 2015) თანახმად, გარემოსდაცვითი ზემოქმედებები ჰიდროენერგეტიკის განვითარების მთავარი ხელშემშლელი ფაქტორია. მდინარე მეკონგის კომისიამ (MRC) ახლახანს გამოაქვეყნა გარემოსდაცვით ზემოქმედებებთან გამკლავების რეკომენდაციები. კომისია იყენებს „შერბილების იერარქიის“ მიდგომას, რომლის მიხედვითაც: 1. ზემოქმედებების აცილება უნდა მოხდეს დაგეგმვის დროს; 2. თუ ზემოქმედებების აცილება შეუძლებელია, უნდა მოხდეს მათი შერბილება; 3. თუ ზემოქმედებების შერბილება შეუძლებელია, უნდა მოხდეს

მათი კომპენსირება (MRC, 2018). ხოლო Wang-ს (2012) მოჰყავს არგუმენტები ჰიდროენერგეტიკული პროექტების სარგებლის გაზიარების მიდგომის დანერგვის სასარგებლოდ.

შემარბილებელი ღონისძიებების განხორციელებით მიღებულ მთავარ სარგებელს რასაკვირველია ზემოთ ჩამოთვლილი ზემოქმედებების თავიდან აცილება წარმოადგენს. არსებობს კვლევები, სადაც ეს ზემოქმედებები ეკონომიკური თვალსაზრისით არის შეფასებული.

Mattmann et al.-მა (2016) ჩაატარეს 29 ქვეყანაში (აქედან მხოლოდ 2 იყო საშუალო შემოსავლის მქონე სახელმწიფო) განხორციელებული შეფასების ანალიზი და დაასკვნეს, რომ საზოგადოების განწყობა ჰიდროენერგეტიკული პროექტების მიერ ლანდშაფტის, მცენარეულობისა და ველური ბუნების დაზიანების მიმართ მკვეთრად უარყოფითია და ამ ზემოქმედებების შერბილების რესურსიც არ არის დიდი. ავტორები ამ ფაქტორს ჰიდროენერგეტიკის განვითარების მთავარ წინაღობად მიიჩნევენ და აღნიშნავენ, რომ „ჰესები უნდა დაიგეგმოს ისეთ ადგილებში, სადაც მათი ზემოქმედება გარემომცველ ლანდშაფტზე, მცენარეულ საფარზე და ველურ ბუნებაზე მინიმალური იქნება“ (გვ. 74).

მდინარე მეკონგის კომისიის (MRC) კვლევაში ხაზგასმულია ელექტროენერგიას, წყალსა და სურსათს შორის კომპრომისის არსებობის მნიშვნელობა. ერთი მხრივ, ჰიდროენერგეტიკის განვითარებით მოსალოდნელი ეკონომიკური სარგებელი 160 მილიარდი აშშ დოლარის ტოლია, მეორე მხრივ, მასთან არის დაკავშირებული უარყოფითი ზემოქმედებები სხვა დარგებზე, განსაკუთრებით თევზჭერაზე (25-30 მილიარდი აშშ დოლარის ტოლი ეკონომიკური დანაკარგი). ჰიდროენერგეტიკის განვითარებას ასევე უარყოფითად მოქმედებს ეკოსისტემურ სერვისებზე (Yang and Chen, 2014) და სასურსათო უსაფრთხოებაზე (Sparkes, 2013).

ცხრილი 14 – წყალსაცავიანი ჰესების ძირითადი ზემოქმედებები და შემარბილებელი ღონისძიებები

ზემოქმედება	შემარბილებელი ღონისძიებები
მდინარის უწყვეტობა ზედა დინებაში - თევზი	თევზსავალი არხი თევზსავალი (მაგ., ამწიანი, საფეხურებიანი თევზსავალი, და სხვ.) შემოვლითი არხი თევზების დაჭერა, გადაყვანა და გაშვება ინკუბატორის მასალა
მდინარის უწყვეტობა ქვედა დინებაში - თევზი	თევზებისთვის უსაფრთხო ტურბინები თევზის ცხაურები თევზების დაჭერა, გადაყვანა და გაშვება თევზსავალი შემოვლითი არხი
დაბალი ხარჯი	დამატებითი ხარჯის უზრუნველყოფა მდინარის მორფოლოგიის ცვლილება არსებული ხარჯის უკეთ გამოსაყენებლად
თევზისთვის საჭირო ხარჯი	შემარბილებელი ხარჯი თევზის მიგრაციის უზრუნველსაყოფად
ცვალებადი ხარჯი	ხარჯის პასიურად ცვლილება (მაგ., ძაბრის ფორმის წყალსაგდების საშუალებით ბუნებრივი ცვალებადობის საფუძველზე)

	ხარჯის აქტიურად ცვლილება, მაგ., კაშხლიდან წყლის რეგულირებული გაშვება
სწრაფად ცვალებადი ხარჯი	გამაწონასწორებელი რეზერვუარის მოწყობა მდინარის კალაპოტის ფარგლებს გარეთ წყალგამყვანი არხის გადატანა ზღვის, ტბის, უფრო დიდი ან სხვა მდინარის, აგრეთვე მდინარის თავდაპირველი ან აღდგენილი კალაპოტის მიმართულებით წყლის ნაკადის სიჩქარის კლების ტემპის შემცირება (მათ შორის შემოვლითი სარქველის გამოყენებით) მდინარის მორფოლოგიის შეცვლა, მაგ., ისეთი ნაგებობების მოწყობა, რომლებიც ამცირებენ ნაკადის სიჩქარეს და უზრუნველყოფენ თავშესაფარს თევზებისთვის გამაწონასწორებელი რეზერვუარების მოწყობა მდინარის კალაპოტის ფარგლებს გარეთ თევზის მარაგების შევსება
ნატანის გადაადგილების რეჟიმის ცვლილება	კალაპოტის ფსკერზე დაგროვებული გამაგრებული ნატანის მექანიკურად დამსხვრევა დაგროვებული ნატანის მექანიკურად ამოღება ნატანის შეტანა წყალაღების ობიექტების ან წყალსაცავების ქვედა დინებაში (მაგ., შლუზის; წყალსაგდების საშუალებით; ამოღებული მასალის ქვედა დინებაში ჩაყრით) სანაპირო ეროზიული პროცესების აღდგენა (მაგ., საინჟინრო ნაგებობების მოშლის გზით) ნატანის გადაადგილებისთვის საჭირო ხარჯის უზრუნველყოფა თევზის მარაგების შევსება
მდინარეების დაგუბება	ხელოვნური შემოვლითი არხის მოწყობა გამდინარე წყლის ცალკეული ჰაბიტატების შესაქმნელად დაგროვებული წყლის დონის შემცირება (მაგ., ფსკერის ამაღლებით ან კაშხლის სიმაღლის შემცირებით) გამდინარე წყლის ჰაბიტატის გასაზრდელად კალაპოტის ჰაბიტატების გაუმჯობესება წყლის ობიექტების (მაგ., შენაკადების, ჭარბტენიანი ტერიტორიების) ერთმანეთთან დაკავშირება
წყალსაცავში წყლის დონის ცვლილება	ეკოლოგიურად სენსიტიურ პერიოდებში დონის ცვლილების შეზღუდვა წყალაღების შემცირების გზით ან წყალაღების დაბალანსებით სხვა წყაროებიდან წყლის შემოდინების ხარჯზე (მაგ., სხვა წყალსაცავებიდან) დონის ცვლილების შეზღუდვა წყალსაცავის ერთ ან რამდენიმე ნაწილში ისეთი ყურის შექმნის გზით, სადაც მუდმივად იქნება შენარჩუნებული წყლის დონე სანაპირო/წყალმარჩხი ჰაბიტატების მართვა, მაგ., ეროზიის, მცენარეების გავრცელების კონტროლი წყალსაცავის ნაპირების ან ხელოვნური ჰაბიტატების რენატურალიზაცია წყალსაცავსა და მის შენაკადებს შორის უწყვეტობის შენარჩუნება თევზის გადაადგილების უზრუნველსაყოფად ხელოვნური მცურავი კუნძულების და მათთან დაკავშირებული სანაპირო/წყალმარჩხი ჰაბიტატების შექმნა თევზის მარაგების შევსება ქვირითობის/განვითარების ჰაბიტატების განადგურების საკომპენსაციოდ
ფიზიკურ-ქიმიური ცვლილებები	მოქნილი წყალაღება (მაგ., მცურავი წყალამღები, რომელიც წყალს წყალსაცავის ზედა ფენიდან აიღებს) სხვადასხვა სიღრმეზე მდებარე წყალამღები, რომელთა მდებარეობის შეცვლა წყალსაცავში წყლის დონის ცვლილების შესაბამისად არის შესაძლებელი

	წყალსაცავში წყლის დონის მართვა ისეთნაირად, რომ ეკოლოგიურად სენსიტიურ პერიოდებში მდინარის ხარჯის შევსება ზედა ფენების წყალმა უზრუნველყოს
--	---

წყარო: Halleraker et al., 2016, ცხრილი 4, გვ. 30-32.

