

Teza de abilitare

**LUCRARILE DE IMBUNATATIRI FUNCIARE SI
MANAGEMENTUL DURABIL AL TERENURILOR
IN CONTEXTUL SCHIMBARILOR CLIMATICE**

Asist. Univ. Dr. Ing. Rares Halbac-Cotoara-Zamfir

2016

SUMMARY

The present thesis includes the results of research activities conducted by the candidate after he sustained his PhD thesis in 2010, thesis having the following title „Technical and economical efficient drainage studies for fields with humidity excess”. This PhD thesis engaged a very important and actual research theme for land reclamation and improvement and environment protection domains being focused on the necessity of land drainage studies in the perspective of implementing a sustainable agriculture considering the necessity of conserving soil and water resources and the challenges generated by climatic changes.

Because drainage is a vital component of water resources integrated management, process which promotes the coordination of water, soil and other natural resources management and which relates with those for maximizing the economical and social sectors in an equitable manner and without compromising the sustainability of vital ecosystems, this work supposed an interdisciplinary research comprising problems connected with soil science, climatology, drainage, mathematics, informatics, modeling. For realizing some technical and economical efficient drainage studies, IT component become in the last years extremely important, modeling programs being those which can offer the best information referring to the evolution of ecosystem components and services provided by those ecosystems following the implementations of a land drainage system.

The candidate activity after PhD defending focused on the following research topics:

1. Modern approaches and concepts in land reclamation and improvement technique
2. Natural resources integrated management using technical measures from civil engineering domain
3. Sustainable development, climatology, climatic changes

In a first stage, as a follow of previous activities conducted by the candidate for his PhD thesis, the candidate activity focused on issues referring to IT products used in land reclamation and improvement technique, especially in studying land drainage systems. Research activity was mainly dedicated to the study of using different software in land drainage systems design and operation, the study of head losses in conditions of using (or not) filtering materials. These studies have a special relevance in determining the distance between drains and in avoiding some considerable errors at this level. A detailed analysis can be realized in identifying the dominant variables of head losses in land drainage design. The results can be used in determining the parameters used subsequently as input data in designing an underground land drainage system. Distance between drains is sensitive to changes of radial component and soil hydraulic conductivity but doesn't present any kind of alterations related to vertical and horizontal components variations. All these correlations between different parameters must be analyzed deeply and accurately in order to improve the efficiency of designing underground land drainage systems to increase the effectiveness of these systems exploitation.

The candidate also present interest and submitted a relevant activity in the field of qualitative and quantitative management of water resources using specialized software respectively in analyzing the ecosystem services provided by land reclamation and improvement arrangements. The final aim of irrigation and drainage arrangements is to improve the agricultural production, to increase the income from rural space and to minimize the risks generated by drought periods. Irrigated agro-ecosystems strive to maximize agricultural productions but, with an adequate management, they can offer other services like soil erosion control, flooding retention, sediments retention, aquifers recharge, habitats for fauna. The

economical value of these services can overrun in some cases the crops value from the lands covered by these arrangements.

Strongly connected with the first stage are two other major themes of research covered by the candidate: Natural resources integrated management using technical measures from civil engineering domain and Sustainable development, climatology, climatic changes. These themes were studied and in the context of candidate participation at 2 COST projects: COST ES1104 Arid Lands Restoration and Combat of Desertification: Setting Up a Drylands and Desert Restoration Hub respective COST ES1308 Climate Change Manipulation Experiments in Terrestrial Ecosystems - Networking and Outreach (ClimMani).

Currently, worldwide there is an extraordinary pressure on farmers for maximizing their social and economical benefits from their lands facing at the same time land degradation and desertification. Sustainable land management is the key answer for these challenges and represents land management through which human society strive to agricultural production living conditions and ecosystems improvement. For including irrigation and drainage arrangements in a natural resources integrated management there are necessary the establishing of a set of factors consisting in coordination and support measures dedicated to the final users (farmers, water users associations, experts from land reclamation domain).

The candidate also granted a special attention to drought study by analyzing some climatic indicators for monitoring climatic changes in western Romania. In drought study, as well as when we analyze climate changes, some aspects must be considered in order to get some relevant results. Drought phenomenon is a real one, natural and recurrent but characterized by an uncertain frequency, variable length and severity being hardly predictable. We can even say that drought can't be predicted, only studied which leads the researches conceptual framework in another direction, from prevention to mitigation. Drought can't be stopped from the beginning (drought doesn't have clearly defined start and end points) allowing in a relative measure only interventions on her effects. Therefore, drought study can offer information after-event and researches results can be used for implementing some mitigation measures of these effects.

All these studies were correlated with research conducted at international level on climate changes, climate changes effects and management measures practiced at local, regional, national and international levels.

REZUMAT

Prezenta teză include rezultatele activității de cercetare a candidatului după susținerea tezei de doctorat în anul 2010, teză intitulată „Studii de drenaj eficiente tehnico-economic pentru terenurile cu exces de umiditate”. Teza de doctorat a angajat o temă de cercetare de mare importanță și actualitate pentru domeniul Îmbunătățirilor Funciare și al Protecției Mediului, concentrându-se pe studiile de desecare-drenaj necesare în perspectiva implementării unei agriculturi sustenabile în raport atât cu necesitatea conservării resurselor de apă și sol cât și cu provocările generate de schimbările climatice.

Datorită faptului că drenajul este o parte vitală a managementului integrat al resurselor de apă, proces care promovează coordonarea dezvoltării și managementului apei, solului și a altor categorii de resurse naturale și care relaționează cu acestea pentru a maximiza sectoarele social și economic într-o manieră echitabilă și fără a compromite sustenabilitatea ecosistemelor vitale, această lucrare a presupus o cercetare interdisciplinară cuprinzând problematici legate de știința solului, climatologie, drenaje, modelare matematică, informatică etc. Pentru realizarea unor studii de drenaj eficiente tehnico-economic, componenta informatică a devenit în ultimii ani deosebit de importantă, programele de modelare specializate fiind acelea care pot oferi cele mai bune informații referitoare la evoluția în timp a componentelor unui ecosistem și a serviciilor furnizate de acesta ca urmare a aplicării unui sistem de desecare-drenaj.

Activitatea post-doctorală a candidatului s-a axat pe următoarele direcții principale de cercetare:

1. Abordări și concepte moderne în tehnica lucrărilor de îmbunătățiri funciare.
2. Managementul integrat al resurselor naturale utilizând măsuri tehnice din domeniul ingineriei civile.
3. Dezvoltare durabilă, climatologie, schimbări climatice.

Intr-o primă etapă, în vederea continuării activității desfășurate în cadrul studiilor doctorale, activitatea candidatului s-a orientat pe problematici referitoare la utilizarea programelor de calcul în tehnica îmbunătățirilor funciare, în special în studiul sistemelor de drenaj. Activitatea de cercetare s-a concentrat aici pe studiul utilizării programelor de calcul specializate în proiectarea și exploatarea amenajărilor de desecare-drenaj respectiv pe studiul pierderilor de sarcină în condițiile utilizării (sau nu) a materialelor filtrante. Aceste studii au o relevanță deosebită în determinarea distanței dintre drenuri respectiv în evitarea unor erori considerabile la acest nivel. O analiză amănunțită poate fi realizată pentru a identifica variabilele dominante ale pierderii de sarcină în proiectarea drenajelor. Rezultatele obținute pot fi astfel utilizate în determinarea parametrilor utilizați ca și date de intrare în proiectarea unui sistem de drenaj subteran. Distanța dintre drenuri este sensibilă la modificări ale componentei radiale și a conductivității hidraulice a solului dar nu prezintă alterări în cazul unor modificări ale componentelor orizontale și verticale. Toate aceste corelații între diferiți parametri trebuie analizate în profunzime și cu acuratețe pentru a îmbunătăți eficiența proiectării sistemelor de drenaj subteran și ulterior eficiența exploatării acestora.

Candidatul a manifestat interes și a depus o activitate semnificativă și în domeniul managementului cantitativ și calitativ al resurselor de apă cu ajutorul unor programe specializate de simulare și modelare respectiv în analiza serviciilor ecosistemelor furnizate de amenajările de îmbunătățiri funciare. Scopul final al amenajărilor de irigații și drenaje este de a îmbunătăți producția agricolă, de a crește veniturile din mediul rural și de a minimiza riscurile generate de perioadele de seceta. Agro-ecosistemele irigate tind spre maximizarea producției aferente

zonelor pe care le ocupă însă, cu un management adecvat, pot oferi și alte servicii precum controlul eroziunii prin terasare, retenția viiturilor, retenția sedimentelor, reîncărcarea acviferelor, habitate pentru fauna. Valoarea economică a acestor servicii poate depăși în unele cazuri valoarea culturilor deservite de sistemele de îmbunătățiri funciare.

În strânsă legătură cu prima etapă, candidatul s-a orientat pe alte două teme majore de cercetare: Managementul integrat al resurselor naturale utilizând măsuri tehnice din domeniul ingineriei civile respectiv Dezvoltare durabilă, climatologie și schimbări climatice. Aceste teme au fost studiate și în contextul participării candidatului la 2 proiecte de tip COST, COST ES1104 Arid Lands Restoration and Combat of Desertification: Setting Up a Drylands and Desert Restoration Hub respective COST ES1308 Climate Change Manipulation Experiments in Terrestrial Ecosystems - Networking and Outreach (ClimMani).

La nivel mondial există o presiune extraordinară pe fermieri pentru ca aceștia să-și maximizeze beneficiile economice și sociale de pe urma terenurilor pe care le dețin confruntându-se în același timp cu degradarea terenurilor și deșertificare. Managementul durabil al terenurilor reprezintă răspunsul cheie pentru aceste provocări și reprezintă managementul terenurilor prin care societatea umana tinde către îmbunătățirea producției agricole, îmbunătățirea condițiilor de trai și îmbunătățirea ecosistemelor. Pentru integrarea lucrărilor de irigații și drenaje în cadrul unui management integrat al resurselor naturale sunt necesare stabilirea unui set de măsuri de coordonare și suport a factorilor implicați în acest domeniu, în special a utilizatorilor finali (fermieri, organizații ale utilizatorilor de apă pentru irigații, specialiști în domeniul îmbunătățirilor funciare).

Candidatul a acordat o atenție deosebită studiului fenomenului de secetă prin analiza unor indicatori climatici pentru studiul schimbărilor climatice în vestul României.

În studiul secetei și în general atunci când analizăm schimbările climatice trebuie să ținem cont de câteva aspecte deosebit de importante care pot da relevanță rezultatelor obținute. Fenomenul de secetă este unul cât se poate de real, este natural și recurent însă se caracterizează printr-o frecvență incertă, printr-o durată și severitate variabile și foarte greu (chiar imposibil) de prognozat. Putem spune chiar că seceta nu poate fi prezisă ci doar analizată ceea ce duce cadrul conceptual al cercetărilor într-o altă sferă de studiu, de la prevenție la atenuare. Seceta nu poate fi stopată/ oprită din start (seceta nu are de altfel puncte de start și de final ce pot fi clar definite) permițând, într-o oarecare măsură, doar intervenții asupra efectelor pe care le generează.

Prin urmare studiul secetei poate oferi informații post-eveniment iar rezultatele cercetărilor pot fi utilizate în implementarea unor măsuri de atenuare a efectelor acesteia. Studiile au fost corelate cu preocupările existente la nivel internațional privind schimbările climatice, efectele acestora și respectiv măsuri de management practicate pe plan local, regional, național și internațional.

Cele 10 lucrări reprezentative sunt:

1. Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș, (2011). Efficient methods for land drainage design using computerized non steady-state methods, Actual Tasks on Agricultural Engineering-Zagreb Volume: 39, 39th International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 1333-2651, 21-25 februarie 2011, 281-287; WOS:000290918800028
2. Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș, De Miranda J.H. (2012). A comparison regarding models used in agricultural drainage systems design in Brazil and Romania, 40th International Symposium on Agricultural Engineering, 21-24 February, Opatija, Croatia, ISSN 1333-2651, pp. 97-106; WOS:000309447100009, IDS BCA45
3. Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș (2013). The study of head losses for land drainage pipes with and without filtering materials, 8th WSEAS International Conference on Energy and Environment, Vol. Recent Advances in Energy and Environmental Management, Energy, Environmental and Structural Engineering Series, Rhodes Island, Greece, pp. 33-38, ISSN 2227-4359, ISBN 978-960-474-312-4;
4. Stana O., Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș (2013). An analysis of water scarcity phenomenon and water demands for agricultural areas from western part of Romania using different programs, 13th International Conference on Environmental Science and Technology CEST2013, Athens, Greece, ISSN 1106-5516, ISBN 978-960-7475-51-0; WOS:000346067900035
5. Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș (2013). Studies on dryness and drought for Timis County using dry period index and Pinna combinative index, 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, Vol. Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, 16 – 22 June, Albena, Bulgaria, pp.309-316; ISBN 978-619-7105-02-5; ISSN 1314-2704
6. Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș (2014). A view on land degradation and desertification issues, 42nd International Symposium on Agricultural Engineering, 25-28 February, Opatija, Croatia, ISSN 1848-4425, pp. 25-34; WOS:000340762800002, IDS Number: BB0VU
7. Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș (2014) The impact of climate changes on water balance from western Romania using computer tools. Proceedings of the 10th WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD '14). Volume Recent Advances in Energy, Environment, Biology and Ecology, Tenerife, Spain, ISBN 978-960-474-358-2, pg. 106-111;
8. Günal Hikmet, Korucu Tayfun, Birkas Marta, Özgöz Engin, Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș. (2015). Threats to Sustainability of Soil Functions in Central and Southeast Europe. *Sustainability* 7, no. 2: 2161-2188. WOS: 000350217700056
9. Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș (2015) Ecosystem services provided by land reclamation and improvement works. Study case: Timis County, 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM2015, Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Vol. I, Hydrology and Water Resources, Albena, Bulgaria, 18 – 24 June 2015, ISBN 978-619-7105-36-0, ISSN 1314-2704, pp. 253-260
10. Hălbaș-Cotoară-Zamfir Rareș, Hikmet Gunal, Martha Birkas, Teodor Rusu, Radu Brejea (2015) Successful and Unsuccessful Stories in Restoring Despoiled and Degraded Lands in Eastern Europe. *Advances in Environmental Biology* 9(23):368-376

CONTINUT

1. BILANTUL STIINTIFIC, PROFESIONAL SI ACADEMIC	2
2. REZULTATELE CERCETARILOR	5
2.1 Abordări și concepte moderne în tehnica lucrărilor de îmbunătățiri funciare	5
2.1.1 Modernizarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare. Concepte și definiții	6
2.1.2 Cadrul implementării măsurilor de modernizare	7
2.1.3 Modernizarea amenajărilor de irigații și drenaje	7
2.1.4 Utilizarea programelor de calcul în proiectarea amenajărilor de îmbunătățiri funciare	10
2.1.4.1. <i>Studiul cantitativ al debitelor descărcate de amenajările de desecare-drenaj</i>	12
2.1.4.2 <i>Studiul pierderilor de sarcină aferente unor sisteme de drenaj în condițiile utilizării unor materiale filtrante</i>	18
2.1.5 Managementul cantitativ al resurselor de apă cu ajutorul unor programe specializate de simulare și modelare	24
2.1.6 Serviciile ecosistemelor furnizate de amenajările de îmbunătățiri funciare.	32
2.2 Managementul integrat al resurselor naturale utilizând măsuri tehnice din domeniul ingineriei civile	36
2.2.1 Managementul durabil al terenurilor	36
2.2.2 Renaturarea terenurilor utilizand masuri de imbunatatiri funciare	41
2.3 Dezvoltare durabilă, climatologie și schimbări climatice	43
2.3.1 Seceta	43
2.3.2 Studiul umiditatii solului. Analiza unor indicatori climatici pentru studiul schimbărilor climatice în vestul României	52
3. PLANURI PRIVIND EVOLUȚIA ȘI DEZVOLTAREA CARIEREI PROFESIONALE, ȘTIINȚIFICE ȘI ACADEMICE	83
3.1 Propunere de dezvoltare a carierei universitare din punct de vedere didactic	83
3.2 Propunere de dezvoltare a carierei universitare din punct de vedere științific	84
4. BIBLIOGRAFIE	86

1. BILANTUL STIINTIFIC, PROFESIONAL SI ACADEMIC

Carierea universitară a început în anul 2004 odată cu înscrierea la doctorat, domeniul de doctorat Inginerie Civilă.

Tot în anul 2004, m-am înscris la cursurile de Master, specializarea Optimizarea Exploatării Sistemelor de Inginerie Sanitară și Protecția Mediului, cursuri absolvite în anul 2005, nota la susținerea lucrării de dizertație fiind 10 (zece).

În anul 2010 am obținut titlul de doctor în domeniul Ingineriei Civile cu teza de doctorat „Studii de drenaj eficiente tehnico-economic pentru terenurile cu exces de umiditate”.

În perioada 2004 – 2015, am urmat și absolvit cursuri de specializare pe o paletă largă de domenii: managementul integrat al apei, managementul proiectelor, managementul durabil al terenurilor obținând următoarele diplome:

- Certificat de absolvire al cursului post-universitar „Managementul Integrat al Apelor”
- Diplomă de absolvire a cursului de pregătire în domeniul instrumentelor structurale
- Certificat de absolvire a cursului de pregătire WOCAT în domeniul documentării și analizei managementului durabil al terenurilor
- Certificat de absolvire al cursului de Manager de Proiect.

Pe plan didactic, începând cu anul 2004 am susținut ore de curs, seminar și laborator la următoarele discipline din planurile de învățământ aferente specializărilor (de nivel licență și master) Îmbunătățiri Funciare și Dezvoltare Rurală, Amenajări și Construcții Hidrotehnice, Inginerie Sanitară și Protecția Mediului, Inginerie și Reabilitare Rurală Durabilă, Optimizarea Exploatării Sistemelor de Inginerie Sanitară și Protecția Mediului, Optimizarea Sistemelor Hidrotehnice:

- Drenaje
- Irigații
- Dezvoltare rurală
- Dezvoltare durabilă
- Dezvoltare durabilă prin proiecte și programe
- Eficientizarea amenajărilor de desecare-drenaj
- Exploatarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare
- Depozite de deșeuri
- Construcții hidrotehnice
- Optimizarea exploatării amenajărilor de îmbunătățiri funciare
- Utilizarea energiilor regenerabile în amenajările de îmbunătățiri funciare
- Metode de reabilitare, modernizare și rețehnologizare a amenajărilor de îmbunătățiri funciare.

În scop didactic și al formării profesionale a viitorilor absolvenți am urmărit să acopăr cu materiale de studiu întreaga paletă de ore de curs/ seminar/ laborator/ lucrări pe care am avut-o prevăzută în normele didactice.

Astfel, am publicat un număr de 7 cărți de specialitate/ manuale/ îndrumătoare la edituri din țară și străinătate:

Cărți de specialitate/ capitole de carte la edituri internaționale

Hălbac-Cotoară-Zamfir Rareș (2010) Romania's western part (Timis County) facing climatic changes, Lambert Academic Publishing, 123 pg., ISBN 978-3-8433-7610-5;

Hălbac-Cotoară-Zamfir Rareș, Gabor Alina (2014) Modernization of float pumping stations for irrigation, In: Megh R. Goyal (Ed.) Sustainable micro irrigation: principles and practices (Research advances in sustainable micro irrigation; volume 1), Apple Academic Press, Toronto, New Jersey, CRC Press, Taylor&Francis Group, pg. 185-194, ISBN 978-1-77188-016-9.

Hălbac-Cotoară-Zamfir Rareș, Hațegan Emanuel (2014) Micro Irrigation Design Using Hydrocalc Software, In: Megh R. Goyal (Ed.) Sustainable micro irrigation: principles and practices (Research advances in sustainable micro irrigation; volume 1), Apple Academic Press, Toronto, New Jersey, CRC Press, Taylor&Francis Group, pg. 301-314, ISBN 978-1-77188-016-9.

Cărți de specialitate/ capitole de carte la edituri din țară

Hălbac-Cotoară-Zamfir Rareș (2011) Eficientizarea amenajărilor de desecare-drenaj, Ed. Politehnica, Timișoara, 203 pg., ISBN 978-606-554-316-4;

Hălbac-Cotoară-Zamfir Rareș (2015) Abordări și concepte moderne în tehnologia îmbunătățirilor funciare, Ed. Politehnica, 206 pg, ISBN 978-606-35-0028-2

Manuale

Hălbac-Cotoară-Zamfir Rareș (2011) Amenajări hidroameliorative. Proiectarea sistemelor de irigații și drenaje. Ed. Politehnica Timișoara, Timisoara, 262 pg., ISBN 978-606-554-317-1;

Indrumătoare de proiect/ lucrări

Hălbac-Cotoară-Zamfir Rareș (2012) Dezvoltare durabilă, Ed. Brumar, Timișoara, 168 pg., ISBN 978-973-602-798-7;

Man Teodor Eugen, **Hălbac-Cotoară-Zamfir Rareș**, Receanu Ramona Georgeta (2012) Probleme de drenaj. Calcul și experiment. Ediție revizuită și adăugită, Ed. Politehnica 163 pg., ISBN 978-606-554-572-4.

La începutul anului 2015 am pregătit un capitol (intitulat **Functional Analysis of Regional Drought Management**) pentru lucrarea Handbook of Drought and Water Scarcity, editor Prof. Saeid Eslamian. Lucrarea va fi publicată în anul 2016 de editura Taylor and Francis. In anul 2015 am încheiat un contract cu editura **Elsevier** pentru publicarea în anul 2016 a unei lucrări intitulată *Maintaining land productivity in Eastern Europe*.

Pe plan științific, activitatea din ultimii ani s-a concentrat pe următoarele direcții de cercetare:

- Îmbunătățiri funciare (modernizare, serviciile ecosistemelor, utilizarea de programe de calcul în proiectarea și monitorizarea amenajărilor de IF).
- Dezvoltare durabilă
- Schimbări climatice
- Managementul integrat al apei.

Activitatea de cercetare s-a desfășurat atât în cadrul unor proiecte de cercetare (naționale și internaționale) cât și în vederea deschiderii unor noi direcții de cercetare adaptate cerințelor la nivel național și internațional. Astfel, în perioada 2010 – 2015 am participat ca și director/ coordonator de proiect sau colaborator în următoarele proiecte:

Director de proiect. Proiecte internaționale

Proiect **INTERREG IVC** Nr. 0637R2 “**The role and involvement of local authorities in employment rate increase**”, 2010-2013. Director de proiect (UPT) Hălbac-Cotoară-Zamfir Rareș.

Proiect **COST ES1104 “Arid Lands Restoration and Combat of Desertification: Setting Up a Drylands and Desert Restoration Hub”**, 2012-2016, Director de proiect (UPT), Membru al Grupului de Conducere al proiectului, Conducător de Grupului de Lucru nr. 1.

Proiect **COST IS1202 “Dynamics of virtual work”**, 2012-2016, Director de proiect (UPT), Membru al Grupului de Conducere al proiectului, Coordonator publicare lucrări.

Proiect **COST ES1308 “Climate Change Manipulation Experiments in Terrestrial Ecosystems - Networking and Outreach”** 2014-2018, Membru al Comitetului proiectului.