7. ტექნოლოგიების დანერგვის ხელშემშლელი და ხელშემწყობი ფაქტორები

წყლის რესურსების მდგრადი მართვის ხელშემწყობი ტექნოლოგიების უმეტესობა უკვე გამოცდილია და შესაძლებელია მათი ფართოდ გავრცელება. თუმცა, მათი დანერგვა ნელი ტემპით მიმდინარეობს. მიზეზებს შორისაა ეკონომიკური და ფინანსური ფაქტორები, რომლებიც ზღუდავენ ბევრი სახელმწიფოს შესაძლებლობას, დანერგონ წყალთან დაკავშირებული ინოვაციური ტექნოლოგიები. ტექნოლოგიების დანერგვას ასევე ხელს უშლის შესაბამისი ინფორმაციის ნაკლებობა.

UN-Water-ის (2011) თანახმად, „ხშირ შემთხვევაში წყალმომხმარებებს არსებული ტექნოლოგია განაპირობებს და ქცევის შეცვლა არსებული ტექნოლოგიის ალტერნატიულით შეცვლას მოითხოვს. ხშირად კაპიტალური ხარჯები ძალიან მაღალია“ (გვ.21)

ტექნოლოგიის დანერგვა სულ მცირე სამ ფაქტორზეა დამოკიდებული: ფიზიკური ტექნოლოგიის ან აღჭურვილობის არსებობა; აღჭურვილობის გამოყენებისთვის საჭირო უნარ-ჩვევები; და ექსპლუატაციისა და ტექნიკური მომსახურების მართვის ორგანიზაციული შესაძლებლობა და ცოდნა (Still Well, 1994).

ირიგაციის დარგში წყალდამზოგავი ტექნოლოგიების პოტენციალის შეფასების დროს ერთმანეთისგან უნდა გავმიჯნოთ წყლის მოწოდება და რწყვის ტექნოლოგია. გამიჯვნა აუცილებელია იმის გამო, რომ ამ ორ შემთხვევაში განსხვავებული ხელშემწყობი ფაქტორები მოქმედებს: სარწყავი სქემის ინფრასტრუქტურის დაფინანსება და მართვა, როგორც წესი, ხელისუფლების/დონორების კომპეტენციას განეკუთვნება, ხოლო სარწყავი ტექნოლოგიების დაფინანსება და მართვა ფერმერების პასუხისმგებლობას წარმოადგეს. აქედან გამომდინარე, სავსე მოწყობილობების ხარჯი მნიშვნელოვან შემზღუდავ ფაქტორს წარმოადგენს. გარდა ამისა, როგორც Lang (2004) აღნიშნავს, „ფერმერების მიერ ტექნოლოგიების დანერგვის პროცესის ხელშესაწყობად ტექნოლოგია უნდა იყოს ეფექტიანი, ადვილად გამოყენებადი, საჭირო მოცულობით, ხელმისაწვდომი, შესაძლებელი უნდა იყოს ადგილობრივი რესურსებით მისი ექსპლუატაცია და ტექნიკური მომსახურება“.

უნდა აღინიშნოს, რომ ასევე მნიშვნელოვანია სოციალურ-ეკონომიკური ფაქტორები. Baba Kpadonou et al.-ის (2017) თანახმად, ფერმერების მიერ წყალდამზოგავი ტექნოლოგიების დანერგვის შესახებ გადაწყვეტილების მიღებას ძირითადად განაპირობებს ოჯახში ბავშვების (6-დან 14 წლამდე) არსებობა, მიწის ნაკვეთის საკუთრების ფორმა, მიწათსარგებლობის სახე, ცნობიერება და განათლება. ავტორების აზრით, ასევე

მნიშვნელოვანია ფერმერების წვდომა ფულის ალტერნატიულ წყაროებთან, როგორცაა ფულადი გადარიცხვები და კომერციული სოფლის მეურნეობა.

Qadir and Sato-მ (2016) წარმოადგინეს ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენების ძირითადი ხელშემშლელი ფაქტორების საფუძვლიანი ანალიზი. ძირითად ხელშემშლელ ფაქტორს ჩამდინარე წყლების გაწმენდის პრაქტიკის არარსებობა წარმოადგენს. გაუწმენდავი ჩამდინარე წყალი პირდაპირ ჩაედინება მდინარეებში, ან გამოიყენება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსარწყავად, რადგან ის მდიდარია ნუტრიენტებით და არ საჭიროებს ამოტუმბვას. ამის გამო, ფერმერები ხშირ შემთხვევაში ვერ იღებენ სათანადო ხარისხის სარწყავ წყალს. ლიტერატურულ წყაროებში ჩამოთვლილია სხვა მიზეზებიც (Kfoury et al., 2009; Qadir and Sato, 2016):

- ფინანსური შეზღუდვები: ხელახლა გამოსაყენებელი ჩამდინარე წყლის მიღება მტკნარი წყლის მოპოვებაზე ძვირი ჯდება. სახელმწიფო ბიუჯეტიდან გამოყოფილი მწირი დაფინანსება არ იძლევა ჩამდინარე წყლების ეფექტიანად შეგროვების შესაძლებლობას, ხოლო წყლის დაბალი გადასახადი არ იძლევა იმის გარანტიას, რომ ჩამდინარე წყლების შეგროვებისა და გაწმენდის ობიექტები, მათი არსებობის შემთხვევაში, სათანადოდ იფუნქციონირებს.
- ეკონომიკური ზემოქმედებების სათანადოდ ცოდნა. წყლის ხელახალი გამოყენების ბიზნეს ალტერნატივის წამოწევა ყოველთვის არ ხდება, რისი მიზეზიც არის ამ ტექნოლოგიების მიზანშეწონილობის და მათი განხორციელების რეალური ხარჯების (გარემოსდაცვითი ხარჯების ჩათვლით) შესახებ ეკონომიკური კვლევების ნაკლებობა.
- ჩამდინარე წყლებისა და მათი ხელახალი გამოყენების პოტენციალის არცოდნა.
- მარეგულირებელი გარემო, ხელახალი გამოყენების სტრატეგიების არასაკმარის მხარდაჭერასა და მარეგულირებელ უწყებებს შორის არასაკმარის კოორდინაციასთან ერთად.
- ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული საკითხები: ჩამდინარე წყლების გაწმენდის პრაქტიკის არარსებობა აფერხებს ჩამდინარე წყლების გამოყენებას უსაფრთხოების მოსაზრებებიდან გამომდინარე და შესაძლოა გამოიწვიოს ჩამდინარე წყლების სარწყავად გამოყენების აკრძალვა (თუმცა ეს ყოველთვის არ ხდება)
- ჩამდინარე წყლების ნაცვლად მტკნარი წყლის გამოყენებისთვის უპირატესობის მინიჭება. შედეგად, მტკნარი წყლის ალტერნატიულ წყაროებთან შედარებით მოთხოვნა ჩამდინარე წყლებზე უფრო დაბალია.
- ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენების სქემების აწყობისთვის საჭირო უნარ-ჩვევების არარსებობა.

Qadir and Sato-მ (2016) შეისწავლეს ტუნისში, იორდანიაში, ისრაელსა და კვიპროსში წყლის რეციკლირებისა და ხელახალი გამოყენების პოლიტიკა და მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ აღნიშნული წინააღმდეგობების დაძლევაში რეგულირება გადამწყვეტ როლს ასრულებს: ამ ქვეყნებში ჩამდინარე წყალი, გარემოსდაცვითი ტვირთის ნაცვლად, ეკონომიკურ აქტივად ითვლება და მისი ხელახალი გამოყენება წყლისა და ჩამდინარე წყლის სტრატეგიული დაგეგმვისა და მართვის მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს. ამ

თვალსაზრისით ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ შეიმუშავა ჩამდინარე წყლის გამოყენების ზოგადი სახელმძღვანელო პრინციპები და სტანდარტები, რომლითაც უნდა იხელმძღვანელონ მარეგულირებელმა უწყებებმა ჩამდინარე წყლის ხელახალი გამოყენების რეგულაციებისა და მონიტორინგის პროგრამების მომზადების დროს (WHO, 2006). ევროკავშირის დონეზე სახელმძღვანელოს როლს ასრულებს ურბანული ჩამდინარე წყლების გაწმენდის შესახებ დირექტივა 91/271/EEC (1991) (Dalahmeh and Baresel, 2014) და „წყლის ჩარჩო დირექტივა“.

მდგრადი განვითარების მსოფლიო ბიზნეს საბჭომ (WBCSD, 2017: 18) დაასახელა მრეწველობაში წყალდამზოგავი ინიციატივების განხორციელების მთავარი ხელშემშლელი ფაქტორები. ესენია: მოთხოვნები წყლის ხარისხის მიმართ ან მკაცრი რეგულირება და რესურსების სიმცირე. წყლის ხელახალ გამოყენებას ხელს უშლის ის გარემოება, რომ ხელახალი გამოყენების შემდეგ წყლის ხარისხმა შესაძლოა ტექნოლოგიური მოთხოვნები ვეღარ დააკმაყოფილოს, ან საშიშროება იმისა, რომ ჩამდინარე წყლების კონცენტრაციების ზღვრული მნიშვნელობები შემცირებული წყალმოხმარებით შესაძლოა ვერ იქნეს მიღწეული. აქედან გამომდინარე, საჭიროა დამატებითი ინვესტიციების განხორციელება საკანონმდებლო მოთხოვნების შესასრულებლად, რადგან რაც უფრო მეტად ეფექტიანად გამოიყენება წყალი საწარმოში, მით უფრო კონცენტრირებული ჩამდინარე წყალი წარმოიქმნება, რომლის დამუშავებაც მეტ ხარჯებს მოითხოვს. ნარჩენი და ჩამდინარე წყალი შესაბამის მართვას მოითხოვს, რაც შესაძლოა რთულად შესასრულებელი იყოს. შემზღუდავ ფაქტორად ასევე შეიძლება ჩაითვალოს საზოგადოების დამოკიდებულება მტკნარი წყლის ნაცვლად წყლის ალტერნატიული წყაროების გამოყენების მიმართ (განსაკუთრებით კვების პროდუქტების და სასმელების წარმოებაში). და ბოლოს, მნიშვნელოვან შემაფერხებელ გარემოებას წყალდამზოგავი ღონისძიებების განსახორციელებლად წარმოადგენს საჭირო ფინანსური და ადამიანური რესურსების სიმცირე.

8. პოლიტიკის შედეგები მდინარე მტკვრის აუზისთვის

საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგებაში წყლის დაზოგვის აუცილებლობა ხაზგასმულია მდინარე მტკვრის აუზის ორივე ქვეყნის წყლის რესურსებთან დაკავშირებულ ეროვნულ პოლიტიკაში. წყლის ზოგადი პროდუქტიულობის თვალსაზრისით დადებითი ტენდენცია აღინიშნება, იხ. ცხრილი 15.

ცხრილი 15 – წყლის პროდუქტიულობა სქართველოსა და აზერბაიჯანში (საბაზისო პერიოდი 2010 წ., აშშ დოლარი, მშპ ამოღებული მტკნარი წყლის 1 მ³-ზე) 1997-2012 წლებში

	1997	2002	2005	2008	2012
აზერბაიჯანი	0.8	1.6	2	-	5
საქართველო	-	-	5	6.2	-

წყარო: მსოფლიო ბანკი²⁰

²⁰ <https://data.worldbank.org/indicator/ER.GDP.FWTL.M3.KD>

არსებულ შენობებში წყალდამზოგავი ტექნოლოგიების დანერგვის მასშტაბური პროგრამების არარსებობის მიუხედავად, გაიზარდა გამრიცხველიანება, რომელმაც დადებითი შედეგები უკვე მოიტანა. მაგალითად, ბაქოში, სადაც წყლის მრიცხველები მოსახლეობის 77%-ს აქვს, წყლის მოხმარება დაახლოებით 15%-ით შემცირდა, რაც წელიწადში 5 მილიონ მ³ წყლის ტოლია (მაჰსუდ ბაბაევი, პირადი კომუნიკაცია).

გამრიცხველიანების მაჩვენებელი გაუმჯობესდა საქართველოშიც. გამრიცხველიანების სურათი ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონში განსხვავებულია, მაგალითად, ქ. რუსთავში მრიცხველები მომხმარებლების 72%-ს აქვს, ქ. თბილისში - 23%-ს (საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია, 2017). 2010 წლის სექტემბრიდან წყლის მრიცხველის დადგმა სავალდებულო გახდა (ამ დრომდე ის ნებაყოფლობითი იყო) არასაყოფაცხოვრებო მომხმარებლებისათვის, ხოლო ინდივიდუალური წყალმომხმარებლების გამრიცხველიანება, მათ შორის თბილისშიც, ეტაპობრივად მიმდინარეობს. ამჟამად შპს GWP ახორციელებს თანამედროვე წყლის მრიცხველების სისტემის დანერგვის პილოტურ პროექტს, რომელიც შესაძლებელს გახდის წყლის მოხმარების შესახებ მონაცემების რეალურ დროში მიღებას. შპს საქართველოს გაერთიანებული წყალმომარაგების კომპანიის (UWSCG) დიაგნოსტიკური სამსახური სპეციალური მოწყობილობების საშუალებით ახორციელებს წყლის დანაკარგების კონტროლს (აკუსტიკური მეთოდების გამოყენებით) და აღმოჩენილი დაზიანებების საფუძველზე გეგმავს სამუშაოებს (მიშა თათარაძე, პირადი კომუნიკაცია).

ვინაიდან რეგიონებში და ცენტრიდან მოშორებულ ტერიტორიებზე არ ხორციელდება საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა, საჭიროა გაწმენდის დეცენტრალიზებული სისტემების მოწყობის შესაძლებლობის შესწავლა.

მდინარე მტკვრის აუზის ორივე სახელმწიფომ სოფლის მეურნეობის მოდერნიზაცია სოფლის მეურნეობის განვითარების ეროვნული სტრატეგიის პრიორიტეტულ მიმართულებად აღიარა. ორივე ქვეყანა მნიშვნელოვან ინვესტიციებს ახორციელებს მოძველებული სარწყავი და სადრენაჟე ინფრასტრუქტურის რეაბილიტაციაში (აზერბაიჯანში სარწყავი არხების მოპირკეთება და ისეთი წყალდამზოგავი ტექნოლოგიების დანერგვა, როგორიცაა წვეთოვანი და დაწვიმებითი რწყვა). აღნიშნული ღონისძიებების შედეგად შემცირდება ქსელში წყლის დანაკარგები, თუმცა სარწყავი ტერიტორიის გაფართოება წყლის პროდუქტიულობის ამაღლებით უნდა დაბალანსდეს. უფრო ეფექტიან სარწყავ სისტემებზე გადასვლა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის გაზრდას მოითხოვს. ამჟამად, საქართველოსა და აზერბაიჯანში, მსგავსი კლიმატის მქონე ევროპის ქვეყნებთან შედარებით, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა ძალიან დაბალია. დამატებითი ინფორმაცია სოფლის მეურნეობაში წყლის გამოყენებისა და პროდუქტიულობის შესახებ იხ. Paccagnan (2018). ცალკეულმა პროექტებმა გამოავლინეს წყალდამზოგავ ტექნოლოგიებზე გადასვლის პოტენციალის არსებობა.