Colaborator. Proiecte internaționale

Proiect LLP-LdV-ToI-2011-RO-002 “Development of knowledge centers for life-long learning by involving of specialists and decision makers in flood risk management using advanced Hydroinformatic tools”, 2012-2013, Colaborator.

Proiect COST IS1207 „Local Public Sector Reforms: An international comparison”, 2013-2017, Membru substitutor al comitetului proiectului

Rezultatele activităților desfășurate s-au concretizat prin publicarea a **90 lucrări științifice** din care **32 (35.55%)** sunt indexate în **ISI Web of Knowledge**.

Ca și recunoaștere a activității științifice desfășurate, am fost acceptat ca și membru al următoarelor asociații internaționale: **EWRA, IACSIT, IAENG, ECRR, DesertNet**.

În prezent, activez de asemenea ca și membru al comitetelor editoriale pentru un număr de 7 jurnale internaționale, toate fiind indexate în diverse baze de date internaționale:

- Journal of Environment and Earth Science
- Biology Agriculture and Healthcare
- Industrial Engineering Letters
- Journal of Natural Sciences Research
- Civil and Environmental Research
- Mathematical Theory and Modeling
- Environment and Ecology Research

Sunt **evaluator** pentru programele **COST** și **Horizon2020** și fac parte din 2 comisii de îndrumare a doctoranzilor.

2. REZULTATELE CERCETARILOR

2.1 Abordări și concepte moderne în tehnica lucrărilor de îmbunătățiri funciare

Această direcție de cercetare a facilitat participarea candidatului la proiectul tip COST ES1104 "Arid Lands Restoration and Combat of Desertification: Setting Up a Drylands and Desery Restoration Hub", proiect desfășurat în perioada 2012 – 2016 și finanțat de Uniunea Europeană.

Studiile recente indică faptul că populația lumii va crește de la 7 la 9 miliarde de oameni până în anul 2050, situație ce va conduce la o cerere și mai ridicată de hrană și, în mod direct, de resurse de apă (Birendra și colab., 2011; de Fraiture și colab, 2010; Siebert și Doll, 2010). Terenurile agricole și producțiile agricole sunt amenințate de schimbările climatice în special datorită variabilității extreme a precipitațiilor și temperaturilor. Deficitul de apă precum și stagnarea apei la suprafața terenului prezintă un impact negativ asupra producțiilor agricole, impact ce poate fi redus cu ajutorul lucrărilor de îmbunătățiri funciare (irigații, drenaj de suprafață, drenaj de adâncime, combaterea eroziunii solului etc.).

Lucrările de îmbunătățiri funciare, și în mod special amenajările de irigații, au o contribuție deosebit de importantă la alimentarea cu hrană a populației lumii. Această contribuție va crește în viitor pentru a putea răspunde în mod curent cererii tot mai ridicate.

Creșterea presiunii pe utilizarea terenurilor și managementului apei în agricultură rezultate dintr-o serie de relații complexe între apă, hrană și energie necesită un management integrat îmbunătățit al resurselor de apă și sol (Ragab și Prudhomme, 2002).

În cadrul acestor relații avem de-a face și cu o competiție dramatică, tot mai accentuată, pentru resursele de apă, competiție ce va afecta și domeniul îmbunătățirilor funciare și în special pe cel al irigațiilor. Provocarea pentru sistemele de irigații va fi obținerea unei producții agricole cât mai ridicate utilizând cât mai puțină apă. Acest lucru poate fi rezultatul unui nivel înalt de performanță prezentat de sistemul de irigații și va fi atins numai prin implementarea unor schimbări atât în ceea ce privește managementul apei la nivel bazinal cât și printr-o atentă gestionare a resurselor de apă până la nivel de utilizator.

În procesul de modernizare a sistemelor de îmbunătățiri funciare și de creștere a performanței acestora sunt necesare schimbări atât la nivel instituțional cât și la nivel de infrastructură. Rolul factorilor de decizie, de la elaborarea unor noi politici și până la nivel de utilizator, este deasemenea unul deosebit de important în special în ceea ce privește creșterea flexibilității în managementul resurselor de apă.

Modernizarea sistemelor de îmbunătățiri funciare este fără îndoială o provocare a mileniului trei în domeniul agriculturii și presupune intervenții pe următoarele direcții:

- Modernizarea operațiunilor din cadrul sistemelor de îmbunătățiri funciare;
- Evaluarea și monitorizarea performanței acestor sisteme;
- Îmbunătățirea procedurilor din spațiul instituțional;

Actualizarea și îmbunătățirea tehnicilor de training și creștere a capacității de management în domeniul sistemelor de îmbunătățiri funciare.

Ameliorarea terenurilor înseamnă „a face terenul capabil să suporte o utilizare mai intensă prin modificarea caracteristicilor generale, prin drenarea terenurilor excesiv de umede, prin irigarea terenurilor aride și semiaride, prin recuperarea terenurilor de sub mări, lacuri și

râuri” (www.ecologydictionary.org). Ameliorarea terenurilor răspunde unei forme de degradare a terenurilor în timp ce îmbunătățirea terenurilor (îmbunătățirea funciara) se referă la creșterea valorii terenurilor și a capacității productive. Lucrările de îmbunătățiri funciare includ în special amenajările de irigații și drenaje dar și amenajările de combatere a eroziunii solului. Lucrările de îmbunătățiri funciare implică un management al terenurilor, apei și plantelor, sunt utilizatoare și furnizoare de energie, au un puternic impact asupra managementului terenurilor și răspund schimbărilor climatice prin atenuarea efectelor acestora și prin crearea de microclimate.

Îmbunătățirile funciare reprezintă o componentă importantă a managementului apei din agricultură și are influențe răspândite în toate componentele nexus-ului teren-apă-climă-energie. Aceste lucrări de îmbunătățiri funciare furnizează importante servicii ale ecosistemelor incluzând reîncărcarea acviferelor, retenția inundațiilor, fixarea carbonului, acumularea materiei organice în sol, reciclarea nutrienților solului, susținerea diversității florei și faunei prin crearea de habitate. Integrarea acestor beneficii în cadrul managementului apei din agricultură necesită spargerea barierelor dintre ingineri, ecologiști, agronomi, economiști, hidrologi și cercetători în domeniul climei respectiv aplicarea unor modele valide de tip climă-energie-economie precum și modele privind utilizarea terenurilor.

Modernizarea este o intervenție complexă ce implică modificări fundamentale atât la nivel tehnic cât și instituțional cu impact direct în managementul resurselor de apă.

Modernizarea sistemelor de îmbunătățiri funciare a fost și este o preocupare continuă a comunității științifice dar și instituționale. De-a lungul timpului, conceptul de modernizare a evoluat astfel că azi modernizarea nu se reduce doar la introducerea de noi tehnologii și metodologii ci reprezintă transformări fundamentale în domeniul managementului resurselor de apă. Aceste transformări includ atât noi regulamente în domeniul structurilor și procedurilor instituționale, cât și noi reguli în ceea ce privește drepturile asupra resurselor de apă, serviciilor de distribuție a apei, mecanismele de suport financiar, introducerea de structuri fizice moderne.

Modernizarea amenajărilor de îmbunătățiri poate fi definită astfel: Modernizarea amenajărilor de îmbunătățiri funciare este un proces de îmbunătățire tehnică și instituțională combinată cu reforme instituționale având obiectivul de a îmbunătăți utilizarea resurselor (umane, economice, de mediu) și a managementului resurselor de apă.

2.1.1 Modernizarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare. Concepte și definiții

După cum am menționat anterior, lucrările de îmbunătățiri funciare vor juca un rol crucial în asigurarea unei productivități ridicate a sistemelor agricole. Unele amenajări de îmbunătățiri funciare au însă o istorie destul de veche iar schimbările climatice, din ce în ce mai agresive, le reduc eficiența și eficacitatea. Pentru a le crește performanța și în mod implicit pentru a le face mai eficiente și eficace în condițiile climatice actuale, asupra amenajărilor de îmbunătățiri funciare se poate interveni pe trei direcții:

- Măsuri de reabilitare;
- Măsuri de re tehnologizare;
- Măsuri de modernizare.

Măsurile de reabilitare presupun o îmbunătățire a caracteristicilor tehnice existente prin aducerea parametrilor de funcționare la cei prevăzuți în proiect. Deși reabilitarea, prin definiție, are un caracter tehnic ea se poate aplica și în domeniul instituțional.

Măsurile de re tehnologizare intervin prin introducerea de noi tehnologii, similare cu cele existente dar cu parametri tehnici superiori însă fără a aduce modificări în domeniul managementului apei.

Modernizarea este o intervenție complexă ce implică modificări fundamentale atât la nivel tehnic cât și instituțional cu impact direct în managementul resurselor de apă.

Modernizarea sistemelor de îmbunătățiri funciare a fost și este o preocupare continuă a comunității științifice dar și instituționale. De-a lungul timpului, conceptul de modernizare a evoluat astfel că azi modernizarea nu se reduce doar la introducerea de noi tehnologii și metodologii ci reprezintă transformări fundamentale în domeniul managementului resurselor de apă. Aceste transformări includ atât noi regulamente în domeniul structurilor și procedurilor instituționale, cât și noi reguli în ceea ce privește drepturile asupra resurselor de apă, serviciilor de distribuție a apei, mecanismele de suport financiar, introducerea de structuri fizice moderne.

Modernizarea amenajărilor de îmbunătățiri poate fi definită astfel: Modernizarea amenajărilor de îmbunătățiri funciare este un proces de îmbunătățire tehnică și instituțională combinată cu reforme instituționale având obiectivul de a îmbunătăți utilizarea resurselor (umane, economice, de mediu) și a managementului resurselor de apă.

2.1.2 Cadrul implementării măsurilor de modernizare

Implementarea măsurilor de modernizare se adresează atingerii unei serii de obiective:

- Creșterea productivității apei utilizate;
- Îmbunătățirea relației cost – eficiență;
- Creșterea fiabilității sistemelor de distribuție a apei;
- Creșterea fiabilității aplicării apei;
- Analiza și considerarea unor surse alternative de apă;
- Dezvoltarea resurselor umane în ceea ce privește creșterea capacității de planificare, proiectare și operare a sistemelor de îmbunătățiri funciare.

Atingerea acestor obiective presupune însă depășirea unor obstacole. O modernizare de succes a unui sistem de îmbunătățiri funciare nu este ușor de atins. De multe ori, granița dintre succes și eșec este deosebit de subțire.

Câteva dintre constrângerile care fac această diferență sunt:

- Diferențe tehnologice între cerințele pentru implementarea tehnicii moderne și resursele locale disponibile
- Constrângerile financiare rezultate din diferența dintre costurile echipamentelor moderne și veniturile provenite din serviciile prestate și economia din resursele de apă;
- Constrângeri de ordin social rezultate în special din forța de muncă ieftină ca și alternativă mai economică în locul introducerii tehnicii moderne mai scumpe;
- Constrângeri de ordin birocratic.

2.1.3 Modernizarea amenajărilor de irigații și drenaje

Atunci când în sistemele de irigații și drenaje apar deficiențe serioase, deficiențe ce nu pot fi depășite prin simple schimbări în practicile curente, măsurile de modernizare devin soluția potrivită în remedierea acestora (Price, 1999). Modernizarea sistemelor de irigații și drenaje presupune creșterea capacității rețelelor aferente acestora. Modernizarea este de asemenea soluția aplicată în cazul „îmbătrânirii” sistemelor. Alte situații precum schimbările în modul de utilizare al terenurilor, disponibilitatea resurselor de apă sau modificări privind valoarea economică a culturilor necesită la rândul lor modificări în cadrul sistemelor de irigații și drenaje. Intreținerea sistemelor de irigații și drenaje este în mod frecvent principalul motiv pentru modernizarea acestora în vederea susținerii unor producții agricole la un nivel sustenabil (Schultz și De Wrachien, 2002).

La nivel mondial peste 50% din sistemele de irigații și drenaje necesită într-o formă sau alta măsuri de modernizare (Schultz și De Wrachien, 2002). Tendința este una de a moderniza sistemele deja existente și nu de a implementa sisteme noi. Sistemele de irigații, proiectate să furnizeze debite constante pentru perioade lungi de timp, dispun în general de puține structuri de control al apei ceea ce duce la o eficiență scăzută în modul de a răspunde cerințelor plantelor. Mai mult, sunt areale cu sisteme de irigații ce nu pot răspunde din punct de vedere al flexibilității. Există astfel o necesitate acută în introducerea de structuri de control eficiente în cadrul rețelelor de canale, de automatizare a acestora, de a implementa sisteme informatice moderne și de a eficientiza partea operațională a sistemelor de irigații și drenaje.

Îmbunătățirea și modernizarea amenajărilor de irigații și drenaje sunt procese complexe ce necesită soluții cercetate cu acuratețe și testate la nivel de prototip și care trebuie să integreze într-un mod cât mai eficient aspecte din următoarele sfere de analiză și cercetare:

- Utilizarea integrată a resurselor de teren, atât de suprafață cât și din adâncime;
- Reformă instituțională;
- Aspecte financiare.

Aspectul cel mai important de luat în considerare în modernizarea sistemelor de irigații și drenaje este la ora actuală (2015), ținând cont de provocările generate atât de schimbările climatice cât și de factorul antropic, maximizarea eficienței utilizării resurselor de apă și sol în vederea creșterii productivității agricole. Rhoades (1998) face aici referiri explicite la reducerea consumului de apă prin evapotranspirație și la cel pierdut prin sistemele de drenaj. Managementul eficient al apei drenate poate contribui atât la evitarea stagnării apei cât și la minimizarea degradării solurilor datorită salinizării (FAO, ICID, 1997). Aceste procese necesită însă participarea factorilor de decizie de toate ordinele precum și diseminarea rezultatelor până la utilizatorul final (De Wrachien și Fasso, 2002). Nu trebuie uitate aici nici aspectele instituționale, reformele în acest domeniu fiind necesare și în corelație atât cu aspectele tehnologice cât și cu cele referitoare la politici și factori de decizie (El Quosy, 1993).

În 1990, Comitetul Internațional pentru Irigații și Drenaje (ICID) a făcut un apel urgent către Banca Mondială în vederea susținerii cercetării și dezvoltării sectorului de irigații și drenaje, atât în țările dezvoltate cât și în curs de dezvoltare. Cercetările insuficiente, lipsa implementării rezultatelor din domeniu, accesul la noi tehnologii, toate acestea au fost menționate ca și principalele probleme ce afectează sectorul irigațiilor și drenajelor: eficiența redusă a utilizării apei, degradarea mediului, costuri ridicate pentru beneficiari, lipsa de implicare a beneficiarilor etc. Ca și răspuns, mai multe programe au fost implementate în această direcție de diferite instituții. Următoarele aspecte au reprezentat și vor continua să reprezinte direcții de interes pentru factorii de decizie din domeniul irigațiilor și drenajelor (Pereira și colab., 1994):

- Viabilitatea și accesibilitatea irigațiilor și drenajelor:
 - Rolul irigațiilor și drenajelor în sistemele sustenabile de producție agricolă;
 - Determinarea unei abordări optime în modernizarea sistemelor de irigații și drenaje, respectiv în exploatarea și întreținerea acestora.
- Relația dintre culturi și utilizarea apei;
 - Metode de calcul a evapotranspirației;
 - Estimarea necesarului de apă pentru culturi;
 - Îmbunătățirea cunoștințelor privind relația apă – fertilizanți – culturi.
- Sistemele de irigații și drenaje;
 - Proceduri pentru o abordare integrată a planificării, proiectării, exploatarei și întreținerii sistemelor;

- Analiza cauzelor ce afectează performanța sistemelor;
- Strategii pentru îmbunătățirea eficienței sistemelor;
- Tehnologii pentru modernizarea sistemelor;
- Analiza impactului asupra mediului și identificarea de măsuri pentru crearea și mentinerea unor condiții sustenabile.
- Aspecte financiare și instituționale;
 - Dezvoltarea de mecanisme și servicii pentru țările în curs de dezvoltare;
 - Creșterea capacității fermierilor de a contribui la managementul apei în agricultură.
- Utilizarea apei salină și a apei uzate.
 - Procesele de transport a apei în agricultura irigată;
 - Metode și tehnici de control și folosire a apei uzate;
 - Adaptarea culturilor la apa uzată;
 - Utilizarea concomitentă a apei uzate cu apa proaspătă.

FAO (1990) a trasat câteva direcții de acțiune pentru transpunerea în practică a măsurilor de intervenție identificate mai sus. Aceste direcții de acțiune au fost grupate în programe ce includ următoarele aspecte:

- Analiza integrată a managementului apei, terenului și mediului;
- Promovarea cooperării regionale prin implicarea tuturor factorilor interesați;
- Cunoașterea relațiilor dintre modurile de utilizare a terenurilor și resursele de apă disponibile (cantitativ și calitativ);
- Incurajarea unei implicări și participări active a unei game largi de instituții și factori de decizie;
- Implementarea de programe de acțiune la nivel național, regional și local.

Hamdy și De Wrachien (1999) au propus ca abordarea regională să ia forma unui Program Strategic de Acțiune cu următoarele obiective:

- Evaluarea tendințelor din domeniu;
- Analiza cauzelor și implicațiilor;
- Re-analizarea intervențiilor optime împreună cu impactul legal, economic și financiar;
- Estimarea costurilor pentru investiții;
- Stabilirea unui cadru pentru monitorizare și evaluare;
- Identificarea acțiunilor prioritare.

Selecția acestor priorități trebuie să urmeze o serie de criterii dintre care enumerăm:

- Asigurarea optimizării intervențiilor în vederea concentrării resurselor pe probleme semnificative;
- Atenție concentrată atât pe aspectele tehnice cât și pe cele non-tehnice;
- Evitarea duplicării acțiunilor sau suprapunerea acestora;
- Scoaterea în evidență a soluțiilor eficiente atât tehnic cât și economic prin adaptarea și/sau îmbunătățirea tehnologiilor existente;
- Alegerea temelor pentru cercetare și analiză, teme ce pot ajuta la obținerea de beneficii maxime considerând termenele de recuperare a investițiilor, timpul de răspuns, probabilitatea de succes și impactul asupra producției agricole.

Această abordare integrată are cele mai multe șanse în producerea de beneficii semnificative, atât privind mediul cât și partea economică, o utilizare durabilă a resurselor de teren și apă în agricultura irigată și drenată precum și producții și venituri mai mari.

Câteva aspecte ale modernizării sistemelor de îmbunătățiri funciare vor fi dezbătute în continuare:

- 2.1.4 Utilizarea programelor de calcul în proiectarea amenajărilor de îmbunătățiri funciare;
- 2.1.5 Managementul cantitativ și calitativ al resurselor de apă cu ajutorul unor programe specializate de simulare și modelare;
- 2.1.6 Serviciile ecosistemelor furnizate de amenajările de îmbunătățiri funciare.

2.1.4 Utilizarea programelor de calcul în proiectarea amenajărilor de îmbunătățiri funciare

O agricultură eficientă, în condițiile unor schimbări climatice cu o dinamică mare, se poate practica doar cu concursul unor sisteme de îmbunătățiri funciare performante tehnic dar și economic. Funcția tehnică a sistemelor de îmbunătățiri funciare dublată de cea economică este necesar să se manifeste prin reintegrarea în circuitul agricol, într-un mod cât mai eficient, a terenurilor afectate de diferite tipuri de degradari. Termenul „eficiență” trebuie să se regasească în toate etapele abordării și rezolvării problemelor cauzate de fenomenele de degradare, de la alegerea zonelor pentru implementarea sistemelor de îmbunătățiri funciare și până la exploatarea acestora.

Sistemele de îmbunătățiri funciare sunt în mod frecvent parte a unor amenajări complexe de management a apei în agricultură. Integrarea diferitelor aspecte ce țin de managementul terenului și apei într-un mod cât mai armonios și eficient este esențială. Câteva faze de lucru trebuie totuși delimitate și bine înțelese:

- Identificarea, caracterizarea și prioritizarea problemelor din zona de lucru;
- Planificarea și proiectarea sistemului de îmbunătățiri funciare;
- Implementarea și controlul calității lucrărilor;
- Exploatarea și întreținerea lucrărilor;
- Evaluarea performanței sistemului.

Toate aceste procese presupun o participare cât mai largă a factorilor de decizie implicați.

Multitudinea și variabilitatea situațiilor care pot apărea au dus la utilizarea a numeroase metode și programe de calcul care au oferit la rândul lor soluții cu diferite grade de eficiență.

Metodele manuale au pierdut în timp teren în fața programelor bazate pe sistemele de calcul atât datorită riscului mai ridicat la erori cât și datorită faptului că nu oferă prognoze detaliate. Soft-urile de simulare a relațiilor și interacțiunilor hidrice din profilul activ al solului au prezentat eficiență prin prisma abordării a numeroși factori implicați în aceste procese. În proiectarea sistemelor hidroameliorative sunt luate în considerare elemente climatice și pedologice, remarcându-se acuratețea prin care acestea sunt detaliate, la nivel zilnic sau chiar mai precis (orar), datele fiind utilizate mai strict prin prisma nefolosirii unor valori aproximative decât în cazuri deosebite și în general foarte rar.

Tehnicile de modelare pe calculator permit identificarea mai ușor a erorilor și corectarea acestora înainte de lansarea programului de calcul dar și ulterior prin utilizarea unor proceduri sau subproceduri specializate în acest sens. Internetul permite transferul rapid al datelor între proiectanți, executanții și beneficiarii sistemelor de drenaj, dar și lucrul în sistem „network designing and operation”. Infrastructura acestor programe de modelare poate fi ușor conectată la sisteme GIS și GPS, astfel că datele de la sateliți referitoare la topografia locului sau informațiile privind caracteristicile hidrologice ale anumitor zone pot fi importate în timp real, stocate în baze de date și apoi utilizate în realizarea unei prognoze referitoare la nivelul freatic dorit, prognoză ce ulterior va putea fi foarte ușor verificată tot prin intermediul datelor satelitare.

Se observă deci că intervenția omului în realizarea unor studii necesare implementării amenajărilor de îmbunătățiri funciare poate fi redusă la minim utilizând infrastructura tehnică

existentă la această oră ceea ce are numeroase avantaje: - preluarea datelor necesare fără deplasare în teren; - reducerea costurilor de personal; - identificarea ușoară a unor eventuale erori, factorul uman fiind dispus la acest gen de greșeli chiar din faza de introducere în sistem a datelor inițiale; - corectarea imediată a erorilor prin comparație cu informații preluate din baze de date statistice; - oferirea de prognoze foarte precise legate de un anumit fenomen; - reducerea la minim la aproximațiilor ceea ce evident duce la un nivel al erorilor foarte redus; - comunicare ușoară între proiectant, executantul lucrării și beneficiar; - posibilitatea de a urmări evoluția sistemului de îmbunătățiri funciare cu ajutorul unor grafice complexe ce permit vizualizarea a numeroși indicatori de eficiență în exploatare, etc. Un alt avantaj deosebit este acela că aceste soft-uri pot fi modificate relativ ușor de la o zonă geografică la alta în majoritatea cazurilor și că pot fi îmbunătățite prin introducerea de proceduri și subproceduri noi care să rezolve un număr mai mare de probleme. Apar însă și dezavantaje, legate mai ales de costurile necesare creării bazelor de date statistice, de costurile presupuse de către conexiunea la sateliți precum și de cele necesare creării programului de calcul efectiv.

Îndeosebi pe plan internațional, în ultimele decade, termenele de drenaj respectiv irigații au început să piardă teren ca și noțiuni independente de măsuri hidroameliorative. Noul concept, din ce în ce mai folosit pentru corectarea proprietăților hidrice ale solului, este cel de **Water Management System** (Sistem de Management al Apei) și în mod special noțiunea de **Water Table Management System** (Sistem de Management al Nivelului Freatic). Acești termeni înglobează, potrivit literaturii tehnicii de specialitate din vestul Europei și din Statele Unite, măsuri hidroameliorative precum irigarea, subirigarea, desecare, drenajul, drenajul controlat. Aceste noi noțiuni au câștigat teren mai ales datorită schimbării climatice din ce în ce mai evidente și care impune măsuri urgente și eficiente totodată de economisire a resurselor de apă care sunt tranzitate prin sistemele de îmbunătățiri funciare și nu numai.

Programele de modelare pentru sistemele de îmbunătățiri funciare, îndeosebi irigații și desecare-drenaj, prezintă diferite grade de complexitate și sunt specializate pe anumite fenomene și procese funcție de necesitățile și cerințele zonei luate în studiu ce urmează să beneficieze de sisteme hidroameliorative bazate pe aceste modele.

În ultimele decade au apărut numeroase lucrări de abordează problematica implementării sistemelor de îmbunătățiri funciare utilizând programele specializate de calcul. Astfel, Nijland, Croon și Ritzema (2005) au pregătit un ghid pentru implementarea, exploatarea și întreținerea sistemelor de drenaj subteran inclusiv pentru analiza calității sistemelor instalate. În 2005, sub egida FAO a fost realizat un material privind selectarea și proiectarea materialelor de drenaj (tuburi de dren și filtre de drenaj). Skaggs și Van Schilfgaarde (1999) respectiv Smedema, Vlotman și Rycroft (2004) au elaborat ghiduri și programe pentru realizarea de calcule specifice îmbunătățirilor funciare. Aceste ghiduri pot fi utile în planificarea sistemelor de îmbunătățiri funciare considerând importanța acestora din punct de vedere al sustenabilității, problemelor de mediu și situației socio-economice.

Candidatul a reușit să obțină de la colaboratorii săi din străinătate o serie de programe pe care le-a utilizat ulterior în cercetările sale. Putem enumera aici următoarele programe: Espadren, Hidroesta, Integrated Flood Analysis Tool, Sisdrena, Drenafem etc.

Dintre preocupările specifice ale candidatului în cadrul utilizării programelor de calcul în proiectarea amenajărilor de îmbunătățiri funciare menționăm:

- Studiul cantitativ al debitelor descărcate de amenajările de desecare-drenaj;
- Studiul pierderilor de sarcină aferente unor sisteme de drenaj în condițiile utilizării unor materiale filtrante.

2.1.4.1 Studiul cantitativ al debitelor descărcate de amenajările de desecare-drenaj

Amenajările de desecare-drenaj, deși utile în vederea practicării unei agriculturi durabile, pot aduce prejudicii grave mediului înconjurător în cazul în care nu sunt planificate, proiectate și exploatare în mod corespunzător.

În întreaga lume, introducerea sistemelor de drenaj a dus la conservarea și îmbunătățirea a peste 1 milion de hectare teren pentru agricultură sau în alte scopuri. Beneficiile drenajului (câștigarea de teren agricol, îmbunătățirea calității terenului, sustenabilitatea terenurilor irigate) sunt asociate cu câteva dezavantaje. În unele cazuri, unele beneficii precum câștigarea de teren agricol pot însemna și apariția unor dezavantaje – dispariția unui ecosistem. Mai concret, un avantaj câștigat într-o anumită zonă poate aduce dezavantaje în același areal sau în altul.

Drenajul agricol are 3 obiective majore:

- prevenirea sau reducerea stagnării apei;
- controlul salinității;
- obținerea de terenuri noi, în special pentru agricultură.

Primele două obiective ținesc de conservarea sau îmbunătățirea arealelor agricole existente (expansiune pe verticală – calitativă) în timp ce al treilea obiectiv introduce noi arii în circuitul agricol (expansiune pe orizontală – cantitativă).

Instalarea unui sistem de drenaj are două efecte directe:

- reduce cantitatea de apă stocată pe sau în sol;
- introduce un debit de apă prin sistemul de drenaj.

În momentul introducerii unui sistem de drenaj într-o zonă se produce „manipularea” mediului. Putem defini mediul ca fiind totalitatea ecosistemelor de scări diferite – de la nivel local, regional, la cel global. Un ecosistem (sau sistem natural) este o amenajare dinamică de plante și animale cu cadrul lor natural înconjurător format din apă, aer, sol, nutrienți și energie. Lacurile, pădurile de mangrove, mlaștinile sau pajiștile sunt exemple de ecosisteme. De asemenea sunt orezăriile, polderile, amenajările piscicole, iazurile, și chiar grădinile. O categorie următoare, modificată de acțiunile umane, este reprezentată de ecosistemele manageriate, acestea fiind mai simple în comparație cu diversitatea vieții din ecosistemele nealterate.

Dezvoltarea cu succes a acestora depinde de o utilizare rațională a resurselor naturale și de minimizarea sau eliminarea oricăror impacte adverse asupra mediului prin îmbunătățirea planificării, proiectării și implementării proiectelor. Dorim ca utilizarea terenurilor în arealele respective să fie durabilă ceea ce înseamnă că dorim să manipulăm mediul în așa manieră încât productivitatea, respectiv fertilitatea acestora nu se vor diminua în timp în detrimentul bunăstării umane.

Comisia pentru Ecologie, Cooperare și Dezvoltare distinge trei categorii ale impactului de mediu:

- alterarea și/sau poluarea mediului;
- epuizarea și/sau supraexploatarea resurselor naturale;
- distrugerea și/sau degradarea gravă a ecosistemelor naturale.

Un efect direct al sistemelor de drenaj este reprezentat de o coborâre medie a nivelului freatic. Coborârea sistematică a acestuia crește producția agricolă dar poate avea efecte adverse serioase asupra aceleiași producții, asupra conservării naturii, a mediului (de exemplu prin cauzarea subsidenței). O metodă de a reduce aceste efecte negative se bazează pe realizarea unui nivel de drenaj variabil în decursul unui an. Astfel, pentru unele perioade care nu sunt critice pentru agricultură sau prezintă un deficit în umiditate se pot păstra nivelele freatice mai ridicate.

Un efect foarte cunoscut al drenajului este reprezentat de subsidența suprafeței terenului. În mod special, subsidența ireversibilă a terenurilor turboase ca rezultat al oxidării are repercusiuni majore asupra mediului. Rata oxidării este legată de adâncimea nivelului freatic și de temperatură: cu un nivel freatic ridicat și temperatură scăzută, rata oxidării este mică. Pentru a conserva stratul turbos, un nivel freatic ridicat trebuie menținut. Un nivel freatic ridicat implică o capacitate portantă scăzută a terenului. În aceste condiții acest tip de soluri nu este potrivit pentru culturi arabile care necesită un nivel aerat relativ adânc și o capacitate portantă potrivită pentru a suporta mașinile agricole, cu excepția cazurilor când se acceptă o rată a subsidenței ridicate și există resurse financiare pentru costuri de pompare ridicate pentru a se păstra nivelul freatic suficient de adânc.

În agricultura irigată, irigația însăși este sursa principală de săruri. Aproximativ o treime din suprafața totală irigată (270 milioane hectare) este afectată într-o anumită măsură de salinizare. Chiar dacă apa din irigații este de bună calitate, aceasta aduce un aport important de săruri. În regiunile aride și semi-aride, irigațiile pot cauza salinizare secundară prin ridicare capilară din nivelul freatic. Pentru prevenirea salinizării, toate aceste săruri trebuie îndepărtate prin drenaj. Drenajul este prețul care trebuie plătit pentru o agricultură durabilă în zonele irigate. Uneori, îmbunătățirea drenajelor poate fi o sursă adițională de săruri exemplu fiind situația când coborârea nivelului freatic induce scurgeri saline din zonele înconjurătoare sau când scurgerea drenajului aduce în soluție săruri din straturile adânci ale solului. Ambele efecte cresc salinitatea efluentului drenat cu efecte asupra mediului atât în cadrul zonei drenate cât și în aval.

Un nivel freatic coborât în zona amenajată poate duce la creșterea infiltrațiilor în aria menționată din cauza creșterii gradientului hidraulic. Dacă infiltrațiile sunt de apă dulce, singurul efect este reprezentat de creșterea debitului drenat și, în unele cazuri, de scăderea nivelului freatic în amonte de aria amenajată. Dacă infiltrațiile sunt sărate sau salmastre, sărurile aduse în cadrul ariei amenajate cresc riscul salinizării, ceea ce poate avea efecte în aval.

Unul din efectele directe ale drenajului este acela că introduce o deversare prin sistemul de drenaj. Apa acționează astfel ca un căraș pentru toate tipurile de elemente solubile care sunt stocate în sol. Aceste elemente pot fi percolate din sol și pot polua efluentul drenat. Uneori aceasta acțiune este intenționată pentru a se realiza îndepărtarea sărurilor dar există și cazuri în care reprezintă un efect advers nedorit. Efectele pe care aceste elemente le au asupra mediului depind, printre altele, de condițiile climatice, practicile agricole, și tipul de sol. Uneori, efectul poate fi pozitiv (când pierderile de nutrienți pot fi reduse), uneori negativ (când aplicarea fertilizanților este excesivă). Dacă efectele sunt negative, măsuri preventive de reducere a scurgerii apei drenate sunt deseori singurele opțiuni deoarece măsurile de tratare a poluării non-punctuale sunt foarte scumpe.

Uneori, eficiența drenajelor poate fi îmbunătățită prin instalarea unui drenaj la mică adâncime sau prin menținerea unui nivel freatic mai înalt pe durata unor sezoane. Aceste măsuri nu numai că reduc deficitul de apă dar previn drenajul acviferelor saline care pot deteriora calitatea apei drenate.

Toate aceste categorii ale impactului de mediu respectiv acțiunile induse de către instalarea unui sistem de drenaj fac deosebit de importantă monitorizarea cantitativă și calitativă a debitelor drenate respectiv variația adâncimii nivelului freatic.

Pentru reprezentarea descărcării drenurilor pe un interval de timp cu o distribuție neuniformă a reîncărcării, perioada de timp este împărțită în intervale de lungime egală. De Zeeuw și Hellings au descoperit că, dacă reîncărcarea R în fiecare perioadă de timp este

presupusă a fi constantă, schimbările în descărcarea drenurilor sunt proporționale cu reîncărcarea în exces (R-q), proporționalitatea constantă fiind factorul de reacție α .

$$\frac{dq}{dt} = \alpha(R - q) \quad (1)$$

Integrând între limitele $t = t$: $q = q_t$ și $t = t - 1$: $q = q_{t-1}$ obținem:

$$q_t = q_{t-1}e^{-\alpha\Delta t} + R(1 - e^{-\alpha\Delta t}) \quad (2)$$

unde: $\Delta t = t - (t - 1)$ intervalul de timp în care reîncărcarea se presupune a fi constantă.

Se poate simula adâncimea nivelului freatic prin introducerea ecuației simplificate Hooghoudt care neglijează scurgerea deasupra nivelului drenurilor:

$$q = \frac{8Kd}{L^2} h \quad (3)$$

Putem face aici înlocuirea $\frac{Kd}{L^2}$ cu $\frac{\mu\alpha}{\pi^2}$ iar ecuația precedentă devine:

$$q = \frac{8Kd}{L^2} h = \frac{8\mu\alpha}{\pi^2} h \approx 0,8\mu\alpha h \quad (4)$$

Inlocuind ecuația de mai sus în:

$$q_t = q_{t-1}e^{-\alpha\Delta t} + R(1 - e^{-\alpha\Delta t}) \quad (5)$$

obținem:

$$h_t = h_{t-1}e^{-\alpha\Delta t} + \frac{R}{0,8\mu\alpha} (1 - e^{-\alpha\Delta t}) \quad (6)$$

Putem folosi ecuațiile $q_t = q_{t-1}e^{-\alpha\Delta t} + R(1 - e^{-\alpha\Delta t})$ și $h_t = h_{t-1}e^{-\alpha\Delta t} + \frac{R}{0,8\mu\alpha} (1 - e^{-\alpha\Delta t})$

pentru a simula descărcarea drenurilor și fluctuațiile nivelului freatic pe baza unei distribuții critice a intensității precipitațiilor obținute din baze de date.

Simularea debitelor descărcate de către un sistem de drenaj se poate realiza cu ajutorul programelor de calcul specializate, un exemplu în acest sens fiind programul SISDRENA.

Programul SISDRENA a fost conceput în cadrul Departamentului de Ingineria Biosistemelor, Colegiul de Agricultură „Luiz de Queiroz” Piracicaba, Brazilia. Este un model unidimensional care ia în considerare majoritatea componentelor ce afectează balanța apei într-o secțiune de sol omogen, la mijlocul distanței dintre două drenuri paralele și care se extinde de la stratul impermeabil la suprafață. Componentele considerate în analiză sunt: precipitațiile, scurgerea de suprafață, infiltrația, percolația, aportul din apa subterană către zona rădăcinilor, evapotranspirația și drenajul.

Modelul SISDRENA utilizează baze de date cu valori zilnice ale precipitațiilor și evapotranspirației potențiale, date privind caracteristicile fizice ale solului, caracteristicile culturilor, sistemul de drenaj, rezultatele oferite referindu-se la simularea scurgerii de suprafață, poziția curbei de depresiune între drenuri, debitul descărcat de drenuri, evapotranspirația actuală și cantitatea de apă stocată în zona radiculară. În cadrul modelului, poziția nivelului apei este estimată cu ajutorul ecuației De Zeeuw-Hellinga.

Un studiu în acest sens a fost realizat pentru zona Făget, județul Timiș. În cercetări a fost utilizat un dren cu diametrul de 5 cm, materialul filtrant a fost ales Filtex având o grosime $\delta = 0.6$ cm, $K_{sol} = 0.5m/zi$, $h = 0.6m$, adâncimea stratului impermeabil = 3m, adâncimea drenurilor = 1.4 m. Utilizând valorile anterioare și respectiv programele DrenVSubIr și Espadren pentru calculul distanței între drenuri (aplicându-se formula Ernst) au fost determinate valorile pentru L

prezentate în tabelul de mai jos. De menționat aici faptul că programul Espadren nu ia în calcul pierderile de sarcină la intrarea apei în tubul de dren.

Tabel 1

	DrenVSubIr (fără filtru)	DrenVSubIr (cu filtru)	Espadren (fără filtru)
L	16.61 m	22.94 m	20.27 m

Aceste valori au fost utilizate ulterior ca și date de intrare în programul Sisdrena obținându-se graficele debitelor descărcate de către drenuri respectiv poziția nivelului freatic față de linia drenurilor pentru fiecare din cele 3 situații. Valorile precipitațiilor sunt cele aferente anului 2010, stația meteo din Lugoj.

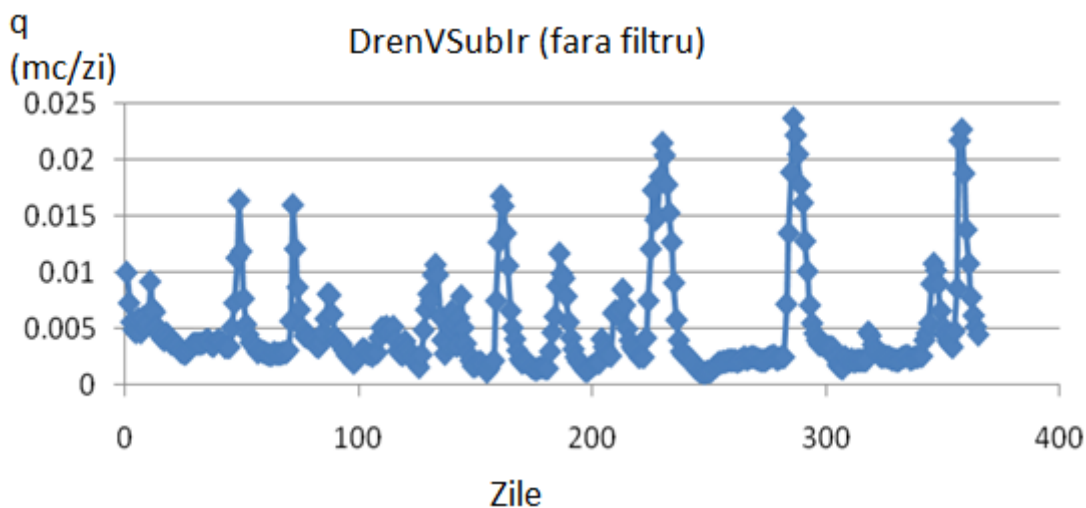


Figura 1 Graficul debitului descărcat de drenuri în varianta distanței dintre drenuri determinată cu programul DrenVSubIr, soluția fără filtru

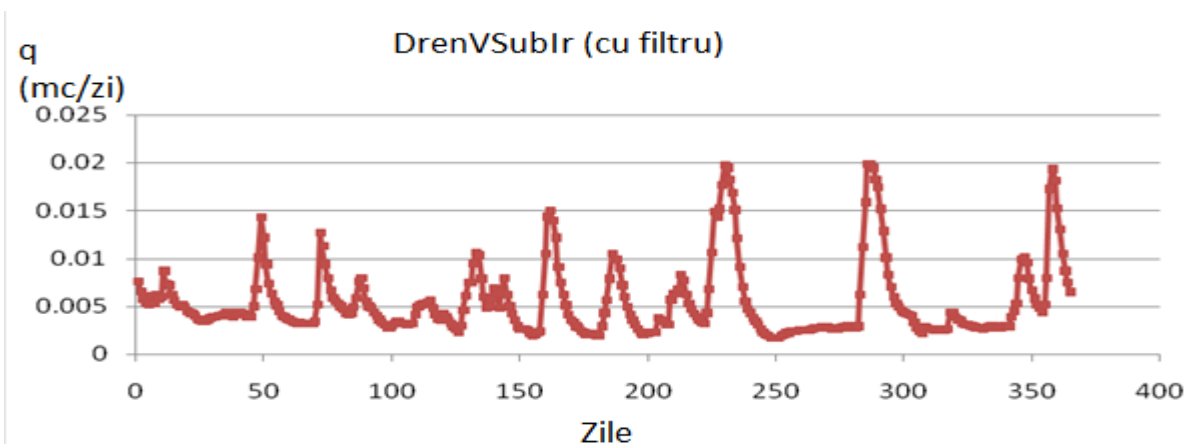


Figura 2 Graficul debitului descărcat de drenuri în varianta distanței dintre drenuri determinată cu programul DrenVSubIr, soluția cu filtru

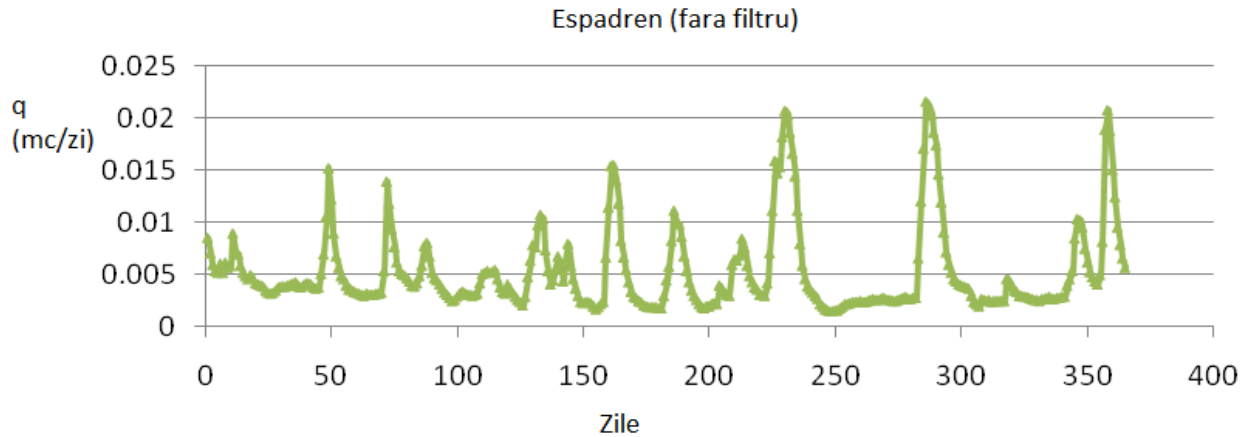


Figura 3 Graficul debitului descărcat de drenuri în varianta distanței dintre drenuri determinată cu programul Espadren, soluția fără filtru

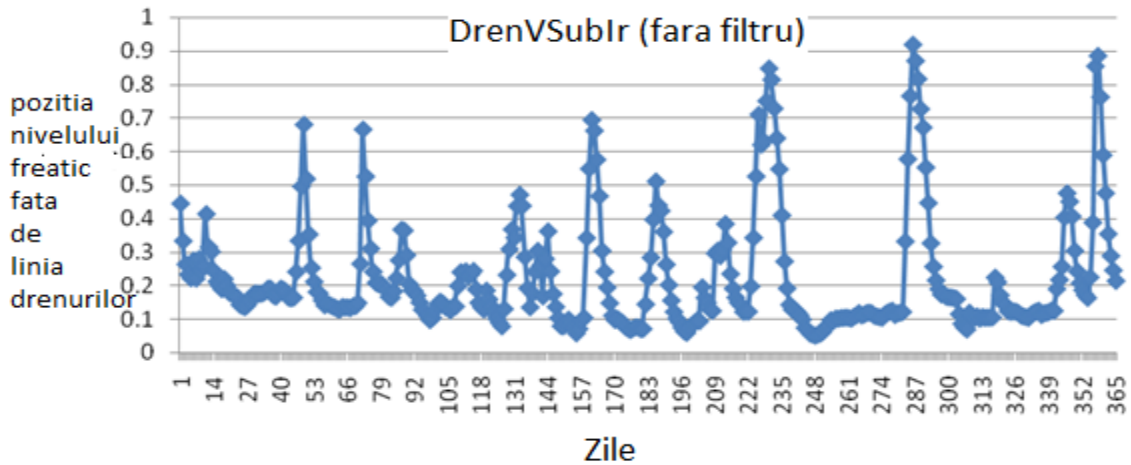


Figura 4 Graficul reprezentând poziția nivelului freatic față de linia drenurilor în varianta distanței dintre drenuri determinată cu programul DrenVSubIr, soluția fără filtru