აზერბაიჯანში ჩატარდა გარკვეული სამუშაო მდგრადი სოფლის მეურნეობის ხელშეწყობის მიმართულებით ქვეყანაში ამ სფეროში აქტიურად ჩართულ სხვა ორგანიზაციებთან, კერძოდ სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციასთან (FAO), აზიის განვითარების ბანკთან (ADB), მსოფლიო ბანკთან და ევროკავშირის მიერ დაფინანსებულ

სამეცნიერო პროექტებთან თანამშრომლობით. აზერბაიჯანში კონსერვაციული სოფლის მეურნეობის დანერგვის ხელშეწყობის მიზნით FAO-ს ფარგლებში მოხდა ყველა ჩართული მხარის რესურსებისა და გამოცდილების გაერთიანება. მაგალითად, მშრალ ზონებში სოფლის მეურნეობის საერთაშორისო სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრმა (ICARDA) აზერბაიჯანში რამდენიმე პროექტი განახორციელა. პროექტების მიზანი იყო სოფლის მეურნეობის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად კონსერვაციული სოფლის მეურნეობის პრაქტიკის დანერგვა, ძირითადად, ნიადაგის სტრუქტურისა და მდგომარეობის გაუმჯობესების; ქარისმიერი და წყლისმიერი ეროზიის შემცირების; წყლის დაზოგვისა და არახელსაყრელი კლიმატური პირობების მიმართ სოფლის მეურნეობის მოწყვლადობის შემცირების საშუალებით. პროექტების განხორციელების შედეგად, 2013 წელს იმ ტერიტორიების ფართობმა, სადაც კონსერვაციული სოფლის მეურნეობის პრაქტიკა დაინერგა, 2,421.5 ჰა შეადგინა. FAO-ს მიერ განხორციელებულმა კონსერვაციული სოფლის მეურნეობის პროექტმა აზერბაიჯანის გადაწყვეტილების მიმღები პირები ქვეყანაში კონსერვაციული სოფლის მეურნეობის დანერგვის აუცილებლობაში დაარწმუნა. აზერბაიჯანი აქტიურად იღებს საჭირო ზომებს სოფლის მეურნეობის განვითარების ეროვნული გეგმით განსაზღვრული რესურსების დამზოგავი პროგრამების განსახორციელებლად (ელჩინ მამედოვი, პირადი კომუნიკაცია). მსოფლიო ბანკის მიერ დაფინანსებულმა ჩრდილო-აღმოსავლეთის განვითარების პროექტმა წარმატებით დააარსა წყლის მომხმარებელთა ასოციაციები და ჩაატარა სარეაბილიტაციო სამუშაოები დაახლოებით 31,000 ჰა სასოფლო-სამეურნეო მიწაზე. პროექტის ძირითადი შედეგებია: წყლის მიწოდების გაუმჯობესება და წყლის გამოყენების ეფექტიანობის გაზრდა (მიწოდებული წყლის დანაკარგის დაახლოებით 29-50%-ით შემცირება); მაღალი ღირებულების მქონე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოყვანა, მოსავლიანობის გაზრდა და მეცხოველეობის განვითარება. წყლის მომხმარებელთა ასოციაციები ახორციელებენ რეაბილიტირებული სარწყავი არხების მართვას და თანაბრად ანაწილებენ წყალს მოსარგებლეებს შორის, რაც ზრდის მარცვლეული კულტურების, საკვები კულტურებისა და მეცხოველეობის პროდუქტიულობას: მარცვლეული კულტურების მოსავლიანობის ზრდამ 30%, ხოლო ხილის მოსავლიანობის ზრდამ საშუალოდ 60% შეადგინა (IFAD, 2013).

საქართველოში 2014 წელს, სოფლის მეურნეობის სამინისტროს პროგრამის „დანერგე მომავალი“ ფარგლებში წყალდამზოგავი სარწყავი ტექნოლოგიების დანერგვა დაიწყო. ხელისუფლება წყალდამზოგავი რწყვის მეთოდების გავრცელებას ხელს უწყობდა თანადაფინანსების სქემის საშუალებით: წარმოდგენილი კონცეფციის საფუძველზე ფერმერებს ეძლეოდათ დაფინანსება, რომელიც ფარავდა სარგავი-სათესი მასალის ხარჯის 70%-ს და სარწყავი სისტემის ხარჯის 50%-ს. ხელისუფლების მიერ დაფინანსდა 506 სრულად აღჭურვილი ბაღი 3,343 ჰა ჯამური ფართობით.

მიუხედავად იმისა, რომ წყლის ხელახალი გამოყენება საქართველოში არ არის გავრცელებული, არსებობს რამდენიმე კარგი მაგალითი, რომელიც შეიძლება სანიმუშოდ იქნეს გამოყენებული. მაგალითად, ქართული კომპანია „ბიუ ბიუ“ - მეფრინველეობის პროდუქციის უმსხვილესი მწარმოებელი სამხრეთ კავკასიაში - ფერმების ჩამდინარე წყალს

სარწყავად იყენებს. აზერბაიჯანში საწარმოო წყლების ხელახალი გამოყენება ფართოდ არის გავრცელებული, როგორც ეს ცხრილი 16-დან ჩანს.

სამთო-მოპოვებითი დარგის წილი აზერბაიჯანის სამრეწველო ნაწარმის მთლიან ღირებულებაში 66%-ს შეადგენს, მას მოსდევს გადამამუშავებელი მრეწველობა (28%) და ელექტროენერგიის, გაზისა და წყლის გამომუშავება და განაწილება (6%).

ცხრილი 16 – აზერბაიჯანი სამრეწველო დარგების მიერ 2016 წელს გამოყენებული წყლის რაოდენობა (მილიონი მ³)

	სამთო- მოპოვებითი მრეწველობა	გადამამუშავებელი მრეწველობა	ელექტროენერგიის, გაზისა და წყლის გამომუშავება და განაწილება
ბუნებრივი წყაროებიდან ამოღება	275.2	16.6	1358.8
მტკნარი წყლის მოხმარება	277.7	46	2089.2
რეციკლირებული და ხელახლა გამოყენებული წყლის რაოდენობა	270.3	252.9	1797.4
წყლის დანაკარგი მიწოდების დროს	2.7	2	309.9
საკანალიზაციო ჩამდინარე წყლების ჩაშვება	270.6	14.7	1079.6
აქედან გაწმენდის გარეშე	21.9	2.8	84.6

წყარო: აზერბაიჯანის სტატისტიკის სახელმწიფო კომიტეტის ვებგვერდი

ცხრილი 17-ში შეფასებულია საწარმოო წყლის პროდუქტიულობა ძირითადი სამრეწველო დარგების მიხედვით სამრეწველო ნაწარმის ღირებულების იმ მაჩვენებლების გათვალისწინებით, რომლებიც მითითებულია აზერბაიჯანის სტატისტიკის სახელმწიფო კომიტეტის ვებგვერდზე.