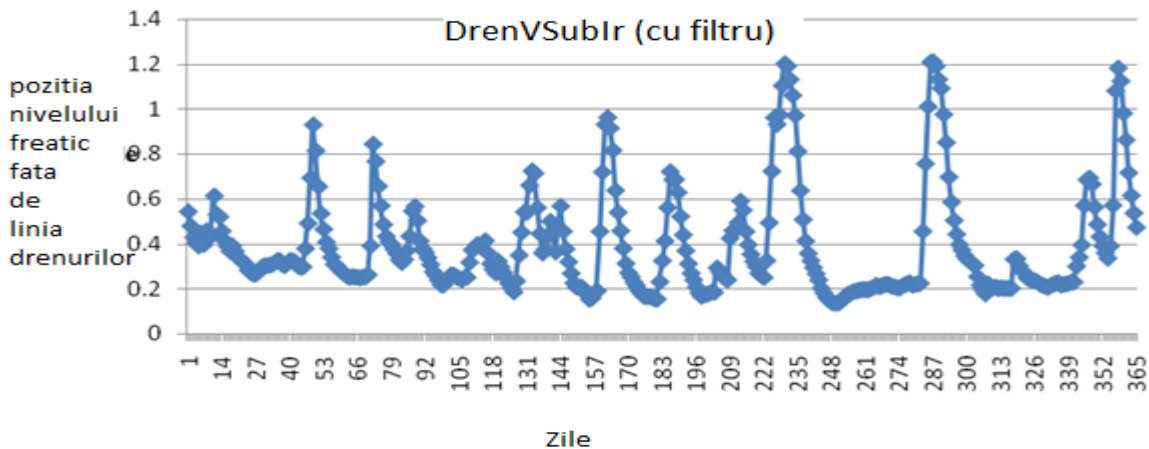


Figura 5 Graficul reprezentând poziția nivelului freatic față de linia drenurilor în varianta distanței dintre drenuri determinată cu programul DrenVSubIr, soluția cu filtru

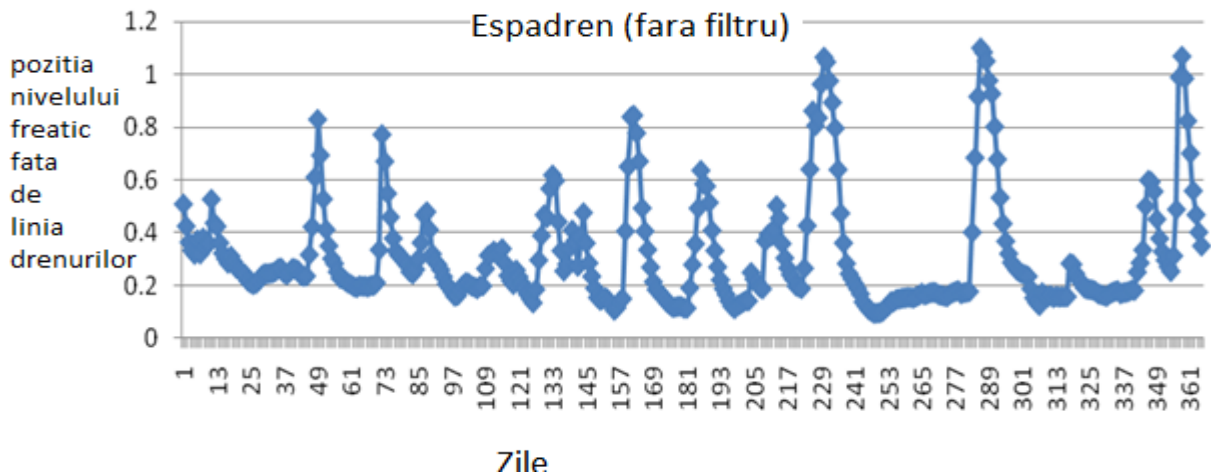


Figura 6 Graficul reprezentând poziția nivelului freatic față de linia drenurilor în varianta distanței dintre drenuri determinată cu programul Espadren, soluția fără filtru

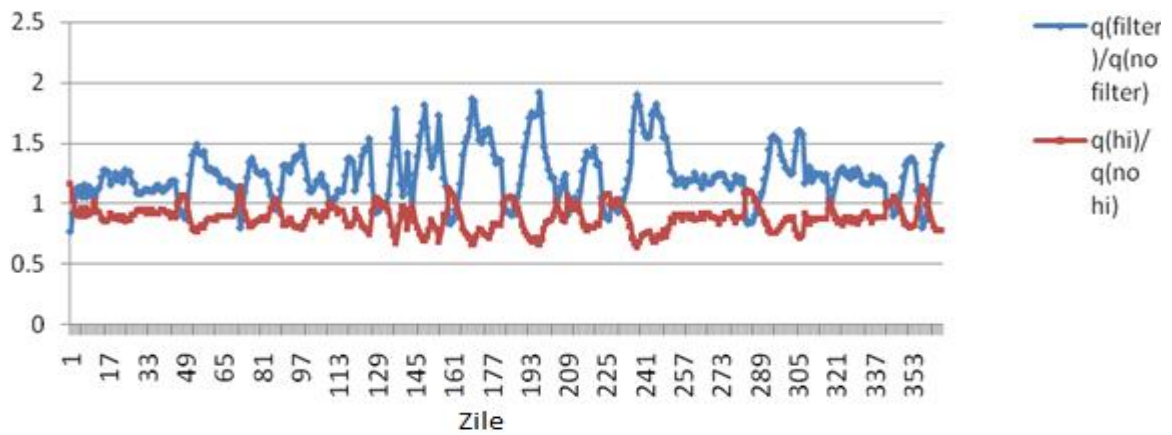


Figura 7 Graficul reprezentând influența filtrului și a luării în considerare a pierderii de sarcină la intrarea apei în complexul dren-filtru asupra debitelor descărcate de sistemul de drenaj

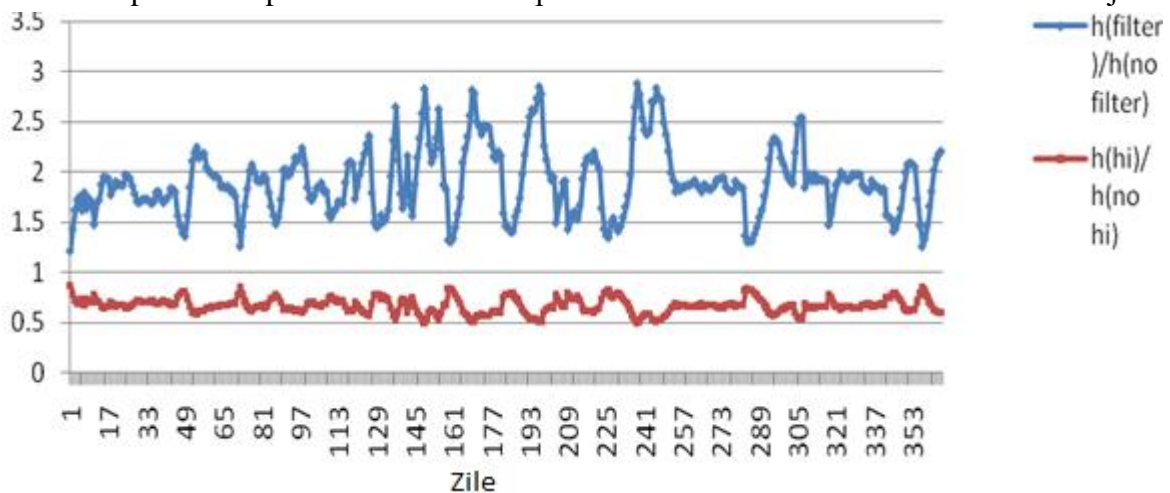


Figura 8 Graficul reprezentând influența filtrului și a luării în considerare a pierderii de sarcină la intrarea apei în complexul dren-filtru asupra poziției nivelului freatic în raport cu linia drenurilor

Rezultatele cercetărilor au fost prezentate în cadrul unor conferințe internaționale prin intermediul unor lucrări care au fost indexate în baze de date recunoscute internațional:

R. Hălbac-Cotoară-Zamfir (2011) *Efficient methods for land drainage design using computerized non steady-state methods, Actual Tasks on Agricultural Engineering-Zagreb Volume: 39, 39th International Symposium on Agricultural Engineering Location: Opatija, CROATIA, 1333-2651, 21-25 FEBRUARIE 2011, 281-287; WOS:000290918800028;*

R. Halbac-Cotoara-Zamfir, De Miranda J.H. (2012). *A comparison regarding models used in agricultural drainage systems design in Brazil and Romania, 40th International Symposium on Agricultural Engineering, 21-24 February, Opatija, Croatia, ISSN 1333-2651, pp. 97-106; WOS:000309447100009, IDS BCA45*

2.1.4.2 Studiul pierderilor de sarcină aferente unor sisteme de drenaj în condițiile utilizării unor materiale filtrante.

În proiectarea sistemelor de drenaj orizontal, caracteristicile mișcării apei din zona adiacentă drenurilor și către acestea joacă un rol important. În ceea ce privește condițiile intrării apei în drenuri putem delimita următoarele situații caracteristice:

- Condiții de intrare apropiate drenului ideal;
- Condiții de intrare apropiate drenului real (dren prevăzut cu slițuri și fante prin care apa intră în tubul de dren și care dau naștere rezistenței hidraulice)
- Condiții de intrare apropiate drenului real în condițiile existenței unor materiale filtrante, când mișcarea apei are loc într-un mediu poros omogen (Dieleman și Trafford, 1976; Wu, 1988)

Condițiile de intrare reale (dren prevăzut cu fante și slițuri de intrare, prezența materialelor filtrante sau existența unei zone colmatate în apropierea drenului) pot influența substanțial forma piezometrică ce formează mijlocul distanței dintre drenuri reprezentând valoarea rezistenței hidraulice printr-un mediu masiv, poros, prin filtru și orificiile drenului (Dieleman și Trafford, 1976; Wu, 1988).

Efectul filtrului a fost analizat de Widmoser și mai recent de Stuyt, primul obținând formula pentru cazul unui filtru de o grosime mare și un tub de dren cu orificii longitudinale continue. Studiile experimentale și analizele teoretice asupra efectelor complexului tub de dren – filtru au fost în atenția multor cercetători fiind scoasă în evidență necesitatea realizării unor analize a fenomenelor hidraulice din vecinătatea drenului, fenomene care pot influența în anumite condiții bine determinate eficiența sistemului de drenaj (Stuyt și colab., 2005).

Curgerea apei către drenuri poate fi împărțită în curgere verticală, curgere orizontală, curgere radială și respectiv componeta curgerii de la intrarea în tubul de dren. Pierdere totală de sarcină (h_t) va reprezenta suma celor 4 tipuri de pierderi de sarcină aferente tipurilor de curgere identificate.

Pierdere totală de sarcină a fost enunțată de Ernst astfel (Ernst, 1954):

$$h_t = h_v + h_h + h_r + h_e \quad (7)$$

Una dintre ipotezele cel mai des utilizate în proiectarea sistemelor de drenaj este aceea a „drenului ideal” fără rezistență la intrarea apei în dren, unde tubul de dren poate fi considerat ca echipotențial. Rezistența la intrare a fost neglijată de mulți autori datorită faptului că aceștia au considerat că împrejurmările drenului au o conductivitate hidraulică foarte mare comparativ cu solul nealterat. Experiențele practice au arătat însă că această ipoteză nu are o arie de valabilitate foarte mare.

Pentru o proiectare rațională a sistemelor de drenaj se impune așadar considerarea în calcule a pierderilor de sarcină datorate complexului dren – material filtrant prin completarea ecuației Ernst cu un termen specific.

$$h = \frac{q \cdot D_v}{K} + \frac{q \cdot L^2}{8 \cdot K \cdot T_c} + \frac{q \cdot L}{K} \cdot \ln \frac{\alpha \cdot D_0}{U} + \frac{q \cdot L}{K} \cdot \zeta_{if} \quad (8)$$

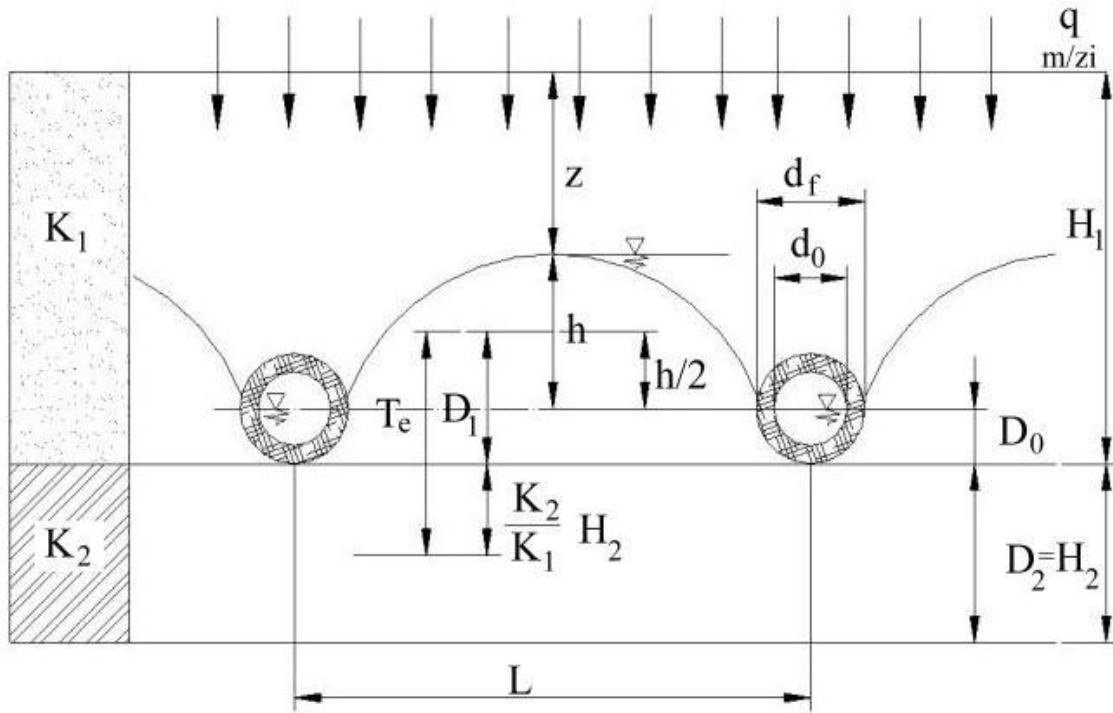


Figura 9 Schema grafică a ecuației Ernst

Valorile h

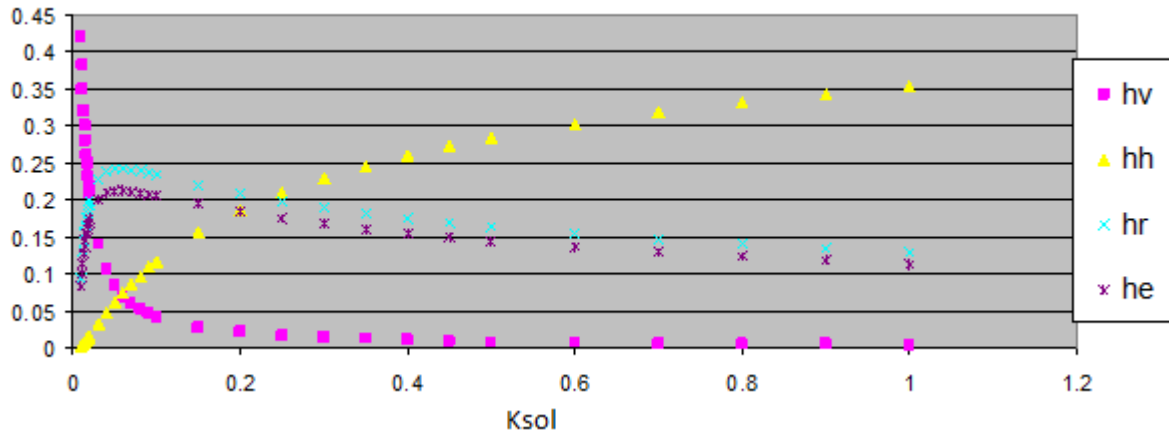


Figura 10 Variația pierderilor de sarcină funcție de conductivitatea hidraulică a solului pentru un tub de dren cu diametrul de 5 cm fara filtru

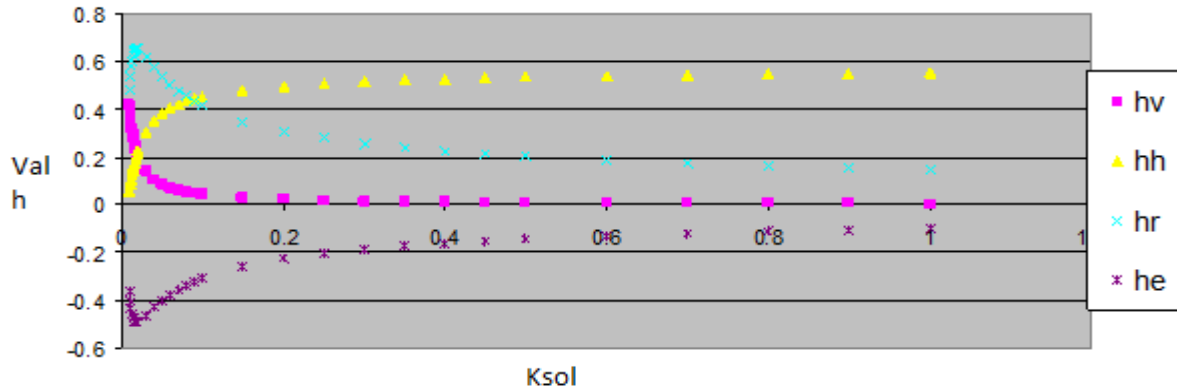


Figura 11 Variația pierderilor de sarcină funcție de conductivitatea hidraulică a solului pentru un tub de dren cu diametrul de 5 cm cu filtru (saci uzati) (simulare utilizând valori de intrare oferite de DrenVSubIr)

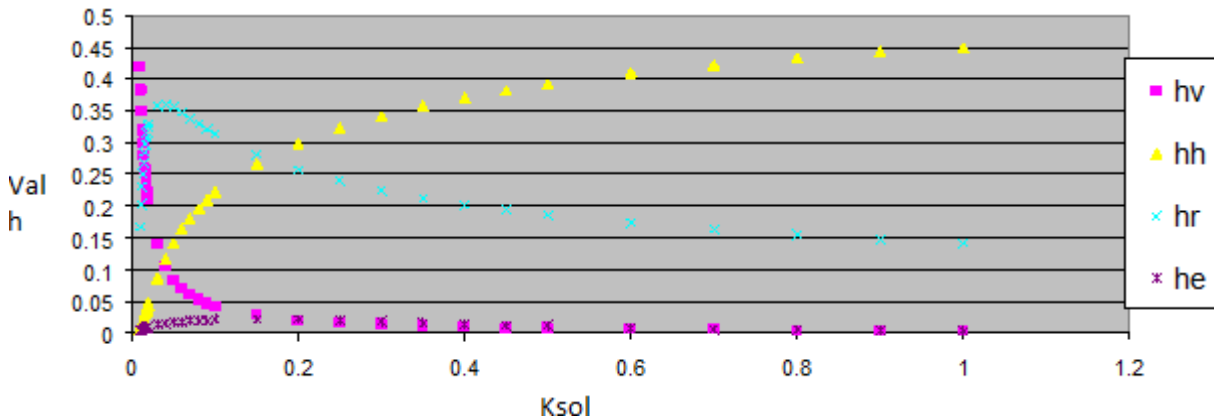


Figura 12 Variația pierderilor de sarcină funcție de conductivitatea hidraulică a solului pentru un tub de dren cu diametrul de 5 cm cu filtru (nisip) (simulare utilizând valori de intrare oferite de DrenVSubIr)

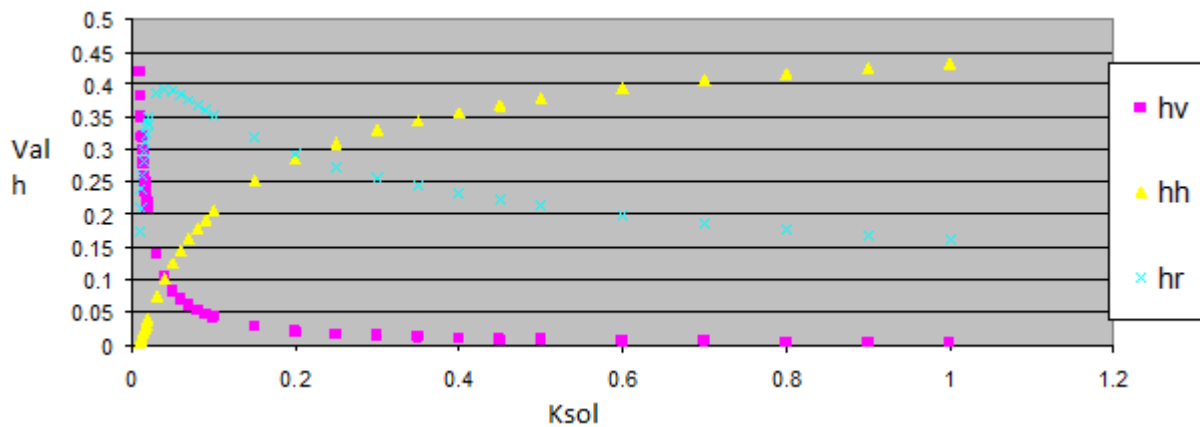


Figura 13 Variația pierderilor de sarcină funcție de conductivitatea hidraulică a solului pentru un tub de dren cu diametrul de 5 cm fara filtru (simulare utilizând valori de intrare oferite de Espadren)

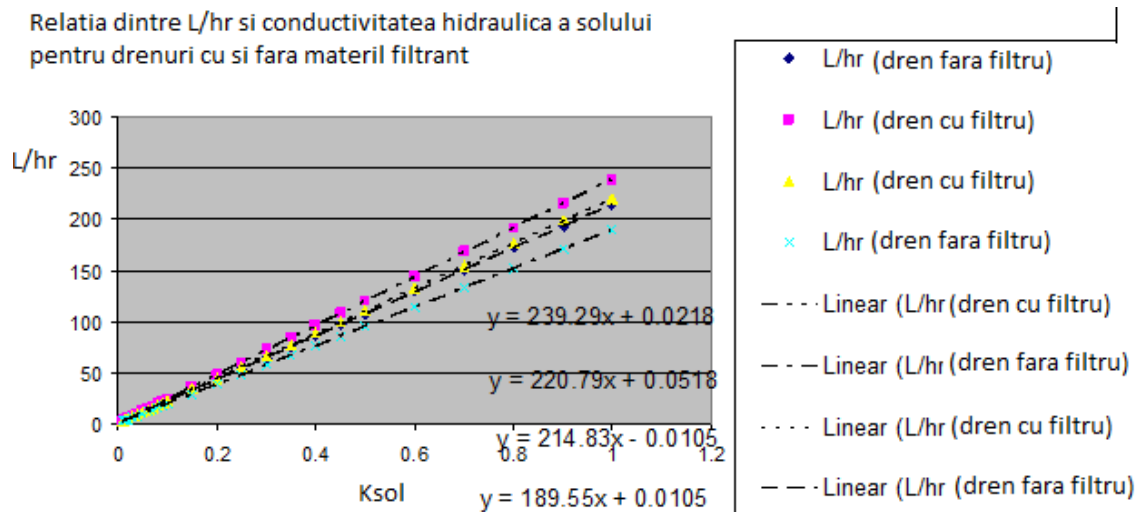


Figura 14 Relația dintre L/hr și conductivitatea hidraulică a solului pentru drenuri cu și fără material filtrant

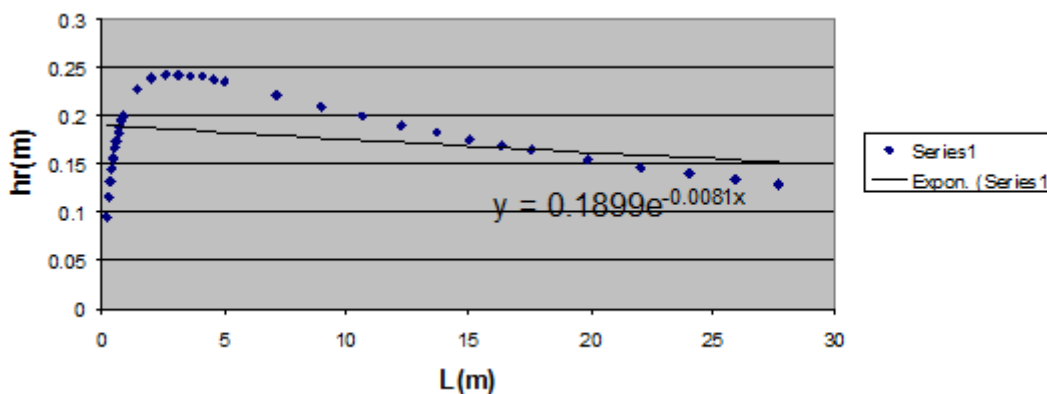


Figura 15 Relația dintre h_r și L pentru un tub de dren cu diametrul de 5 cm, fără material filtrant (DrenVSubIr)

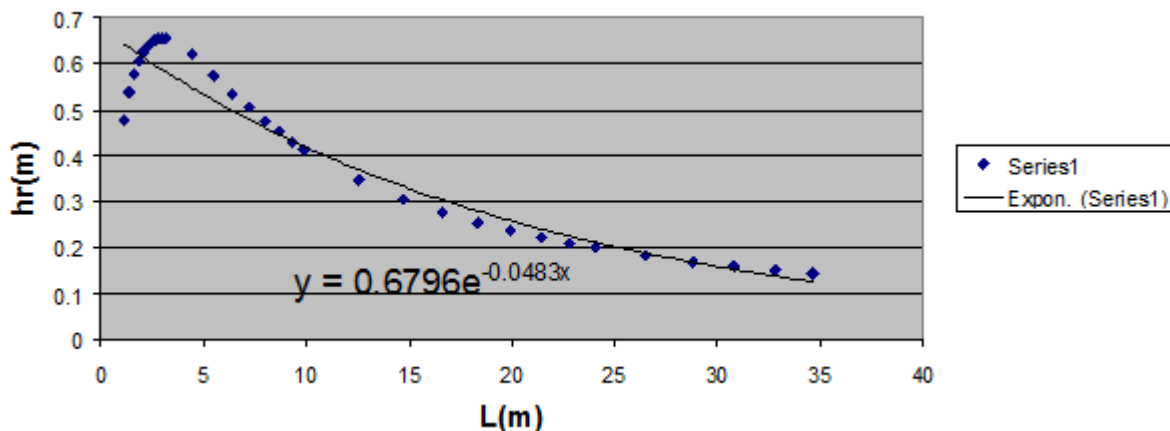


Figura 16 Relația dintre h_r și L pentru un tub de dren cu diametrul de 5 cm cu material filtrant (saci uzați 0.6 cm grosime) (simulare pe baza datelor oferite de DrenVSubIr)

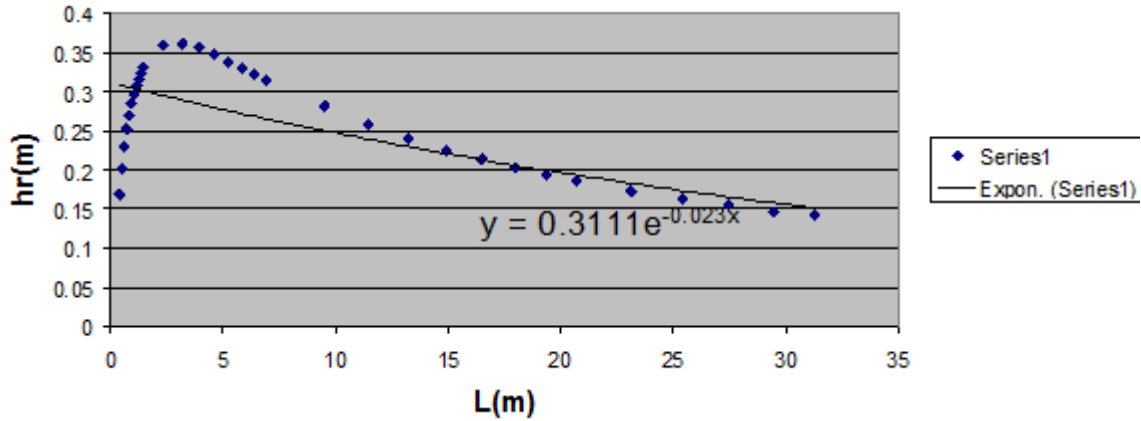


Figura 17 Relația dintre h_r și L pentru un tub de dren cu diametrul de 5 cm cu material filtrant (nisip 0.15 cm grosime) (simulare realizată pe baza datelor oferite de programul DrenVSubIr)

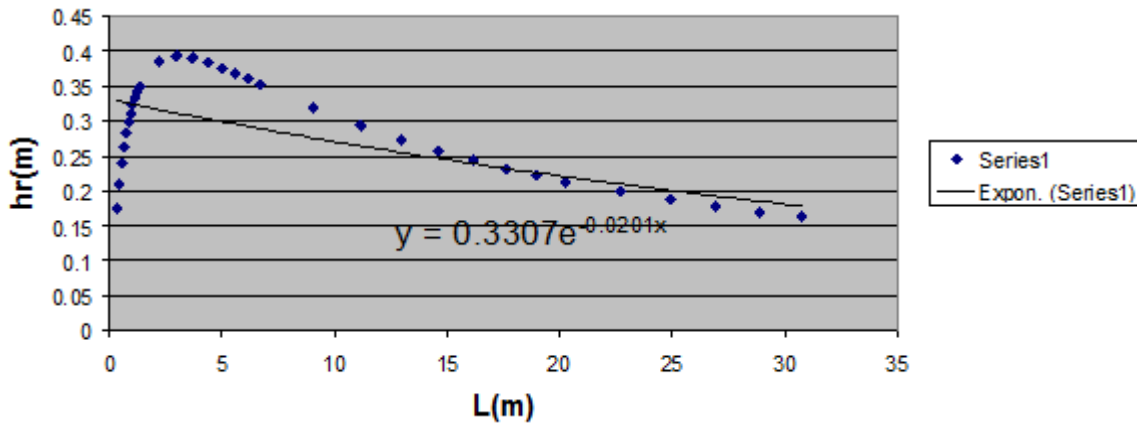


Figura 18 Relația dintre h_r și L pentru un tub de dren cu diametrul de 5 cm, fără material filtrant (simulare realizată pe baza datelor oferite de programul Espadren)

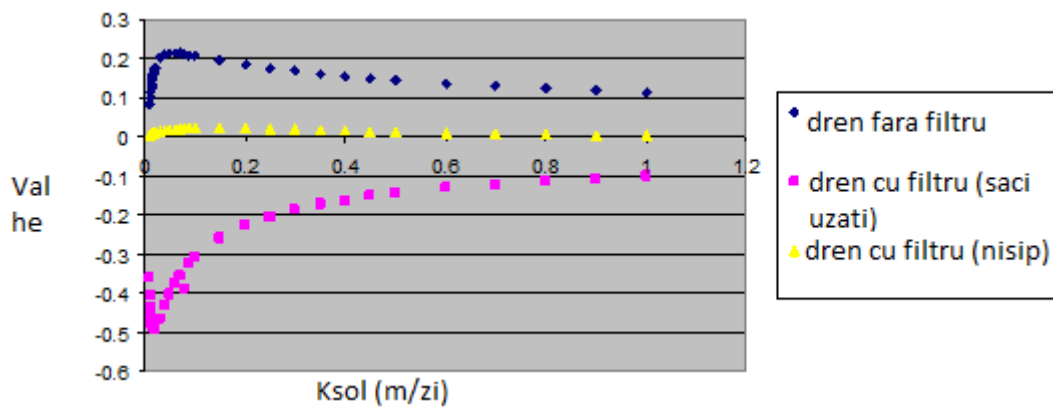


Figura 19 Relația dintre K_{sol} și h_e

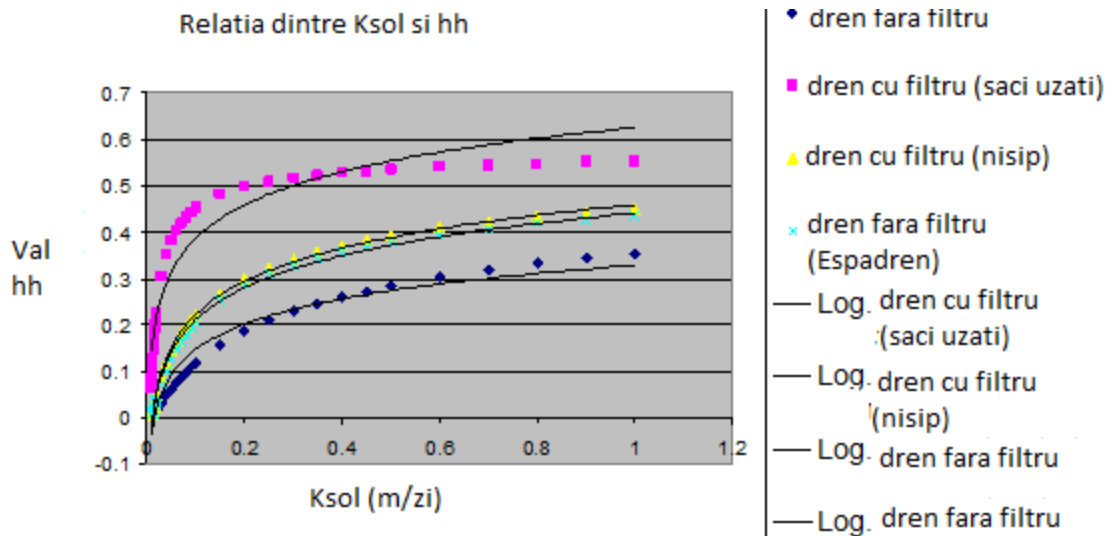


Figura 20 Relația dintre K_{sol} și h_h

Comparând rezultatele simulărilor efectuate se poate observa că distanța dintre drenuri este afectată cel mai mult de valoarea pierderii de sarcină hidraulică și respective de conductivitatea hidraulică a solului. Pentru valori ale K_{sol} foarte scăzute (0.01 – 0.02 m/zi), rezultatele sunt aproape similare demonstrând un comportament aproape identic al solurilor foarte puțin permeabile la măsurile de îmbunătățiri funciare (în cazul de față drenajul subteran).

Pierdere de sarcină radială este direct proporțională cu distanța dintre drenuri. Pe măsură ce K_{sol} crește, efectul filtrului atașat drenului se reduce dar relația dintre pierdere de sarcină radială și distanța dintre drenuri se păstrează, pentru o creștere a pierderii de sarcină radiale de x ori, identificând o creștere a distanței între drenuri de $x.1$ ori.

Este de asemenea deosebit de important să observăm că fiecare tip de dren, cu sau fără material filtrant atașat, prezintă un vârf al pierderii de sarcină radiale. Acest vârf poate fi identificat în cazul unor valori foarte mici ale lui K_{sol} (<0.02 m/zi) în cazul materialelor filtrante cu pierdere de sarcină negativă la intrarea apei în complexul dren-filtru sau în cazul unor valori foarte mici ale K_{sol} (0.02 – 0.08 m/zi – soluri slab permeabile) în cazul drenurilor fără filtru sau cu filtre cu pierdere de sarcină pozitivă la intrarea apei în complexul dren-filtru.

Pierdere de sarcină la intrarea apei în dren prezintă la rândul ei un set de valori minime ce depind de grosimea filtrului respectiv de conductivitatea hidraulică a solului.

Rezistența la intrarea apei în tubul de dren (sau complexul dren-filtru) este o rezistență a curgerii din vecinătate și care este afectată de proprietățile fizice ale solului alterat din jurul drenului, de distanța dintre drenuri respectiv de materialele utilizate. Rezistența la intrare poate fi calculată teoretic din forma și distribuția perforațiilor sau prin modelarea cu acuratețe a curgerii apei către drenuri. Prin compararea rezultatelor obținute cu programul Espadren (dren fără filtru – pierdere de sarcină la intrare nu este luată în considerare) cu programul DrenVSubIr (dren având ca material filtrant nisipul și care ia în calcul și pierdere de sarcină la intrarea apei în complexul dren-filtru) se poate observa că efectul acestui filtru (material filtrant) este foarte scăzut. Cu toate acestea, neluarea în considerare a acestui tip de pierdere de sarcină la determinarea distanței dintre drenuri poate duce la erori considerabile. În ceea ce privește materialul filtrant, cea mai importantă caracteristică, cu impact în proiectarea distanței dintre drenuri, este grosimea materialului filtrant și nu coeficientul de permeabilitate inițial sau cel de după colmatare. Pentru cazurile studiate, pierdere de sarcină radială nu are nicio influență în

timp ce pierderea de sarcină orizontală este legată doar de conductivitatea hidraulică a solului (este proporțională cu K_{sol}) și poate fi definită prin ecuații logaritmice.

Modelul curgerii apei în zona drenurilor este foarte complex datorită alterării solului unde caracteristicile fizice sunt eterogene și se modifică în timp fiind astfel dificil de prognozat. O analiză amănunțită poate fi realizată pentru a identifica variabilele dominante ale pierderii de sarcină în proiectarea drenajelor. Rezultatele obținute pot fi astfel utilizate în determinarea parametrilor utilizați ca și date de intrare în proiectarea unui sistem de drenaj subteran. Distanța dintre drenuri este sensibilă la modificări ale componentei radiale și a conductivității hidraulice a solului dar nu prezintă alterări în cazul unor modificări ale componentelor orizontale și verticale.

Toate aceste corelații între diferiți parametrii trebuie analizate în profunzime și cu acuratețe pentru a îmbunătăți eficiența proiectării sistemelor de drenaj subteran și ulterior eficiența exploatării acestora.

Rezultatele cercetărilor au fost prezentate în cadrul unor conferințe internaționale prin intermediul unor lucrări care au fost indexate în baze de date recunoscute internațional:

Halbac-Cotoara-Zamfir R. (2013). *The study of head losses for land drainage pipes with and without filtering materials, 8th WSEAS International Conference on Energy and Environment, Vol. Recent Advances in Energy and Environmental Management, Energy, Environmental and Structural Engineering Series, Rhodes Island, Greece, pp. 33-38, ISSN 2227-4359, ISBN 978-960-474-312-4;*

Halbac-Cotoara-Zamfir R., Circu C. (2013). *Considerations on unsteady-state land drainage for soils with humidity excess, 8th WSEAS International Conference on Energy and Environment, Vol. Recent Advances in Energy and Environmental Management, Energy, Environmental and Structural Engineering Series, Rhodes Island, Greece, pp. 39-42, ISSN 2227-4359, ISBN 978-960-474-312-4;*

Halbac-Cotoara-Zamfir R. (2011) *An analysis of drainage head losses using computer science, The 22nd DAAAM International Symposium Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity, Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium, Vienna, ISBN 978-3-901509-83-4, ISSN 1726-9679, pg. 1617-1618.*

2.1.5 Managementul cantitativ al resurselor de apă cu ajutorul unor programe specializate de simulare și modelare

Dezvoltarea unor sisteme de prognoză a inundațiilor și de alarmare timpurie este percepută ca o metodă rapidă și eficientă de a reduce efectele acestor evenimente prin minimizarea pierderilor umane și materiale în țările unde regularizarea râurilor nu a atins un prag satisfăcător. Progresele în acest sens, deși au atins un nivel remarcabil, nu au ajuns încă la eficiența dorită.

Unul din principalele obstacole în îmbunătățirea prognozei inundațiilor este dificultatea de a dispune de suficiente stații de observare și alte facilități specifice cunoscând faptul că sistemele de alarmare timpurie necesită seturi de date din zonele amonte pentru o funcționare corespunzătoare. În alte situații, deși datele în timp real sunt disponibile, nu există baze de date cu valori istorice pentru a putea trasa relațiile dintre precipitații și inundații. Nu în ultimul rând, costul integrării sistemelor de prognoză a inundațiilor la nivelul fiecărui bazin este unul ridicat.

Astfel, prin utilizarea datelor privind precipitațiile din sateliți de observare a pamântului și din implementarea calculului scurgerii de suprafață și a prognozei inundațiilor fără o dependență excesivă de stațiile meteorologice terestre este posibil să afirmăm că dezvoltarea și

implementarea sistemelor de alarmă și de prognoză a inundațiilor sunt promovate la un nou nivel superior.

Diversitatea bazinelor hidrografice precum și numărul necesar de puncte de măsurare a diferiților parametri au impus realizarea unui program în care funcțiile acestuia permit setarea parametrilor pe câteva condiții similare (crearea modulelor modelului, topografie, geologie, folosința terenurilor) necesare calculării scurgerii de suprafață și prognozării inundațiilor. Pe baza acestor considerente, Centrul Internațional pentru Hazardele Apei și Managementul Riscurilor a pornit dezvoltarea programului IFAS.

Programul IFAS poate fi utilizat în studiile de desecare-drenaj în special prin analiza distribuției spațiale a drenajului respectiv a influenței folosinței terenurilor și a acviferelor asupra scurgerii de suprafață. Ca și studiu de caz a fost ales bazinul hidrografic al râului Bega Veche, respectiv sistemul de desecare-drenaj Bega Veche – Vest Timișoara. Bega Veche reprezintă vechea albie a râului Bega și practic este o continuare a râului Beregsău. Pe o lungime de 107 km acest râu drenează o suprafață de 2108 km². Debitul mediu multianual variază funcție de altitudine și prezintă valori între 2 l/s/km² și 18 l/s/km². În bazinul hidrografic al râului Bega Veche, suprafețele agrare reprezintă aproximativ 75% din totalul suprafeței, arealele forestiere fiind nesemnificative lucru ce influențează esențial și în mod negativ condițiile scurgerii din această zonă.



Figura 21 Bazinul hidrografic al râului Bega Veche

Acest bazin a fost analizat cu ajutorul programului IFAS (Integrated Flood Analysis Software – Program de analiză integrată a inundațiilor). IFAS permite calculul debitelor descărcate de către râuri utilizând date satelitare și terestre ale precipitațiilor. Câțiva dintre parametrii utilizați de acest program pot fi obținuți fără costuri (date privind topografia, folosința terenurilor, date satelitare privind precipitațiile). IFAS ajută la predicția și analiza temporală și spațială a inundațiilor în bazine insuficient standardizate. În cadrul programului, rețeaua albiciei râului este creată prin celule reprezentând elevația terenului. Apa se scurge către celulele cu valori mai mici însă ea poate întâlni și mici depresiuni pot afecta cursul scurgerii. În acest caz, IFAS permite mici ajustări astfel încât să poată fi creat cursul râului cât mai aproape de cel real.

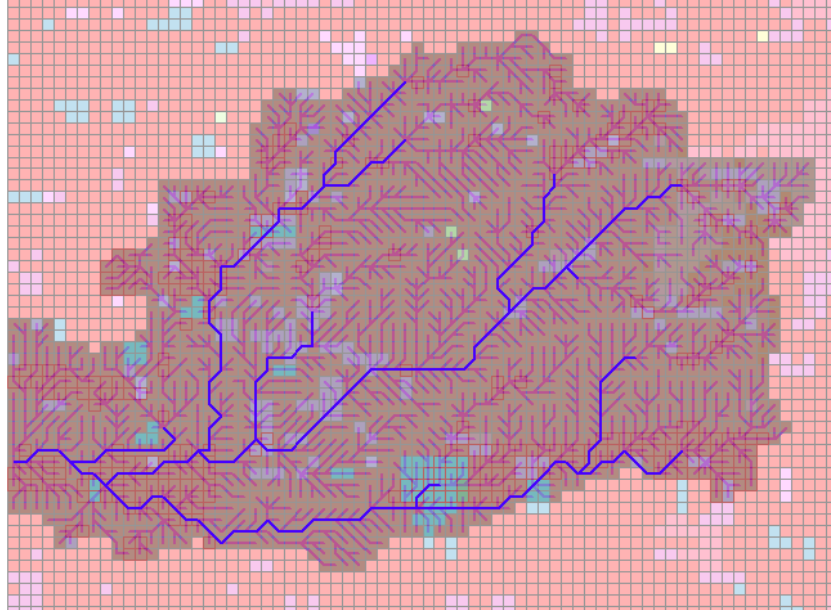


Figura 22 Cursul drenajului în bazinul Bega Veche (prelucrare IFAT)

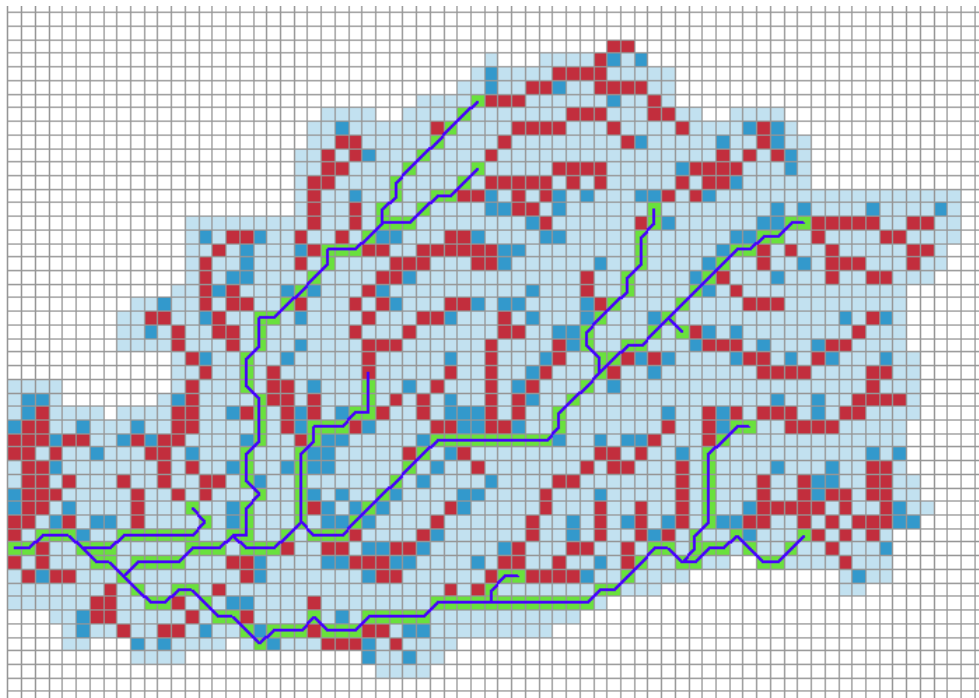


Figura 23 Parametrii ai cursului de apă de suprafață și ai acviferelor aferenți râului Bega Veche (prelucrare IFAS)

Sistemul de desecare-drenaj Bega Veche – Vest Timișoara utilizează ca și colector principal vechea albie a râului Bega înainte de regularizarea acestuia. Sistemul actual a fost reabilitat în anul 1968 și acoperă o suprafață de 11500 ha la vest de orașul Timișoara. În acest sistem, suprafețele afectate de exces de umiditate și care dispun de lucrări de drenaj acoperă o arie de 9900 ha. Din cauza existenței a două cursuri de apă natural, Bega și Bega Veche acestea

având diferite regimuri de curgere, exploatarea sistemului de drenaj a fost realizată pentru 2 situații diferite de operare privind evacuarea debitelor în exces: gravitațional și prin pompare. Apa în exces este evacuată cu ajutorul unei rețele de canale deschise având o lungime de 210.4 km ceea ce reprezintă o densitate de 21.2 ml/ha.