ცხრილი 17 – საწარმოო წყლების პროდუქტიულობა აზერბაიჯანში

მრეწველობის დარგი	სამრეწველო ნაწარმის ღირებულება (მლ აზ.მანათი)	ამოღებულ ი წყალი (მლ მ³)	წყლის პროდუქტიულო ბა (აზ.მანათი/ მ³)	წყლის პროდუქტიულო ბა (აშშ დოლარი/ მ³)
სამთო-მოპოვებითი მრეწველობა	21192	275.2	77	45
გადამამუშავებელი მრეწველობა	8899	16,6	536	316
ელექტროენერგიის, გაზისა და ორთქლის გამომუშავება და განაწილება	1938	1358.8	1.43	0.84

წყარო: აზერბაიჯანის სტატისტიკის სახელმწიფო კომიტეტის მონაცემების საფუძველზე

გადამამუშავებელი მრეწველობის წყლის პროდუქტიულობის მაჩვენებელი ევროპის ქვეყნების დიდი ნაწილის ანალოგიური მაჩვენებლის ტოლია. საჭიროა სხვა დარგებში წყლის გამოყენების სრულყოფის შესაძლებლობების შესწავლა.

9. დასკვნები და რეკომენდაციები

წინამდებარე ანგარიშში განხილულია რამდენიმე ტექნოლოგია, რომელთა გამოყენებითაც შესაძლებელია წყლის მოხმარებისა და მასთან დაკავშირებული გარემოსდაცვითი ზემოქმედებების შემცირება ისეთ ძირითად დარგებში, როგორიცაა, საყოფაცხოვრებო წყალმომარაგება, სოფლის მეურნეობა, მრეწველობა და ენერგეტიკა.

ჩვენ დავასახელებთ ამ ტექნოლოგიების განხორციელების ძირითადი დადებითი მხარეები, ასევე ხელშემშლელი ფაქტორები, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ისეთი უნივერსალური გზა, რომელიც ყველა სიტუაციისთვის გამოდგება, არ არსებობს. თითოეული შემთხვევისთვის, გრძელვადიანი და კომპლექსური (მაგალითად, წყალი-ელექტროენერგია-საკვები კავშირის თვალსაზრისით) გადაწყვეტილებების საფუძველზე, კონკრეტული ღონისძიებები უნდა განსაზღვროს.

ჩვენ ასევე განვიხილეთ კავშირები ენერგეტიკასა და წყალმოხმარებას შორის, თუმცა აუცილებელია წყლის გამოყენების ეფექტიანობის ამაღლებას, ენერგიის მოხმარებასა და მიწათსარგებლობას შორის არსებული ურთიერთდამოკიდებულების უკეთ შესწავლა. ამ ხარვეზის გამოსასწორებლად, 2008 წლის ივლისში ჩატარდა სემინარი, რომელზეც გამოვლენილ იქნა მდინარე მტკვრის აუზში წყალი-ენერგეტიკა-სურსათის ურთიერთდამოკიდებულებაში არსებული „ცხელი წერტილები“. კავშირების შეფასება ჩატარდა ალაზანი/განიხის აუზისთვის (UNECE, 2015), რომლის ფარგლებშიც შესწავლილ იქნა ენერგეტიკას, წყალსა და მიწათსარგებლობას შორის არსებული კავშირები. შეფასებაში განსაკუთრებული ყურადღება მიექცა ჰიდროენერგეტიკის განვითარების ზემოქმედებას, სათბობად შეშის გამოყენებასა და წყლის რესურსებზე სოფლის მეურნეობის ზემოქმედებას. საჭიროა ამ კავშირების უფრო ღრმად შესწავლა, კერძოდ შესწავლილ უნდა იქნეს სოფლის მეურნეობაში რწყვის წყალდამზოგავი ტექნოლოგიების დანერგვის ეკონომიკური მიზანშეწონილობა და წყლის ხარისხის გაუმჯობესებისა და ექსტრემალური კლიმატური მოვლენების მიმართ დარგის გამძლეობის გაძლიერების მიზნით ბუნებრივ პროცესებზე დამყარებული მეთოდების გამოყენების შესაძლებლობები.

References

Abdullaev, I., Ul Hassan, M. & Jumaboev, K. (2007), Water saving and economic impacts of land leveling: the case study of cotton production in Tajikistan. *Irrigation and Drainage Systems*, 21: 251. <https://doi.org/10.1007/s10795-007-9034-2>

- Adeyemi O., I. Grove, S. Peets and T. Norton, 2017, Advanced Monitoring and Management Systems for Improving Sustainability in Precision Irrigation. *Sustainability*, 9, 353. DOI: 10.3390/su9030353
- Adler, P.R.; Harper, J.K.; Wade, E.M. Economic analysis of an aquaponic system for the integrated production of rainbow trout and plants. *Int. J.* 2000, 1, 15–34. Available at [Accessed 17.05.2018]: <https://ejournals.lib.vt.edu/ijra/article/view/1359/1854>
- AES et al., 2013, Wetland Water Cooling Partnership: The Use of Restored Wetlands to Enhance Thermoelectric Power Plant Cooling and Mitigate the Demand on Surface Water Use Final Report. A report to NETL.
- Ali M.H. and M.S.U. Talukder (2008), Increasing water productivity in crop production—A synthesis. *Agricultural Water Management*. Vol. 95 (1): 1201-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.06.008>
- Ali Y, Samaneh R, Kavakebian F. Applications of Magnetic Water Technology in Farming and Agriculture Development: A Review of Recent Advances. *Curr World Environ* 2014;9 (3). DOI: <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.9.3.18>
- Alliance for water efficiency (2012), *Assessing the Economic & Environmental Benefits of Industrial Water Use Efficiency Within the Great Lakes Region* <http://glpf.org/wp/wp-content/uploads/2011/03/950-Full-Project-Report-For-Public-Dec-2012.pdf>
- Almas L.K., Amosson S.H., Marek T., Colette W.A., 2003, Economic Feasibility of Precision Irrigation in the Northern Texas High Plains. Paper presented at the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Mobile, Alabama, February 1-5, 2003. Available at: <https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/35249/1/sp03al02.pdf> [Accessed 19/05/18]
- Anderson J., 2003, “The environmental benefits of water recycling and reuse”, *Water Science and Technology: Water Supply* Vol. 3 (4): 1-10.
- Andrews, M., Berardo, P. and Foster, D., 2011, The sustainable industrial water cycle – a review of economics and approach. *Water science and technology: Water Supply*, v 11 (1).
- Aryal, J.P., Mehrotra, M.B., Jat, M.L. et al. (2015), Impacts of laser land leveling in rice–wheat systems of the north–western indo-gangetic plains of India. *Food Security*, 7: 725. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0460-y>
- A & N Technical Services, Inc. and Gary Fiske and Associates, 2006. *Water utility direct avoided costs from water efficiency*. The California Urban Water Conservation Council. Available at: http://www.allianceforwaterefficiency.org/uploadedFiles/Hidden_Pages/Direct_Utility_Avoided_Cost_Final_Report.pdf [Accessed 29/03/18]
- Baba Kpadonou R.A., Owiyo, T., Barbier, B., Denton, F., Rutabingwa, F., Kiema, A. (2017), *Advancing climate-smart-agriculture in developing drylands: Joint analysis of the adoption of multiple on-farm soil and water conservation technologies in West African Sahel*, Land Use Policy, Volume 61, February 2017, Pages 196-207 <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.050>

- Battilani A., Steiner M., Andersen, M., Nohr Back S., Lorenzen J., Schweitzer A., Dalsgaard A., Forslund A., Gola S., Klopmann W., Plauborg F., Andersen M.N. (2010), *Decentralised water and wastewater treatment technologies to produce functional water for irrigation*, Agricultural Water Management, Volume 98, Issue 3, 30 December 2010, Pages 385-402.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.10.010>
- Barnard P., T. Darkins, B. Earl, K. Adeyeye, (2014), Retrofitting For Water Efficiency: A Hotel Case Study. Paper presented at the Water Efficiency Conference. Available at [Accessed 29/03/18]
<http://eprints.brighton.ac.uk/13581/1/WATEFCON2014Proceedings.2.pdf>
- Beacon, 2009, Cost benefits of sustainable housing retrofits. TE106/19 Report. Available at:
[http://www.beaconpathway.co.nz/images/uploads/Final_Report_TE106\(19\)Cost_Benefits_of_Sustainable_House_Retrofits.pdf](http://www.beaconpathway.co.nz/images/uploads/Final_Report_TE106(19)Cost_Benefits_of_Sustainable_House_Retrofits.pdf) [Accessed 29/03/18]
- BIO by Deloitte (2015) Optimising water reuse in the EU – Final report prepared for the European Commission [Accessed 19/05/18]: <http://ec.europa.eu/environment/water/reuse.htm>
- Bixio D., De Heyder B., Chikurel H., Muston M., Miska V., Joksimovic D., Schäfer A.I., Ravazzini A., Aharoni A., Savic D. and C. Thoeve (2004) In: Proc. 4th IWA World Congress; 19-24 September 2004, Marrakech, Morocco.
- Boyle T., Giurco D., P. Mukheibir, A. Liu, C. Moy, S. White and R. Stewart, 2013, Intelligent Metering for Urban Water: A Review. *Water*, 5, 1052-1081; DOI:10.3390/w5031052
- CRD Associates (2014), Produced Water Beneficial Use Dialogue: Opportunities and Challenges for Re-Use of Produced Water on Colorado's Western Slope. Available at: [Accessed 29/05/18]
https://www.coloradomesa.edu/water-center/documents/ProducedWaterBeneficialUseDialogue_Forma.pdf
- Cooley H. and R. Phurisamban, 2016, The Cost of Alternative Water Supply and Efficiency Options in California, Available at: [Accessed 29/05/18] http://pacinst.org/wp-content/uploads/2016/10/PI_TheCostofAlternativeWaterSupplyEfficiencyOptionsinCA.pdf
- De La Cueva Bueno P., L. Gillerman, R. Gehr, G. Oron (2017), *Nanotechnology for sustainable wastewater treatment and use for agricultural production: A comparative long-term study*, Water Research, Vol. 10, Pages 66-73, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.060>
- Dalahmeh S., C. Baresel, 2014, Reclaimed Wastewater Use Alternatives and Quality Standards. From Global to Country Perspective: Spain versus Abu Dhabi Emirate. Available at:
<https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76f5/1449742331280/C24.pdf>
[Accessed 24.05.2018]
- Damigos D. G. Tentes, M. Balzarini, F. Furlanis, A. Vianello, 2017, Revealing the economic value of managed aquifer recharge: Evidence from a contingent valuation study in Italy, Vol. 53(8): 6597-6611. Doi: <https://doi.org/10.1002/2016WR020281>
- De Lange M., (2004), Promotion of low-cost and water saving technologies for small-scale irrigation. FAO.

- Delgado A., 2012, Water Footprint of Electrical Power Generation: Modeling its use and analysing options for a water-scarce future. MSc Master Thesis, MIT. Available at [Accessed 28.05.2018]:
- Dillon P., E. Fernandez Escalante, A. Tuinhof., 2012, Management of Aquifer Recharge and Discharge Processes and Aquifer Storage Equilibrium. *GEF-FAO Groundwater Governance Thematic Paper 4*. Camberra, CSIRO. Available at: [Accessed 24.05.2018] <http://www.fao.org/3/a-i6040e.pdf>
- Donovan, D.J.; Katzer, T.; Brothers, K.; Cole, E.; Johnson, M. Cost-benefit analysis of artificial recharge in Las Vegas Valley, Nevada. *J. Water Resour. Plan. Manag.* 2002, 128, 356–365.
- Drechsel P., Evans A.E.V. (2010), *Wastewater use in irrigated agriculture*, Irrigation and Drainage Systems. Vol. 24 (1-2): 1–3 <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10795-010-9095-5>
- Dunne, E., Coveney, M., Hoge, V., Conrow, R., Naleway, R., Lowe, E., Battoe, L. and Wang, Y., 2015, (2015). Phosphorus removal performance of a large - scale constructed treatment wetland receiving eutrophic lake water. *Ecological Engineering*, 79, pp.132 - 142. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2015.02.003
- Dworak, T., Berglund, M., Laaser, C., Strosse, P., Roussard, J., Grandmougin, B., Kossida, M. Kyriazopoulou, I., Berbel, J., Kolberg, S., Rodríguez-Díaz, A., and Montesinos, P., 2007. *EU water saving potential: Part 1 – Final report*. ENV.D.2/ETU/2007/0001r. Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/water_saving_1.pdf
- Echchelh A. , T. Hess R. Sakrabani, 2018, Reusing oil and gas produced water for irrigation of food crops in drylands, *Agricultural Water Management*. Vol. 206: 124-134
- EDF, 2013, Cooling Tower Efficiency Guide Property Managers. Improving Cooling Tower Operations. Available at [Accessed 28.05.2018]: http://business.edf.org/files/2014/03/Cooling-Tower-Handbook_FINAL.pdf
- El Nahry A.H., R.R. Ali, A.A. El Baroudy, 2011, An approach for precision farming under pivot irrigation system using remote sensing and GIS techniques, *Agricultural Water Management*: Vol. 98 (4): 517-531.
- EPA, 2002, Cases in Water Conservation: How Efficiency Programs Help Water Utilities Save Water and Avoid Costs. Available at [Accessed 12.05.18] <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-03/documents/ws-cases-in-water-conservation.pdf>
- EPA, 2000, Using Water Efficiently: Ideas for Industry. Available at [Accessed 22.05.18]: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-03/documents/ws-ideas-for-industry.pdf>
- EPA (1998), Water Recycling and Reuse: the Environmental Benefits. Available at: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1009AAO.PDF?Dockey=P1009AAO.PDF> [Accessed 21.05.2018]

- EpE - Entreprises pour l'environnement (2018), *Water Stewardship from A to W*, available from the World Business Council for Sustainable Development at <http://docs.wbcsd.org/2018/03/From-a-to-w-water-stewardship-march-18.pdf>
- FAO, 2010, The wealth of waste, the economics of wastewater use in agriculture. Available at [Accessed 24.05.2018]: <http://www.fao.org/docrep/012/i1629e/i1629e.pdf>
- FAO, NA, Irrigation Water Management: Irrigation Methods. Training manual no 5. Available at <http://www.fao.org/docrep/s8684e/s8684e00.htm> [Accessed 15 May 2018]
- FAO (NAa) *Aquaponics. A smart fish-based solution to growing food using limited resources and little water*. Available at [Accessed 17.05.2018]: <http://www.fao.org/3/a-br812e.pdf>
- Fidar A. M., F. A. Memon & D. Butler (2016) Economic implications of water efficiency measures I: assessment methodology and cost-effectiveness of micro-components, *Urban Water Journal*, 14:5, 522-530, DOI: [10.1080/1573062X.2016.1223859](https://doi.org/10.1080/1573062X.2016.1223859)
- Fishman, R., Devineni, N., Raman, S. (2015), *Can improved agricultural water use efficiency save India's groundwater?*, *Environmental Research Letters*, doi:10.1088/1748-9326/10/8/084022, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/8/084022/pdf>
- Garcia, X. and Pargament, D., 2015, Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making. *Resources, Conservation and Recycling* 101: 154 - 166. DOI: [10.1016/j.resconrec.2015.05.01](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.01)
- Ghermandi A., J. C.J.M. van den Bergh, L. M. Brander, H. L.F. de Groot, P.A.L.D. Nunes, The Values of Natural and Constructed Wetlands: A Meta-Analysis TI 2009-080/3 Tinbergen Institute Discussion Paper. <https://papers.tinbergen.nl/09080.pdf> [Accessed 15 May 2018]
- Gikas, P. (2017). Towards energy positive wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, 203: 621-629. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.0](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.0)
- Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K.V., Jijakli, H., Thorarinsdottir, R. (2015), Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics, *Sustainability*, 7(4), 4199-4224; DOI:[10.3390/su7044199](https://doi.org/10.3390/su7044199)
- Goodwin P., K. Jorde, C. Meier and O. Parra (2006), *Minimizing environmental impacts of hydropower development: transferring lessons from past projects to a proposed strategy for Chile*, *Journal of Hydroinformatics*; 08.4; 2006.
- Green, C., 2001, *Handbook of Water Economics: Principles and Practice*. Wiley.
- Halleraker et al., 2016, Working Group ECOSTAT report on common understanding of using mitigation measures for reaching Good Ecological Potential for heavily modified water bodies - Part 1: Impacted by water storage; EUR 28413 ; doi:10.2760/649695
- Hamilton A. J., V. L. Versace, F. STAGNITTI, P. Li, W. Yin, P. Maher, K. Hermon, R. R. Premier and D. Ierodionou, 2006, Wastewater reuse and the environment: reaping the benefits by minimising the impacts. *Proceedings of the 2006 IASME/WSEAS Int. Conf. on Water*