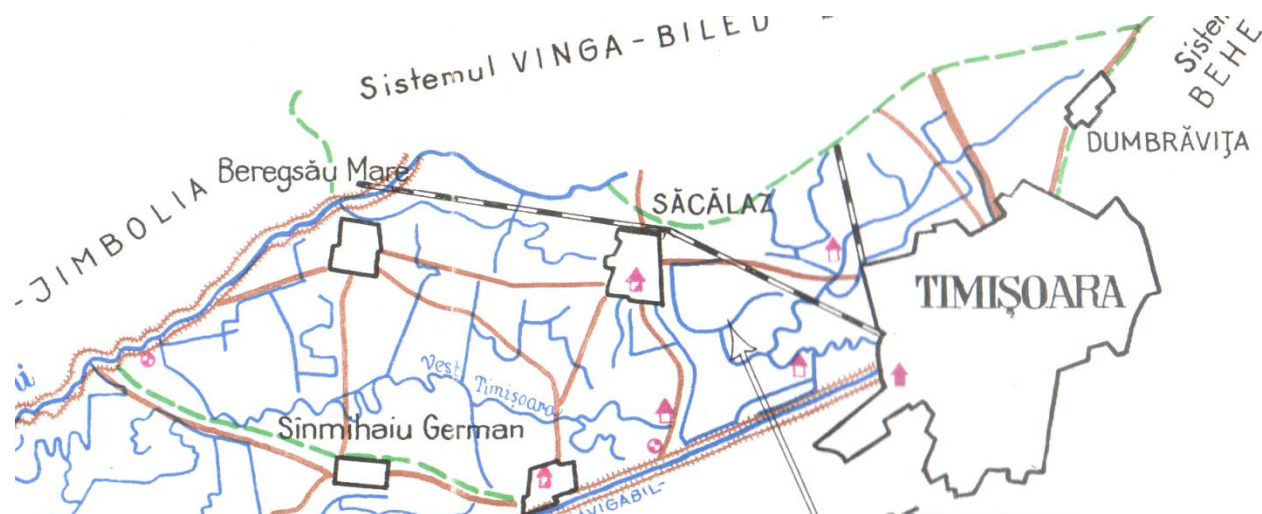


Figura 24 Amenajarea de desecare-drenaj Bega Veche - Vest Timișoara

Cercetările privind corelarea rezultatelor oferite de programul IFAS și în general a capacităților acestuia cu studiile necesare modernizării sistemelor de desecare-drenaj sunt încă într-o fază relativ incipientă urmărindu-se în viitorul apropiat realizarea unei scheme cadru ce va include utilizarea unei serii de programe (IFAS, Hidroesta, Espadren, DrenVSubI, DrainMod, Hcanales, CropWat) și va fi utilizată în viitoarele studii privind reabilitarea și modernizarea amenajărilor de desecare-drenaj.

În ceea ce privește studiul integrat al excesului de apă de suprafață (al inundațiilor) ca studiu de caz a fost ales bazinul râului Timiș având ca și limite geografice următoarele coordonate 45°06'03'' și 45°45'50'' latitudine nordică respectiv 20°50'23'' și 21°42'53'' longitudine estică.

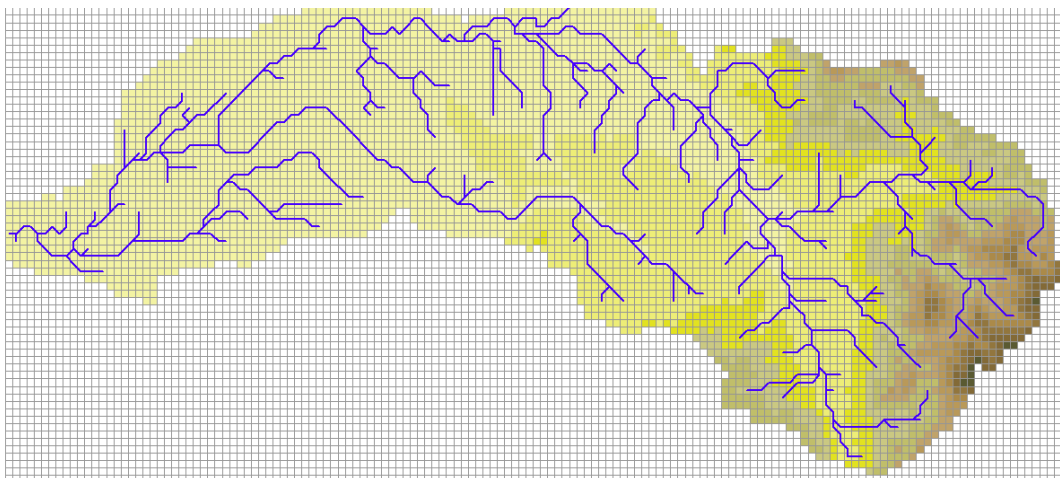


Figura 25 Bazinul râului Timiș (reprezentare a elevației obținută cu programul IFAS)

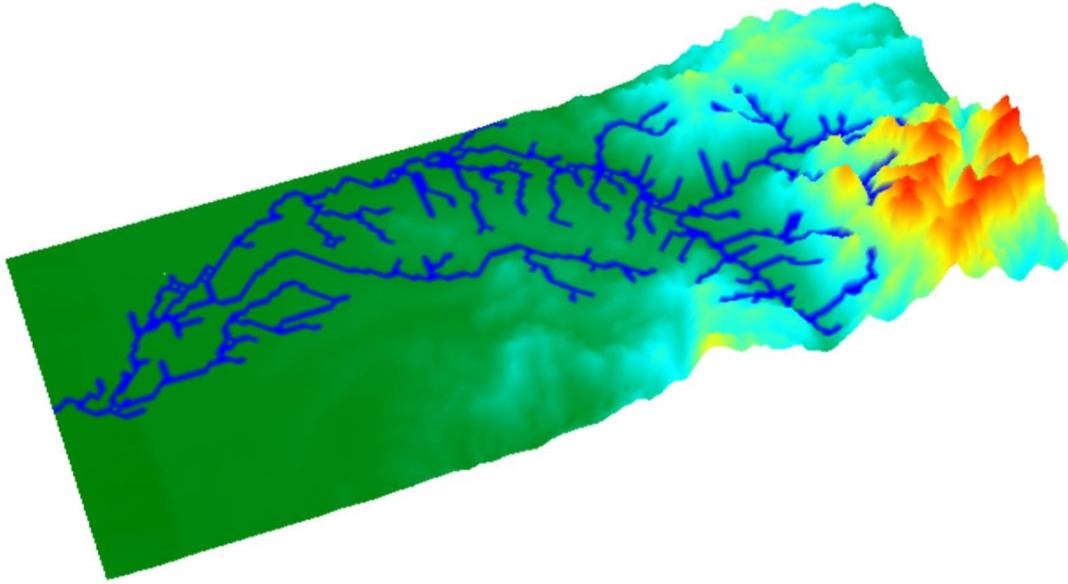


Figura 26 Model 3D al bazinului hidrografic al râului Timiș (modelare IFAS)

Pentru a studia capacitățile și rezultatele (din punct de vedere calitativ) oferite de IFAS, am ales ca și studiu de caz perioada inundațiilor din anul 2005 din județul Timiș.

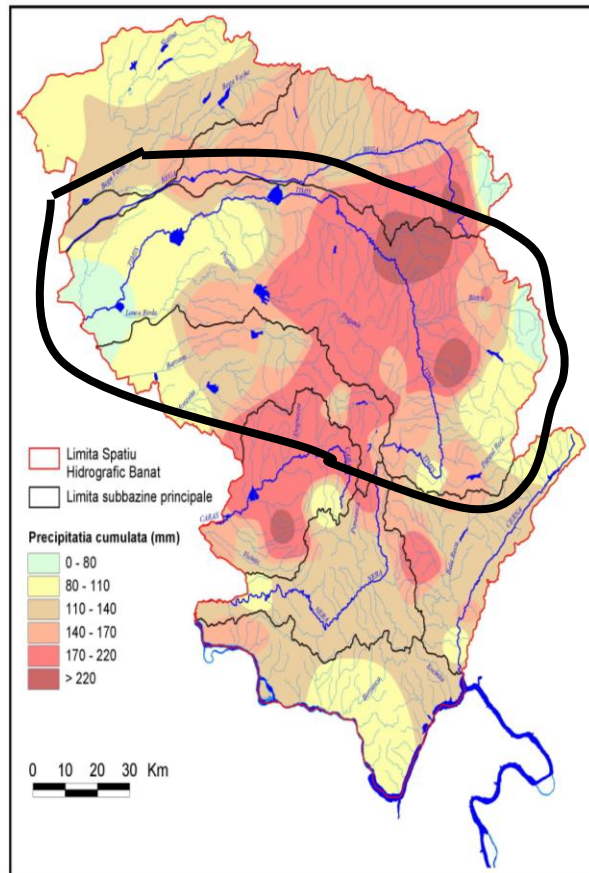


Figura 27 Volumele precipitațiilor înregistrate în bazinul hidrografic al râului Timiș în perioada 14 – 18 aprilie 2005

Diagrama drenajului pentru bazinul hidrografic al râului Timiș arată modul de scurgere al apei provenite din precipitații. Se presupune că direcția scurgerii subterane și a celei de suprafață urmează același curs. Pentru a calcula volumul de apă scurs, este necesar să se determine direcția în care se îndreaptă toate celulele diagramei respective un punct de evacuare al bazinului.

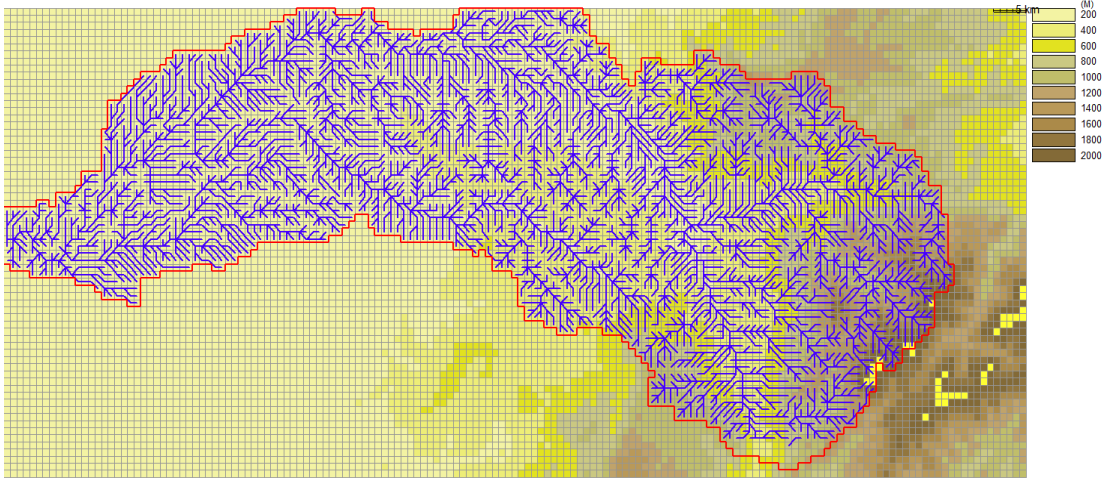


Figura 28 Diagrama modului de scurgere a apei în bazinul râului Timiș

Au fost descărcate din baze de date satelitare valorile precipitațiilor pentru perioada 15-30 aprilie 2005 (rețea 25 km, pixel 3 ore)

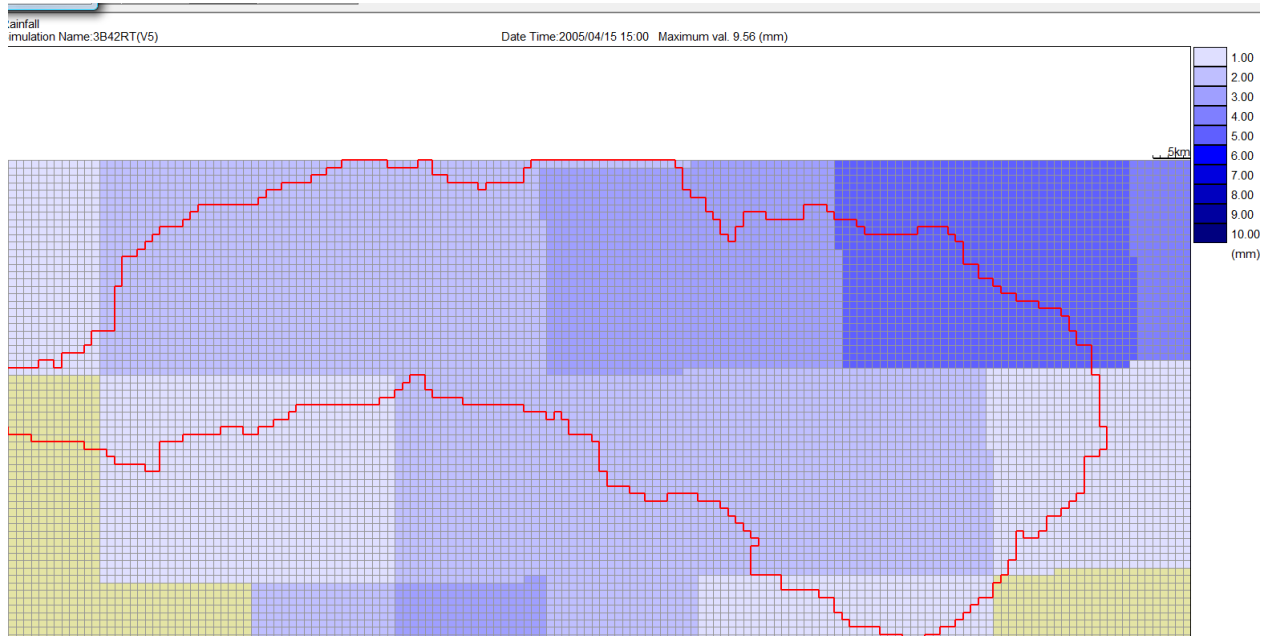


Figura 29 Precipitațiile la 15.04.2005, 15:00

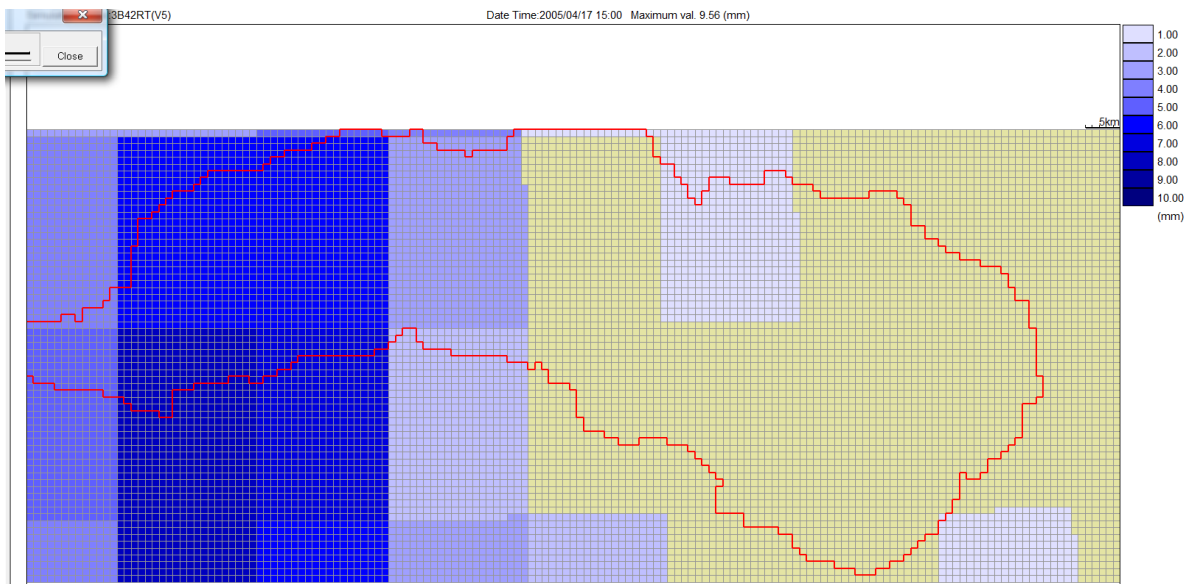


Figura 30 Precipitațiile la 17.04.2005, 15:00

Rulând programul IFAS cu datele de mai sus, a fost determinat debitul pentru râul Timiș la ieșirea din țară (graniță cu Serbia) pentru un punct selectat ca evacuare a bazinului hidrografic. Calculele au fost realizate pentru perioada 15 - 30 Aprilie 2005.

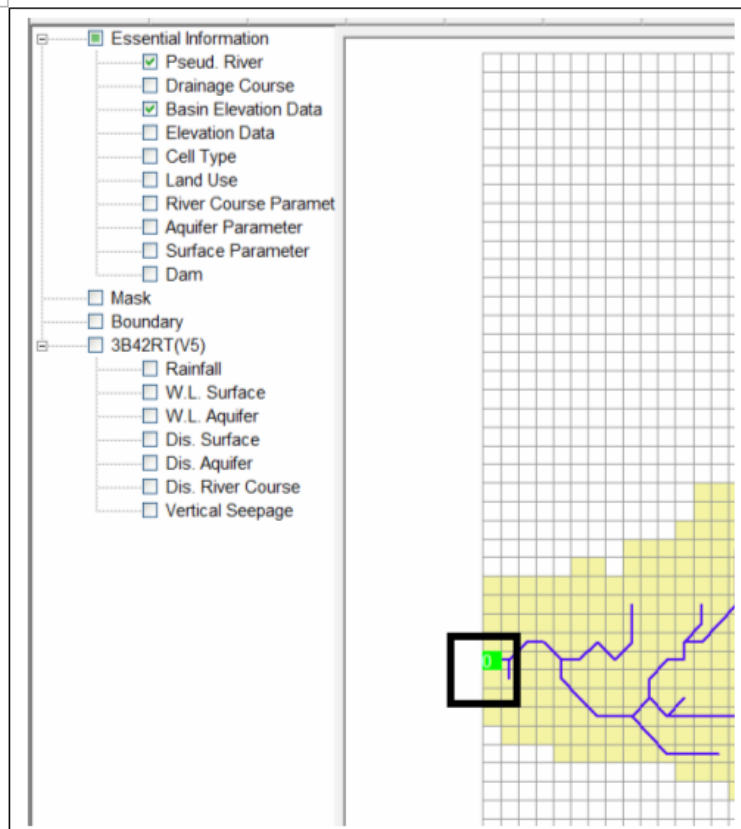


Figura 31 Punctul de evacuare al bazinului râului Timiș la granița cu Serbia

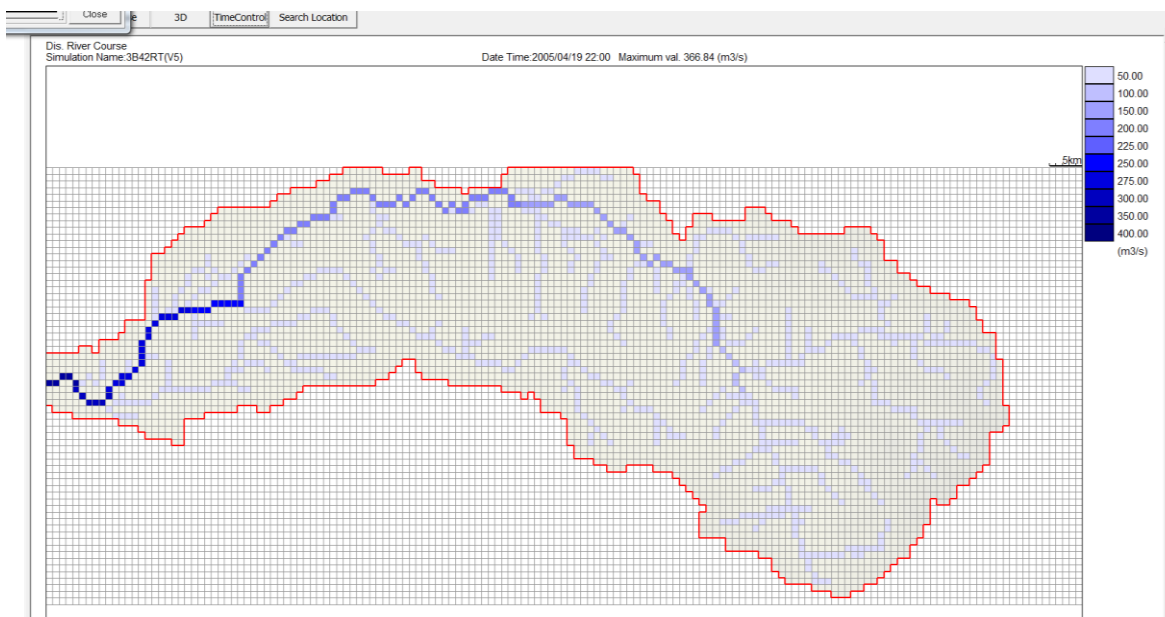


Figura 32 Debitul râului Timiș la 19.04.2005, 22:00

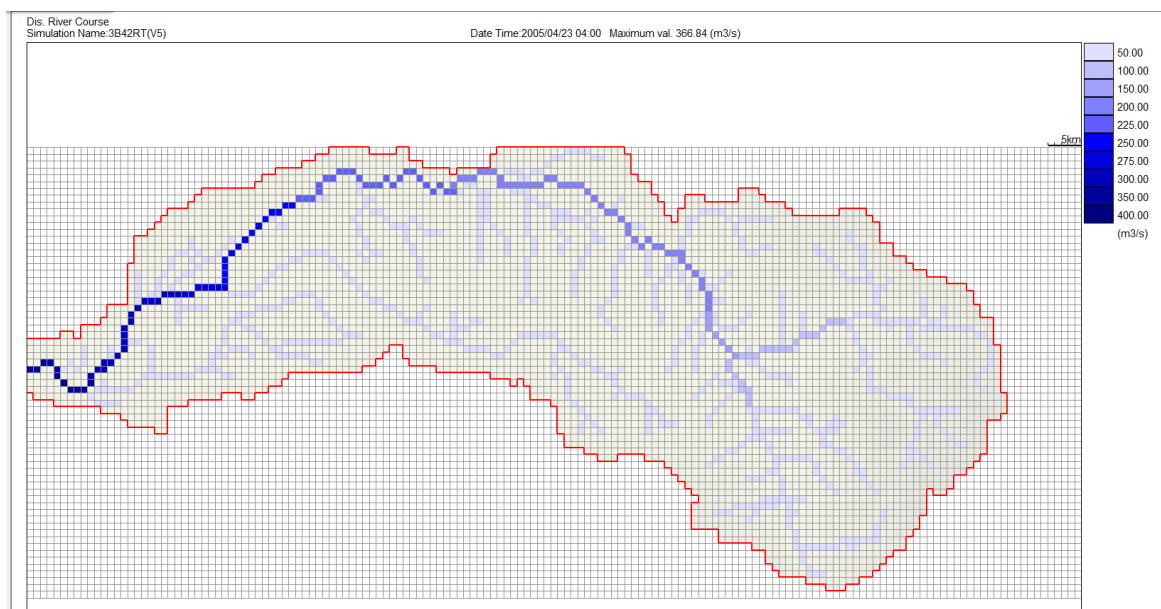


Figura 33 Debitul râului Timiș la 23.04.2005, 04:00

Dacă debitul mediu al râului Timiș la granița cu Serbia este de aproximativ $45 \text{ m}^3/\text{s}$, între 19 și 23 aprilie 2005 acesta a atins valori de aproape $370 \text{ m}^3/\text{s}$ în conformitate cu simulările IFAS. Valoarea reală a ajuns însă la $1200 \text{ m}^3/\text{s}$. Diferența poate fi explicată astfel:

- IFAS nu ia în considerare volumul de apă provenit din topirea zăpezilor (se știe că în 2005, în zona Banatului montan grosimea stratului de zăpadă a fost una semnificativă)
- În simulare au fost luate în calcul numai precipitațiile din perioada 15 – 30 aprilie.

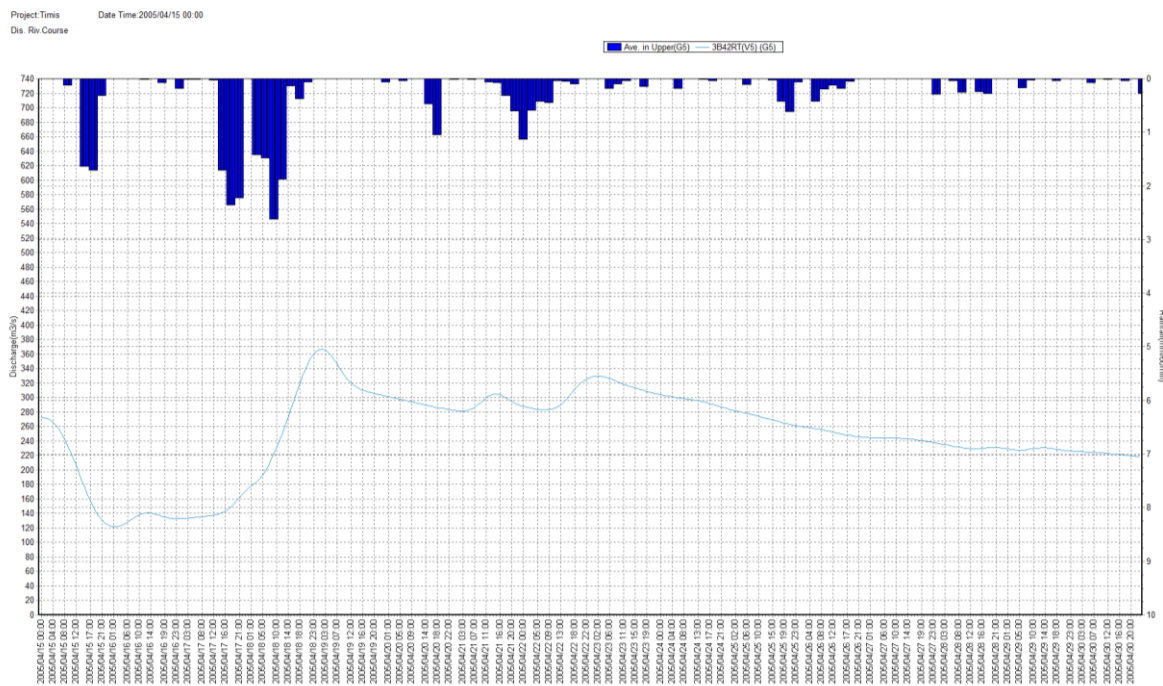


Figura 34 Debitul râului Timiș între 15.04 și 30.04.2005 respectiv volumul precipitațiilor din perioada respectivă

Rezultatele cercetărilor au fost prezentate în cadrul unor conferințe internaționale prin intermediul unor lucrări care au fost indexate în baze de date recunoscute internațional:

Halbac-Cotoara-Zamfir R. (2012). *An analysis of Banat region climate using specialized software, 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012, Vol. 4, 17 – 23 June, Albena, Bulgaria, pp. 261-268; ISSN 1314-2704; WOS:000348535300034*

Halbac-Cotoara-Zamfir R. (2012). *Water management in Banat region, Bega Veche basin, 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012, Vol. 4, 17 – 23 June, Albena, Bulgaria, pp. 911-918; ISSN 1314-2704; WOS:000348533800121*

2.1.6 Serviciile ecosistemelor furnizate de amenajările de îmbunătățiri funciare.

Odată cu creșterea populației și în paralel a bunăstării, rolul managementului apei în agricultură și în asigurarea securității alimentare a devenit tot mai important. Cu toate acestea, presiunile pe resursele de apă sunt foarte mari. Principiile managementului integrat al resurselor de apă au ca obiectiv maximizarea rezultatelor pe trei direcții: economie, echitate și mediu. Din cauza faptului ca aceste obiective nu pot fi atinse simultan decât cu mari eforturi, managementul apei în agricultură are o abordare ce implică compromisurile mai curând decât maximizarea (Molle, 2008).

Managementul apei în agricultură a jucat un rol cheie în creșterea nivelului de alimentare cu hrană însă, în ciuda progreselor realizate, peste 850 milioane de oameni la nivel mondial se află sub amenințarea insecurității alimentare (FAO, 2011). Efectele negative ale lucrărilor de îmbunătățiri funciare asupra integrității mediului înconjurător au fost bine documentate în ultimele decade ducând în unele cazuri chiar la colapsul ecosistemelor și a serviciilor pe care acestea le furnizau comunităților locale (Falkenmark și colab., 2007; MEA, 2005; Gordon și

colab., 2010). În consecință, s-au depus eforturi pentru găsirea de alternative pentru managementul apei în vederea creșterii producției de hrană, alternative necesare pentru a atinge principiile managementului integrat al resurselor de apă.

Producerea de hrană necesită cantități foarte mari de apă. Se estimează că numai evaporația culturilor poate ajunge la 6700km^3 din care 18% reprezintă apa din irigații (Siebert și Doll, 2010). Irigațiile consumă aproximativ 70% din apa preluată de către om din sursele de suprafață și de adâncime. Această cantitate enormă de apă contribuie însă în mod semnificativ la producția globală de hrană (Turrall și colab., 2010). Diferențele dintre producțiile obținute în agricultura irigată și cele din agricultura neirigată au fost subliniate de Siebert și Doll (2010) care estimează că în cazul zonelor cerealiere irigate, producția este de aproximativ 4.4 t/ha comparativ cu 2.7 t/ha obținute în cazul zonelor neirigate. Peste 40% din cereale provin din părțile irigate ale lumii, producția de cereale putând înregistra o scădere de peste 20% în cazul în care s-ar renunța la aceste amenajări (Siebert și Doll, 2010).

Serviciile ecosistemelor sunt beneficii furnizate de sistemele naturale oamenilor (MEA, 2005). Au fost identificate 4 tipuri de servicii după cum urmează: servicii de furnizare (provizionare), servicii de regularizare, servicii de suport și servicii de ordin cultural-estetic.

Agricultura așa cum o practicăm astăzi reprezintă un ecosistem în continuă modificare datorită acțiunilor întreprinse de către oameni în vederea creșterii producției de hrană. Agro-ecosistemele pot maximiza rezultatele oferite de un serviciu al ecosistemelor (de exemplu furnizarea de hrană) în detrimentul celorlalte servicii. Totuși un management adecvat al resurselor de apă și sol poate sustine un număr important de servicii ale ecosistemelor rezultând de aici numeroase beneficii (Gordon și colab., 2010; Matsuno și colab., 2006).

Scopul final al amenajărilor de irigații și drenaje este de a îmbunătăți producția agricolă, de a crește veniturile din mediul rural și de a minimiza riscurile generate de perioadele de secetă. Agro-ecosistemele irigate tind spre maximizarea producției aferente zonelor pe care le ocupă însă, cu un management adecvat, pot oferi și alte servicii precum controlul eroziunii prin terasare, retenția viiturilor, retenția sedimentelor, reîncărcarea acviferelor, habitate pentru fauna. Valoarea economică a acestor servicii poate depăși în unele cazuri valoarea culturilor deservite de sistemele de îmbunătățiri funciare.

Principalele servicii ale ecosistemelor oferite de amenajările de îmbunătățiri funciare sunt:

- Reîncărcarea surselor de apă subterane. Apa din subteran este supusă unei presiuni constante ca urmare a pompării excesive pentru agricultură. Scurgerile din canalele de irigații și drenaje, din suprafețe de apă aferente fermelor respectiv din câmpurile irigate contribuie la alimentarea surselor subterane.
- Retenția inundațiilor. Acționând ca și bazine de retenție a inundațiilor, câmpurile de orez irigate joacă un rol important în atenuarea apelor mari. Datorită capacității de reținere a apei combinată cu efectul infiltrării și al evaporației din câmpurile de orez îngrădite, scurgerea de suprafață este în mod semnificativ mai mică decât cea din câmpurile ce depind strict de precipitații. Acest lucru are un impact major în atenuarea efectelor inundațiilor (Wu și colab., 2011).
- Eroziunea solului. Eroziunea hidrică este una din cauzele majore ale pierderii și eroziunii solului. Terasarea reprezintă o metodă eficientă de a stopa sau reduce efectele negative ale eroziunii solului. Terasarea câmpurilor de orez în zonele deluroase este una din metodele cele mai vechi pentru conservarea solului și apei. Reducerea lucrărilor agricole, restaurarea covorului

vegetal și păstrarea apei în sol cresc productivitatea agricolă dar prezintă și alte beneficii cum ar fi un nivel mai redus al eroziunii (Boelee, 2011).

- Sechestrarea carbonului. Agricultură este unul dintre cei mai mari contribuitori la schimbările climatice prin emisiile de gaze de seră și indirect prin conversia ecosistemelor naturale în terenuri agricole. De asemenea, agricultura are și cel mai mare potențial pentru atenuarea efectelor schimbărilor climatice în special prin sechestrarea carbonului în soluri (IPCC, 2007). Aplicarea unor măsuri de conservare a agriculturii, renaturarea cu vegetație nativă a zonelor agricole abandonate reprezintă doar câteva măsuri cu potențial ridicat în fața provocărilor generate de schimbările climatice.

Irigațiile în zonele aride și semi-aride au un rol important în atingerea acestui deziderat. Adaugarea de apă în sol contribuie la dezvoltarea plantelor și la depunerea carbonului în sol (Entry și colab., 2004). Extinderea zonelor irigate și conversia zonelor cu aport de apă din precipitații în zone forestiere vor contribui la creșterea productivității și în același timp la fixarea carbonului în sol (Entry și colab., 2004), în timp ce, aplicarea irigațiilor pe termen lung va contribui la creșterea cantității de carbon în sol prin adaugarea de biomasa (Wu și colab., 2008). Cu toate acestea, există și unele voci care susțin că irigațiile nu au atins un asemenea nivel de dezvoltare încât să aibă o contribuție ridicată la fixarea carbonului (Schlesinger, 1999). Emisiile generate ca urmare a funcționării stațiilor de pompare pot depăși în unele cazuri cantitatea de carbon fixată în sol datorită aplicării irigațiilor. Mai mult, apa subterană din zonele aride conține cantități însemnate de Ca și CO₂ dizolvate care vor fi eliberate în atmosferă odată cu utilizarea acestor surse de apă în irigații. Câmpurile de orez, deși eficiente în combaterea inundațiilor, contribuie la schimbările climatice prin emisiile de metan. Tyagi și colab. (2010) propun în acest sens sisteme complexe de irigații și drenaje. Drenajele eliberează emisii de CO₂ în atmosferă prin efectul pe care îl au asupra terenurilor turboase. Prin îmbunătățirea sistemelor de drenaj astfel încât să existe un control eficient al nivelurilor apei subterane concomitent cu permiterea dezvoltării culturilor, emisiile de gaze de sera pot fi totuși reduse. Utilizarea drenajului controlat este una din cele mai eficiente tehnici pentru controlul nivelului apei subterane și totodată pentru reducerea cantității de energie necesare pomparei apei din sistem.

- Susținerea biodiversității. Acest tip de serviciu este specific orezăriilor care adăpostesc diferite specii de păsări și floră.

Îmbunătățirea productivității apei și respectarea cerințelor de mediu vor reduce impactul amenajărilor de irigații și drenaj printr-un consum mai redus de apă necesar exploatării sistemelor și dezvoltării culturilor și în paralel cu menținerea unor debite de apă necesare sustinerii ecosistemelor riverane. Productivitatea apei a fost uneori definită prin sintagma „mai multa productie per picatura” înțelegându-se prin aceasta maximizarea producției agricole per unitate de apă folosită. Într-o accepțiune mai largă, considerând multiplele moduri de utilizare ale resurselor de apă, s-a folosit și expresia „mai multa valoare per picatura” sau „mai multe locuri de munca per picatura”.

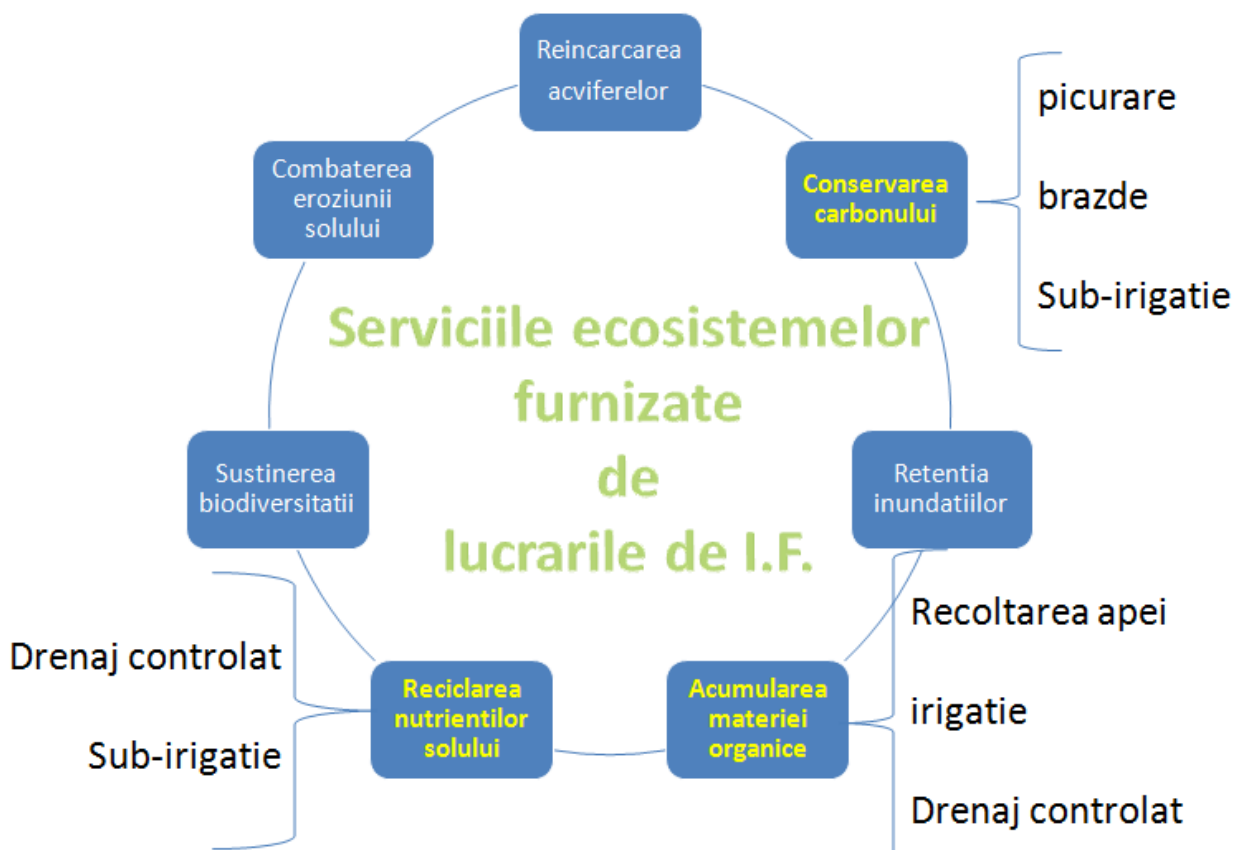


Figura 35 Serviciile ecosistemelor furnizate de lucrările de îmbunătățiri funciare

De Fraiture și colab. (2013) au propus însă utilizarea expresiei „mai multe beneficii per picătură” sau „venitul net pe unitate de apă utilizată” pentru a include astfel toate serviciile ecosistemelor furnizate de managementul apei în agricultură. Integrarea acestor beneficii (producția de hrană, reîncărcarea acviferelor, retenția inundațiilor, biodiversitatea, fixarea carbonului) necesită însă o colaborare inter- și multi-disciplinară între cercetatori și factori de decizie din domenii precum inginerie, ecologie, agronomie, economie, hidrologie, climatologie etc.

Identificarea unei balanțe între maximizarea producției de hrană prin exploatarea intensivă a resurselor de apă și sol și conservarea acestor resurse pentru asigurarea dezvoltării durabile și păstrarea biodiversității reprezintă o provocare de viitor. Majoritatea cercetărilor privind serviciile ecosistemelor furnizate de sistemele de irigații și drenaje sunt limitate la studiul orezariilor. Se impune, așadar, continuarea și încurajarea studiului privind bunele practici în managementul apei în agricultură pentru dezvoltarea serviciilor ecosistemelor în paralel cu producerea de cantități suficiente de hrană.

Rezultatele cercetărilor au fost prezentate în cadrul unor conferințe internaționale prin intermediul unor lucrări care au fost indexate în baze de date recunoscute internațional:

Halbac-Cotoara-Zamfir Rares (2015) *Ecosystem services provided by land reclamation and improvement works. Study case: Timis County, 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM2015, Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Vol. I, Hydrology and Water Resources, Albena, Bulgaria, 18 – 24 June 2015, ISBN 978-619-7105-36-0, ISSN 1314-2704, pp. 253-260;*

2.2 Managementul integrat al resurselor naturale utilizând măsuri tehnice din domeniul ingineriei civile

2.2.1 Managementul durabil al terenurilor

La nivel mondial există o presiune extraordinară pe fermieri pentru ca aceștia să-și maximizeze beneficiile economice și sociale de pe urma terenurilor pe care le dețin confruntându-se în același timp cu degradarea terenurilor și deșertificare. Managementul durabil al terenurilor reprezintă răspunsul cheie pentru aceste provocări și reprezintă managementul terenurilor prin care societatea umana tinde către îmbunătățirea producției agricole, îmbunătățirea condițiilor de trai și îmbunătățirea ecosistemelor.

Management durabil al terenurilor, așa cum a fost definit de WOCAT (2007), reprezintă utilizarea resurselor terenurilor incluzând apa, solul, animalele și plantele, pentru producerea de bunuri ce vin în întâmpinarea necesităților oamenilor, necesități în continuă schimbare, în același timp asigurând pe termen lung potențialul productiv a acestor resurse și menținând funcțiile de mediu ale acestora.

Ritmul de dezvoltare actuală solicită un management mai adecvat al resurselor de care dispunem. Această dezvoltare include creșterea populației, necesitatea dublării producției de hrană, furaje și biomasă, respectiv creșterea deficitului în resurse precum apa, combustibilii și mineralele. Este clar însă că, deși privim în continuare către terenuri pentru a acoperi acest necesar, există anumite limite privind suprafețele și cantitățile de teren și apă ce pot fi utilizate în agricultură (Fischer și colab., 2001; Rockstrom și colab., 2009). În același timp trebuie să ținem cont de faptul că largi suprafețe de teren sunt afectate de diverse forme de degradare, de faptul că factorii generatori ai degradării (schimbările climatice, competiția pentru teren) interacționează cu factori locali specifici rezultând în situații din cele mai complexe (Wilbanks și Kates, 1999).

Degradarea terenurilor este o problemă globală, complexă, de mediu care amenință securitatea alimentară și pe cea energetică, resursele de apă, capacitățile de adaptare și de diminuare a reacției la schimbările climatice precum și conservarea biodiversității (Banca Mondială, 2004; Neely și colab, 2009). Astfel, degradarea terenurilor afectează în mod negativ milioane de locuitori (Pretty și Ward, 2001).

Investițiile în managementul durabil al terenurilor au fost și sunt în continuare masive însă, din păcate, informațiile privind rezultatele au fost pentru multă vreme dispartate fără a exista o centralizare a acestora. Ca rezultat, implementarea măsurilor aferente managementului durabil al terenurilor necesită un cadru informațional pentru a putea fi efective. Înainte de a trece la acțiune trebuie să cunoaștem câteva elemente esențiale:

- Unde are loc degradarea terenului?
- Ce fel de degradare are loc și de ce intensitate?
- În ce mod proprietarii terenurilor răspund acestei probleme și prin ce practici de management al terenurilor?

Metodologia WOCAT propune o serie de 5 pași în stabilirea măsurilor ce trebuie luate pentru implementarea unui management durabil al terenurilor:

1. Selectarea zonei de studiu
Aceasta depinde de obiectivele și scopul proiectului.
2. Identificarea limitelor sistemului și a priorităților factorilor de decizie

Odată ce zona pentru studiu a fost aleasă se va trece la identificarea sistemelor cheie de folosință a terenurilor din zonă precum și din zonele adiacente, respectiv identificarea persoanelor cheie din aceste sisteme. Mulți din acești factori de decizie pot avea opinii

contradictorii privind soluțiile ce privesc managementul terenurilor. Orice posibile conflicte trebuie avute în vedere încă din această fază a proiectului.

3. Analiza contextului socio-economic și a factorilor ce generează schimbările

Pentru a avea certitudinea înțelegerii zonei studiate trebuie cunoscute și analizate factorii generatori, constrângerile și oportunitățile din zonă. Unele practici din managementul terenului s-au remarcat prin faptul că, de-a lungul timpului, au fost continuu implementate ceea ce a condus la rezultate satisfăcătoare și astfel au câștigat în termeni de încredere. Această fază trebuie să includă și o examinare a politicilor existente, politici care se pot dovedi a fi factori generatori importanți în procesele ce influențează managementul terenurilor și care la rândul lor pot influența modul de acțiune al altor factori.