- Resources, Hydraulics and Hydrology, Chalkida, Greece, May 11-13 2006 (p. 71-80). Available at [Accessed 21.05.18]
- Heidemann K., Bailey D., (2015), Commercial Aquaponics Case Study #3: Economic Analysis of the University of the Virgin Islands Commercial Aquaponics System. *AEC 2015-18 Project Report*. Available at [Accessed 17.05.18] <https://www.uky.edu/Ag/AgEcon/pubs/extraec2015-1821.pdf>
- Hozayn M., Abdel-Monem A. A. and Abdul Qados A. M.S., 2011, Irrigation with Magnetized Water: A Novel Tool For Improving Crop Production In Egypt. Paper presented at the Fifteenth International Water Technology Conference, IWTC-15 2011, Alexandria, Egypt.
- Hussain, I., L. Raschid, M.A. Hanjira, F. Marikar and W. Van der Hoek., “A framework for Analysing socio-economic, Health and Environmental Impact of Wastewater Use in Agriculture in Developing Countries” Working Paper no. 26. International Water Management Institute (IWMI), Colombo, Sri Lanka, 2001.
- IEA, 2012, World Energy Outlook. Available at [Accessed 17.05.18] <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/English.pdf>
- IFAD, 2013, Review Republic of Azerbaijan North-East Development Project. Project performance assessment. Available at: <https://webapps.ifad.org/members/ec/79/docs/EC-2013-79-W-P-4.pdf> [Accessed 23.07.2018]
- Imtiyaz M, Mgadla NP, Manase SK, Chendo K, Mothobi EO, 2000, Yield and economic return of vegetable crops under variable irrigation. *Irrigation Science*, 19: 87-93.
- IRENA and WRI (2018) Water use in India’s power generation: impact of renewables and improved cooling technologies to 2030, Available at [Accessed 28.05.18]: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENAIndiapowerwater2018pdf.pdf>
- IRENA, 2015, IRENA Hydropower Technology Brief 2015. Available at [Accessed 30.05.18] http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA-ETSAP_Tech_Brief_E06_Hydropower.pdf
- IRP (2017): Green Technology Choices: The Environmental and Resource Implications of Low-Carbon Technologies. Suh, S., Bergesen, J., Gibon, T. J., Hertwich, E., Taptich M. A report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- IRP, 2012, Measuring water use in a green economy.
- Işık M. F., Y. Sönmez, C. Yılmaz, V. Özdemir and E. N. Yılmaz, 2017, Precision Irrigation System (PIS) Using Sensor Network Technology Integrated with IOS/Android Application, *Applied Sciences*, 7, 891; DOI:10.3390/app7090891
- Jahromi H.N., M.J. Hamedani, S.F. Dolatabadi, P. Abbasi (2014), *Smart energy and water meter: a novel vision to groundwater monitoring and management*, 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI2013, Procedia Engineering 70: 877 – 881, DOI: 10.1016/j.proeng.2014.02.097

- Kablouti, G. (2015), *Cost of Water Use: A Driver of Future Investments into Water-efficient Thermal Power Plants?* Aquatic Procedia Volume 5, October 2015, Pages 31-43. DOI:
- Kfoury C., Pier Mantovani, and Marc Jeuland, 2009, *Water Reuse in the MNA Region: Constraints, Experiences, and Policy Recommendations*, in Jagannathan N.V., A. Shawky Mohamed, A. Kremer (eds.), *Water in the Arab World: Management Perspectives and Innovations*. IBRD-WB. Available at [Accessed 24.05.2018]:
- Khan, S.; Mushtaq, S.; Hanjra, M.A.; Schaeffer, J. Estimating potential costs and gains from an aquifer storage and recovery program in Australia. *Agric. Water Manag.* **2008**, *95*, 477–488.
- Kharrou et al., 2011, Water use efficiency and yield of winter wheat under different irrigation regimes in a semi-arid region. *Agricultural Science* 2 (2011) 273-282
- Kulkarni, S. A. 2005. Looking Beyond Eight Sprinklers. Paper presented at the National Conference on Micro-Irrigation. G. B. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar, India, June 3-5, 2005.
- Kuşçu H., B. Çetin and A. Turhan (2009) Yield and economic return of drip-irrigated vegetable production in Turkey, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37:1, 51-59, DOI: <https://doi.org/10.1080/01140670909510249>
- Lee, T., Oliver, J.L., Teneere, F., Traners, L., and Valiron, W.F, 2001. Economics and financial aspects of water resources. In: C. Maksimovic and J.A. Tejada-Guibert (eds.), *Frontiers in Urban Water Management: Deadlock or Hope*. IWA Publishing, London, UK, 313–343.
- Libralato G., Ghirardini A.V., Avezzu F., 2012, To centralize or to decentralize: an overview of the most recent trends in wastewater Treatment management. *J Environ Manage* 94(1):61–68.
- Lin, L., Chen, Y.D. (2018), *Evaluation of Future Water Use for Electricity Generation under Different Energy Development Scenarios in China*, *Sustainability* 2018, 10(1), 30, Available at: [Accessed 28.05.18] <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/1/30>
- Madramootoo C., 2015, *Emerging Technologies for promoting food security*, Woodhead Publishing.
- Maheshwari, B., Grewal, H.S., 2009, *Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity*, *Agricultural Water Management*, Volume 96, Issue 8, August 2009, Pages 1229-1236, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.016>
- Maton L., G. Psarras, G. Kasapakis, J. Lorenzen, M. Andersen, M. Boesen, S. Nohr Bak, K. Chartzoulakis, S. M. Pedersen, W. Kloppmann, 2010, Assessing the net benefits of using wastewater treated with a membrane bioreactor for irrigating vegetables in Crete. *Agricultural Water Management*. Vol. 98 (3): 458-464. DOI:
- McGuckin T., 1992, Water conservation in agriculture: a stochastic production frontier model. *Water Resources Research*, Vol. 28(2): 305-312. DOI: <https://doi.org/10.1029/91WR02676>
- Mekong River Commission (2018), *Summary of Key Findings and Recommendations. The MRC Guidelines for Hydropower Environmental Impact Mitigation and Risk Management in the*

- Lower Mekong Mainstream and Tributaries*. [Accessed 31.05.18]
<http://www.mrcmekong.org/assets/Uploads/Key-Findings-and-Recommendations>
- Molinos-Senante M., Hernandez-Sancho F., R.Sala-Garrido (2011), Cost–benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*. Vol. 92 (12): 3091-3097 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.023>
- Morad Hassanli A., M. A. Ebrahimizadeh, S. Beecham (2009), *The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region*, Agricultural Water Management, Vol. 96 (1): 93-99. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377408001649?via%3Dihub>
- Narayanamoorthy, A., 2009. "Drip and sprinkler irrigation in India: benefits, potential and future directions," IWMI Books, Reports H042043. Available at [accessed 15 May 2018]
<http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Other/PDF/Paper%2015%20of%20NRLP%20series%201.pdf>
- Nelson K.L., 2005, Small and Decentralised Systems for Wastewater Treatment and Reuse. In Water Conservation, Reuse, Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop. Available at: nap.edu [Accessed 21.05.2018]
- Nogueira, R., A. G. Brito, A. P. Machado, J.J. Salas, L. Vera, G. Martel, *Economic and environmental assessment of small and decentralized wastewater treatment systems*, Available at [accessed 15 May 2018]
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.588.2993&rep=rep1&type=pdf>
- Norwood, C.A. 1999. Water use and yield of dryland row crops as affected by tillage. *Agron. J.* 91:108–115.
- OECD (2012), OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. ISBN 978-92-64-122161. <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/49844953.pdf>
- OECD, n.d., Water—The Right Price can Encourage Efficiency and Investment. Available at: <http://www.oecd.org/env/resources/water-the-right-price-can-encourage-efficiency-and-investment.htm> [Accessed 21.04.2018]
- Paccagnan V., 2018, *The economics of water use for irrigation in the Kura river basin*, Report to UNDP-GEF Kura II project.
- Pandya A.B., 2018, Modernizing Irrigation and Drainage for a New Green Revolution: Outcome of 23rd ICID Congress. DOI: <https://doi.org/10.1002/ird.2226>
- Qadir M. and Sato T., 2016, Water Reuse in Arid Zones. In Chapter 66 in *Urban Water Reuse Handbook*. Boca Raton: CRC Press, 867-874.
- Quagraine, K. K., R. M. Valladão Flores, H.J. Kim, V. McClain, 2018, Economic analysis of aquaponics and hydroponics production in the U.S. Midwest. *Journal of Applied Aquaculture*, Vol. 30 (1): 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1080/10454438.2017.1414009>

- Rizal A., Y. Dhahiyat, Zahidah, Y. Andriani, A. A. Handaka and A. Sahidin, 2018, The economic and social benefits of an aquaponic system for the integrated production of fish and water plants. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 137 DOI:10.1088/1755-1315/137/1/012098
- UN, 2014, Water and energy efficiency information brief. Available at [Accessed 28.05.2018]: http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/01_2014_water_energy_efficiency.pdf
- UNESCO, 2009, Facts and Figures. <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/> [Accessed 27/03/18]
- UNEP, 2011, Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Available at: www.unep.org/greenconomy [Accessed 17/03/18]
- UN-Water, 2016, The United Nations World Water Development Report 2016. WATER AND JOBS. Facts and Figures. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041e.pdf>
- UNIDO, 2007, Technology Foresight Summit Main Report, 27-29 September 2007, Budapest. Available at [Accessed 17/05/18] https://www.unido.org/sites/default/files/2009-04/Technology_foresight_summit_2007_0.pdf
- Ranade V.V. and Bandhari V.M., 2014, Industrial Wastewater Treatment, Recycling and Reuse.
- Reimers A., 2017, *Technical and economic analysis of an integrated power and desalination plant in Texas*. Paper presented at Texas Desal and available at [Accessed 29/05/18] <http://www.texasdesal.com/wp-content/uploads/2017/09/ReimersAndrew.pdf>
- Sauer, T.J., J.L. Hatfield, and J.H. Prueger. 1996a. Corn residue age and placement effects on evaporation and soil thermal regime. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:1558–1564.
- Sensus (2012), Water 20/20. Bringing Smart Water Networks Into Focus. https://www.ncsafewater.org/resource/collection/A0650A28-4C94-471B-B98E-B0DFD4F76C35/Water_T_AM_09.10_Walsby.pdf [Accessed 27/03/18]
- Shah, N.G.; Das, I. Precision Irrigation: Sensor Network Based Irrigation. In *Problems, Perspectives and Challenges of Agricultural Water Management*; InTech: Rijeka, Croatia, 2012; pp. 217–232.
- Shock C.C., B.M. Shock, and T. Welch, 2013, Strategies for Efficient Irrigation Water Use. Sustainable agriculture techniques. EM 8783. Available at [Accessed 30/04/18] <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8783.pdf>
- Silber A., Y. Israeli, I. Elingold, M. Levi, I. Levkovitch, D. Russo and S. Assouline, 2015, Irrigation with desalinated water: A step toward increasing water saving and crop yields. *Water Resources Research*, 51, 450–464, doi:10.1002/2014WR016398
- Simmons R.W., W. Ahmad, A.D. Nicole, M. Blummel, A. Evans, P. Weckenbrock, 2010, Effect of long-term un-treated domestic water re-use on soil-quality, wheat grain and straw yields and attribute of fodder quality, *Irrigation and Drainage Systems*. Vol. 24 (1-2): 95-112. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10795-010-9095-5>

- Soliz, D., Glenn, E.P., Seaman, R., Yoklic, S., Nelson S. G., Brown, P. (2011), *Water consumption, irrigation efficiency and nutritional value of Atriplex lentiformis grown on reverse osmosis brine in a desert irrigation district*, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 140, Issues 3–4, March 2011, Pages 473-483. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.012>
- SSWM, n.d., General overview: Reduce water consumption in industry. Available at: [Accessed 22.05.18] <https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-use/hardwares/optimisation-water-use-industries/reduce-water-consumption-in-industry>
- Surendran U Sandeep O., Joseph E.J. (2016), *The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics*, Agricultural Water Management, Volume 178, December 2016, Pages 21-29, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.016>
- Sydney Water. National Smart Metering Program Discussion Paper for the Requirements Work Stream; Sydney Water: Paramatta, Australia, 2009; pp. 1–22.
- van Lier J.B., and F.H. Huibers, 2010, From planned to unplanned agricultural uses: making an asset out of wastewater. *Irrigation and Drainage System* Vol. 24: 143-152. DOI: 10.1007/s10795-009-9090-x.
- Vaseteh V., Nazarboland H. (2010). Controlling the groundwater level in Esfarayen plain. Water Utilities Annual Report, Norther n-Khorsan, Iran
- Veolia, 2014, The True Cost of Water. An economic evaluation of risks and benefits related to water use. Available at [Accessed 23.05.2018]: http://www.veoliawatertechnologies.com/sites/g/files/dvc471/f/assets/documents/2014/10/32794True-Cost-of-Water-2014-LR_0.pdf
- Wang C., 2012, A Guide for Local Benefit Sharing in Hydropower Projects., Social Development Working Papers no. 128, World bank. [Accessed 31.05.2018] <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/18366/708440NWP0Box300Hydropower0Projects.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Weldesilassie, A. B.; Fror, O.; Boelee, Eline; Dabbert, S. (2009). *The economic value of improved wastewater irrigation: a contingent valuation study in Addis Ababa, Ethiopia*. Journal of Agricultural and Resource Economics, 34(3):428-449.
- WHO, 2006, WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 1, Switzerland. Available at [Accessed 23.05.2018]: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78265/9241546824_eng.pdf;jsessionid=38B25854CA4A9DEAC6AB10F4439DF210?sequence=1
- World Bank, 2014a, Reducing the vulnerability to Azerbaijan’s Agricultural System to climate change. A World Bank Study. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/18239> [Accessed 27/04/18]
- World Bank, 2014b, Reducing the vulnerability to Georgia’s Agricultural System to climate change. A World Bank Study. Available at: <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/978-1-4648-0184-6>

WRAP, 2005, The Rippleeffect: water efficiency for business Cost-effective water saving devices and practices - for industrial sites. Available at: [Accessed 23.05.2018]
http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/GG523_industrial%20Cost-effective%20water%20saving%20devices%20and%20practices%20-%20for%20industrial%20sites.pdf

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme), 2017, The United Nations World Water Development Report 2017. *Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO. Available at: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf> [Accessed 22.03.18]

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water. 2018. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water. Paris, UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf> [Accessed 22.05.18]

Yadvinder-Singh, Surinder S. Kukal, Mangi Lal Jat, Harminder S. Sidhu, 2014, Improving Water Productivity of Wheat-Based Cropping Systems in South Asia for Sustained Productivity, in *Advances in Agronomy*, Volume 127, Pages 157-258.