4. Analiza situației curente a degradării terenurilor utilizând chestionarele elaborate de WOCAT

Aceste chestionare ajută la realizarea de hărți reprezentând tipul de degradare care are loc, unde și de ce, respectiv ce acțiuni au loc în termeni de management durabil al terenurilor. Chestionarele sunt completate de o echipă formată din experți locali incluzând agronomi, hidrologi, specialiști în studiul solurilor etc. Zona ce va face obiectul hărților va fi împărțită în sisteme distincte de folosință a terenurilor. Echipa va colecta datele necesare aferente degradării și conservării pentru fiecare sistem. De asemenea, vor fi determinate tipul de degradare, intensitatea, extinderea, impactul asupra serviciilor ecosistemelor, cauzele directe și indirecte ale degradării precum și practicile pentru conservarea terenurilor. Odata colectate, toate aceste date vor fi introduse în sistemul WOCAT pentru generarea hărților.

5. Determinarea riscului unei viitoare degradări a terenului utilizând un indicator de monitorizare.

Deșertificarea și degradarea terenurilor sunt procese complexe având cauze din cele mai variate, de la schimbările climatice și până la cele care țin de probleme în legislația de mediu. Modul în care un areal răspunde acestor presiuni este determinat de reziliența peisajului (sol, apă, vegetație) și economia locală. Așa cum a fost menționat de UNCCD, indicatorii pot fi niște unelte deosebit de valoroase în măsurarea acestei reziliențe și, ca rezultat, în aprecierea vulnerabilității arealului la deșertificare și a eficienței măsurilor luate în atenuarea riscurilor. Prin utilizarea unui număr optim de indicatori, procese complexe precum eroziunea solului, salinizarea solului sau pășunatul intensiv pot fi descrise eficient fără a utiliza expresii sau modele matematice complexe care necesită un volum mare de date (UNCCD; EEA, 1998).

Indicatorii degradării terenurilor reprezintă un sub-set de indicatori de mediu orientați pe o evoluție particulară a stării terenurilor și a activităților umane asociate. Conform USA EPA (1995) și EEA (1998) un indicator de mediu este un parametru, care oferă informații privind situația sau evoluția stării mediului, în cadrul activităților umane care afectează sau sunt afectate de mediu sau în legătură cu relații între aceste variabile.

Identificarea, evaluarea și selectarea strategiilor de management durabil al terenurilor (MDT) necesită un proces de participare al factorilor de decizie din zona studiată. Acest proces include câteva etape: identificarea problemelor, întărirea relațiilor între factorii de decizie, găsirea de noi strategii necesare atenuării degradării și deșertificării terenurilor, evaluarea strategiilor existente utilizând chestionarele WOCAT, selectarea strategiei potrivite cu ajutorul unui sistem de suport decizional.

Trebuie făcută aici diferențierea între o tehnologie MDT și o abordare a MDT. Tehnologiile MDT sunt practici fizice, în câmp, care controlează degradarea terenurilor și cresc productivitatea acestora. Tehnicile MDT pot fi agronomice, vegetale, structurale și de

management. Abordările MDT reprezintă căi și mijloace de suport care introduc, implementează, adaptează și promovează aceste tehnologii pe teren. O abordare MDT implică o largă participare a actorilor locali și a factorilor de decizie, investiții și mijloace respectiv cunoștințe (experiență).

Alegerea strategiei MDT se face urmând o serie de pași: Sunt selectate câteva strategii pe baza experienței și a cunoștințelor din domeniu sau ca urmare a rezultatelor obținute în alte zone; Aceste strategii sunt comparate, evaluate și clasificate; Se negociază cea mai bună strategie pentru implementare; Se alege strategia cea mai potrivită.

Strategia selectată trebuie ulterior evaluată și monitorizată. Eficiența strategiei se poate determina prin urmărirea nivelului la care așteptările fermierilor au fost îndeplinite respectiv din punct de vedere al efectelor asupra mediului și a încetării proceselor de deșertificare. Aceste evaluări au loc pe o perioadă mai lungă de timp astfel că înregistrarea cu acuratețe a rezultatelor evaluării este necesară.

Chiar dacă unele strategii au fost evaluate în câmp, rămân unele provocări în dezvoltarea unor recomandări generale pentru acestea. Caracterul regional al unor factori, aspectele financiare pe care le implică implementarea strategiei precum și durata lungă de evaluare a unei strategii fac ca procesul de aplicare pe scara largă a unei strategii să fie dificil de realizat.

Pentru ca orice rezultat al unei cercetări să fie implementat el trebuie comunicat către persoanele potrivite, într-un mod adecvat și într-un interval de timp potrivit. Astfel, diseminarea rezultatelor unei strategii de management durabil al terenurilor este deosebit de necesară și reprezintă un aspect important al oricărui proiect de diminuare a efectelor degradării și/sau desertificării.

Degradarea terenurilor este o temă ce a fost dezbătută încă din antichitate. Scriitorii din acea perioadă erau conștienți de influența umană asupra degradării peisajului. Unele indicii pot fi găsite inclusiv în Biblie, Ieremia 12:10-11: „Mulți păstori îmi vor ruina via și îmi vor zdrobi câmpul; îmi vor transforma câmpul într-un deșert dezolant. Il vor face o pustietate, un teren uscat și dezolant pentru mine; întregul teren va fi distrus pentru că nimănu-i pasă”. Se poate observa că încă din antichitate, definiția degradării terenurilor includea aspecte economice (în acest caz referințe la o plantație de viță-de-vie). Columella, în lucrarea lui extraordinară *De Re Rustica*, scoate în evidență neglijența umană privind factorii naturali care conduc la degradarea agriculturii.

Chiar dacă studiul științific al degradării era încă la început, principala cauză a degradării terenurilor a fost identificată în umanitate. În secolul I, s-a estimat că pe planetă trăiau aproximativ 200 milioane de oameni în timp ce în secolul XXI populația a depășit 7 miliarde. Utilizând această comparație, putem spune că degradarea terenurilor este în totalitate din vina oamenilor? La această întrebare e foarte dificil să găsim un răspuns dar probabil că acesta este unul negativ.

În conformitate cu Convenția Națiunilor Unite pentru Combaterea Deșertificării (UNCCD), peste 250 milioane oameni sunt direct afectați de degradarea terenurilor. Din păcate, degradarea crește ca și suprafață și severitate în multe părți ale lumii. Milioane de hectare de terenuri, anual, sunt degradate în toate zonele climatice. Bai și colab. (2008) menționează că peste 20% din zonele cultivate, 30% din paduri și 10% din pajiști prezintă diverse forme de degradare. Adams și Eswaran (2000) estimează că 2.6 miliarde de oameni sunt afectați de degradarea terenurilor și de deșertificare în peste 100 de țări, influențând peste 33% din suprafața pământului.

Probabil cea mai autorizată instituție din domeniu, UNCCD a definit degradarea terenurilor ca fiind „reducerea sau pierderea, în zone aride, semi-aride și uscate sub-umede, a

productivității și complexității biologice și economice a terenurilor agricole (irigate sau nu), a zonelor forestiere, a pășunilor și pajiștilor rezultate din utilizarea acestora sau dintr-un proces sau combinații de procese inclusiv cele rezultate din activități umane și stiluri de viață, precum: (a) eroziunea solului cauzată de vânt și/sau apă; (b) deteriorarea proprietăților fizice, chimice, biologice și economice ale solului; și (c) pierderea pe termen lung a vegetației naturale”. Este doar una din sutele de definiții ale degradării terenurilor. Aceste definiții ale degradării terenurilor variază între „toate procesele care cauzează invazia vegetației lemnoase, eroziunea solului în cele din urmă rezultând în deșertificare” (Arntzen și Veenendaal, 1986) și „o problemă la scară globală, în desfășurare, neîncetată și care ridică o provocare majoră și pe termen lung umanității în ceea ce privește impactul advers asupra productivității biomasei, securității alimentare, biodiversității și sustenabilității mediului” (Mueller și colab., 2014). În ciuda acestei „pasiuni” în identificarea de noi și noi definiții, degradarea terenurilor (conform Mueller și colab., 2014) este dificilă a fi definită din cauza faptului că terenul poate fi considerat degradat în relație cu un beneficiu potențial al acestuia. În acest caz este degradarea terenurilor o problemă pur economică?

Wasson (1987) a definit degradarea terenului ca fiind „o schimbare a terenului care îl face mai puțin util pentru oameni”. Kimpe și Warkentin (1988) consideră că degradarea terenului „este o scădere a funcționării optime a solului în ecosisteme”.

O definiție clasică a degradării terenului a fost dată de Arntzen și Veenendaal în 1986 certificând că degradarea terenului include „toate procesele care cauzează apariția tufișurilor, erodarea solului și în final care rezultă în deșertificare”. În acest caz, deșertificarea se referă la acea degradare a terenului care este foarte dificilă, și foarte costisitor, de remediat.

Warren și Agnew (1988) utilizează în definiția degradării terenului noțiunea de schimbare în productivitate ca și factor principal în timp ce Ponzi (1993) accentuează că schimbările curente în productivitate trebuie delimitate de cele referitoare la potențialul productiv pe termen lung.

Barrow (1994) menționează faptul că degradarea terenurilor implică două sisteme complexe: ecosistemele naturale și sistemele sociale umane. Principala caracteristică a degradării terenurilor – agreată de majoritatea cercetătorilor – este diminuarea calității și productivității terenurilor. Discutăm aici de o acțiune care ne poate duce la o concluzie preliminară: degradarea terenurilor este o stare și nu un proces. Cu toate acestea, aplicarea unor tehnici moderne în lucrările terenurilor și luarea în considerare a nivelului actual al cunoștințelor în utilizarea terenurilor pot fi considerate procese ce implică degradarea? Pe de altă parte lucrările de amenajare a terenurilor pot avea efecte atât pozitive cât și negative. În acest caz putem discuta de o amenajare „negativă” a terenurilor? La o analiză mai atentă a termenului „degradare” putem observa că acesta nu se referă la „a îndepărta” cât mai mult la „a nu avea” sau „a acționa în opoziție cu”. În acest fel, degradarea terenurilor nu se va referi la pierderea sau reducerea unor calități cât mai mult la acele terenuri care nu prezintă calitățile necesare sau care nu sunt în concordanță cu așteptările de la acele terenuri. O opțiune ar fi să utilizăm expresia de „declasificare” a terenurilor în locul celei de degradare a terenurilor. Declasificarea terenurilor poate fi definită ca o reducere a serviciilor oferite de anumite terenuri datorită unor cauze, factori sau presiuni (naturale sau antropice).

Lucrarea Millenium Ecosystem Assessment din 2005 definește degradarea terenurilor ca fiind „o reducere persistentă a productivității biologice și economice”, deci, în concluzie, o reducere a serviciilor ecosistemelor. Găsim aici o problema ce ține de „așteptări”. Ce așteptări avem de la un ecosistem și ce primim de fapt. Starea de „degradare” este una cât se poate de

subiectivă întrucât este influențată de așteptările oamenilor în ceea ce privește performanța unui ecosistem cât și de experiența acestora în cunoașterea și înțelegerea sistemului (Davis, 2005; Roba și Oba, 2009; Mueller și colab., 2014).

Gabriels și Cornelis (2009) preferă o abordare în care leagă degradarea de pierderea rezilienței (abilitatea terenului de a se reface după un șoc). Din păcate, reziliența trebuie să înfrunte un set de acțiuni la unison ale forțelor naturii (evenimente climatice extreme și persistente) dar și ale prezenței și acțiunilor antropice (prin abuzul asupra ecosistemelor terenurilor).

Organizația Mondială a Sănătății consideră degradarea terenurilor ca fiind cauzată de o serie de factori incluzând aici atât fenomene climatice extreme – în special secetele – cât și activitățile umane care poluează sau degradează calitatea solurilor și capacitatea de utilizare a terenurilor afectând producția de hrană, standardul de viață precum și producerea și furnizarea altor servicii și bunuri ale ecosistemelor (WHO, 2015).

Convenția Națiunilor Unite pentru Combaterea Deșertificării (UNCCD) estimează că o treime din suprafața pământului și 250 milioane oameni sunt direct afectați de deșertificare, alți peste 1 miliard locuind în zone considerate la risc (UNCCD, 2007). Deșertificarea este un termen cu înțeles larg ce include toate formele de procese de degradare din zonele cu deficit de umiditate precum eroziunea cauzată de apă și vânt, compactarea solului, pășunatul intensiv, salinizarea și incendiile de pădure. Mai mult, deșertificarea este o problemă în general cauzată de interacțiunea dintre factori de origine socio-economică și culturală. Combaterea deșertificării prin managementul durabil al terenurilor, prin prevenție, diminuare a efectelor și reabilitare, este esențială pentru asigurarea productivității pe termen lung a terenurilor.

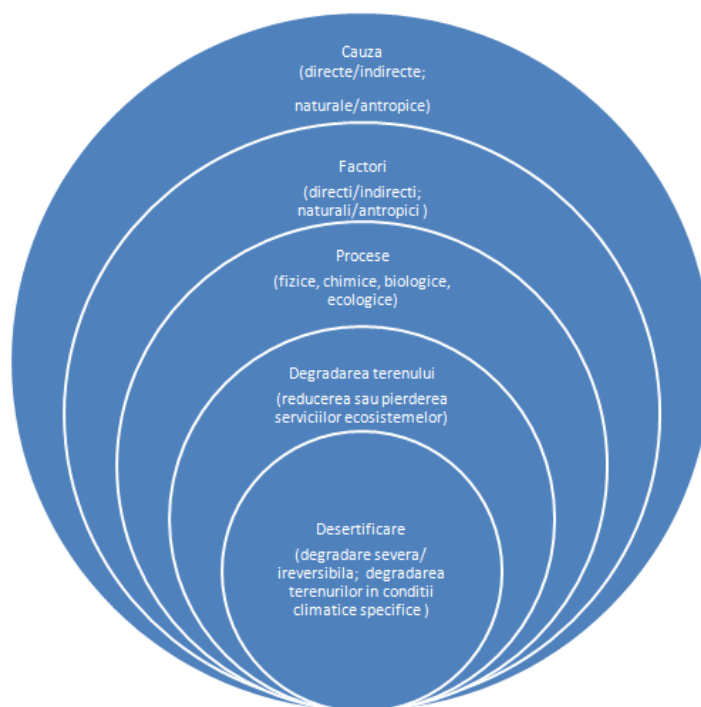


Figura 36 Cadru conceptual pentru studiul degradării terenurilor. Legătura dintre degradarea terenurilor și deșertificare

2.2.2 Renaturarea terenurilor utilizand masuri de imbunatatiri funciare

Conform UNCCD, restaurarea terenurilor înseamnă „inversarea proceselor de degradare a terenurilor prin aplicarea de amendamente solului pentru a crește reziliența acestuia și a-i restaura funcțiile și serviciile ecosistemelor”. Definiția este una amplă dar nu acoperă complexitatea termenului „restaurare”. Dicționarul Oxford dă următoarea definiție pentru restaurare: restaurarea este acțiunea de revenire la o condiție, o formă sau o poziție anterioară. Societatea pentru Restaurare Ecologică definește restaurarea ca fiind „procesul de asistare a redresării unui ecosistem care a fost degradat, afectat sau distrus”. Putem afirma astfel că restaurarea terenurilor poate fi înțeleasă prin asistarea procesului de recâștigare a calităților unui teren, calități presupuse a fi fost deținute de acel teren înainte de o degradare și care sunt folositoare omului. Ținând cont de faptul că procesul de degradare este unul de natură subiectivă, procesul de restaurare (acțiunea opusă degradării) este de asemenea unul subiectiv. Privind strict dintr-o perspectivă practică scopul urmărit al restaurării este acela de recâștigare a serviciilor ecosistemelor, atât de utile societății umane, prin eforturi în special de re-vegetare a terenurilor.

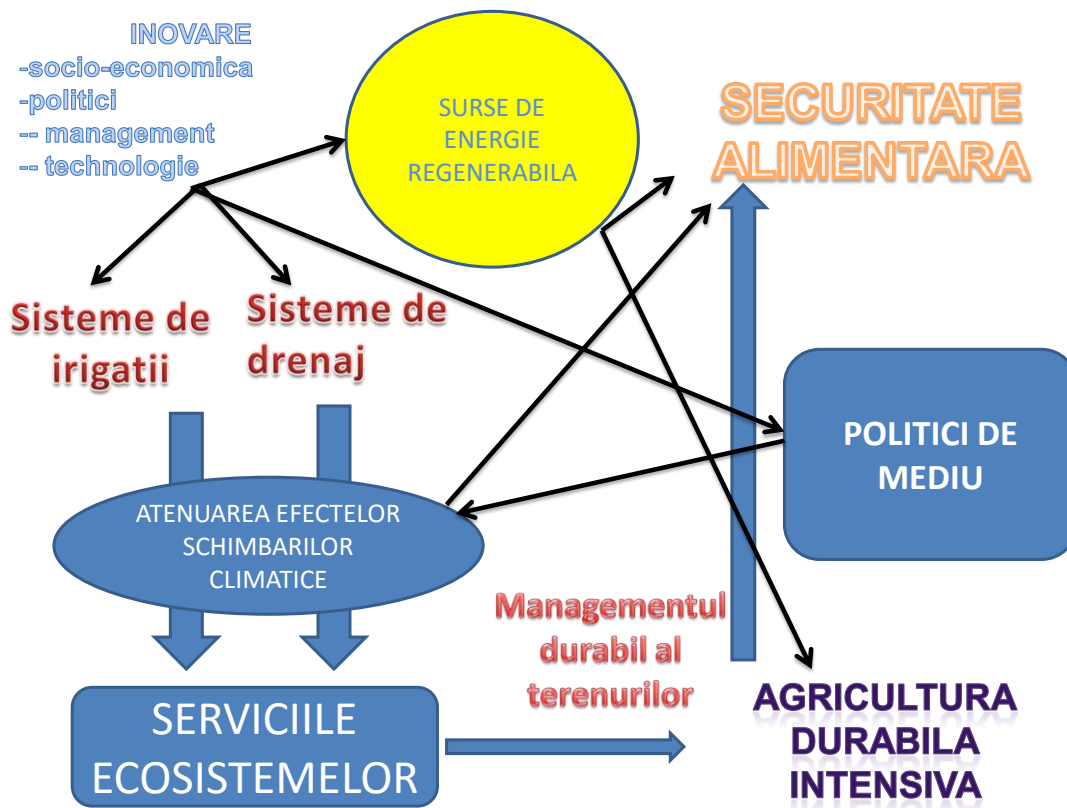


Figura 37 Cadru conceptual pentru integrarea lucrărilor de I.F. în managementul durabil al terenurilor

Atunci când discutăm despre rolul irigațiilor și drenajelor în managementul integrat al resurselor naturale trebuie să înțelegem în primul rând rolul acestora și obiectivele principale. Despre irigații există o întreagă literatură privind rolul acestor măsuri în renaturarea terenurilor, în special datorită valorii adăugate pe care irigațiile o aduc mai ales în zonele aride și semi-aride. Din păcate, măsurile de desecare-drenaj au fost mai puțin analizate din acest punct de vedere deși nu sunt mai puțin importante decât cele de irigații. În zonele aride sisteme simple, moderne și sofisticate de distribuție a apei sunt utilizate pentru completarea deficitului existent în soluri.

Pierderile acestor sisteme (din diverse cauze și sub diferite moduri) conduc în multe cazuri la salinizarea solurilor. În aceste situații, drenajul terenurilor devine indispensabil.

Drenajul agricol protejează resursele de bază pentru producerea de hrană, susține și contribuie la creșterea producțiilor agricole și a produselor din mediul rural, protejează investițiile din sectorul irigațiilor și crește valoarea terenurilor. Obiectivul de bază al drenajului agricol este de a crea în zona rădăcinilor un mediu care facilitează dezvoltarea plantelor și optimizează producția agricolă. Drenajul are de asemenea impact asupra peisajului, biodiversității și proceselor hidrologice.

Drenajul trebuie astfel văzut ca o parte indispensabilă a managementului durabil al terenurilor cu toate că încă sunt necesare cercetări suplimentare în această direcție în special în definirea unor parametri relevanți și a unor factori și indicatori pentru cuantificarea rolului, importanței și efectelor în cadrul unei tehnologii de succes a management durabil a terenurilor.

Pentru integrarea lucrărilor de irigații și drenaje în cadrul unui management integrat al resurselor naturale sunt necesare stabilirea unui set de măsuri de coordonare și suport a factorilor implicați în acest domeniu, în special a utilizatorilor finali (fermieri, organizații ale utilizatorilor de apă pentru irigații, specialiști în domeniul îmbunătățirilor funciare).

Aceste măsuri de coordonare și suport se vor adresa în primul rând unui număr de 3 provocări actuale și care afectează într-un fel sau altul domeniul îmbunătățirilor funciare.

1. Resursele de apă ale Europei se află sub o amenințare dublă al cantității și calității acestora: ecologică și chimică. Agricultură, industria și societatea civilă depind în egală măsură de resursele de apă de fondul unui deficit tot mai acut al volumelor disponibile, respectiv al creșterii evenimentelor extreme de tipul inundațiilor și secetelor. Presiunile în continuă creștere generate de diverse activități socio-economice conduc la o reacție tot mai redusă a resurselor de apă din punct de vedere al cererilor existente respectiv la o creștere a gradului de poluare.

2. Agricultură Europeană trebuie să facă față liberalizării pieței ceea ce pune o presiune suplimentară pe micile întreprinderi agricole respectiv pe micii fermieri. În același timp, aceste sectoare de activitate se confruntă și cu probleme de natură ecologică și climatică.

3. Advansul tehnologic respectiv soluțiile sustenabile pentru managementul apei în agricultură au început să aducă o valoare adăugată domeniului agricol însă la un nivel destul de redus. Colaborarea redusă respectiv lipsa unei coordonări între parteneri cheie și factori de decizie la nivel European au împiedicat adoptarea unor soluții care să pună în practică rezultatele cercetărilor recente.

Deficitul de apă se manifestă în zonele aride, semiaride, temperate și umede putându-se desfășura pe diferite perioade de timp (de la ordinul zilelor până la perioade de ordinul anilor). Restricțiile referitoare la accesul la resursele de apă pot avea impacte semnificative atât în domeniul socio-economic dar și din punct de vedere al protecției mediului. În ultimii 25 de ani se estimează că aceste tipuri de impacte au acoperit un areal de peste 800.000 km² la nivelul Uniunii Europene afectând peste 20% din populație Europeană. Pagubele efective au fost estimate la peste 100 miliarde euro în ultimii 30 ani.

Prognozele climatice indică o viitoare creștere a frecvenței și severității secetelor în special în partea de sud a Europei, situație ce va afecta cu predilecție zonele rurale. Sudul Europei este afectat deja de un deficit de apă cantitativ în timp ce jumătatea nordică a Europei se va confrunța în special cu problema calității resurselor de apă. Orice presiune suplimentară asupra resurselor de apă cauzate de schimbările climatice sau de dezvoltarea spațiului urban vor afecta în mod semnificativ sistemele agricole care vor deveni și mai dependente de amenajări moderne, adaptabile schimbărilor climatice. Astfel se impune deja adoptarea unei strategii

inovatoare pentru reducerea vulnerabilităților la deficitul de apă (cantitativ și calitativ) ținând cont de incertitudinile de natură climatică și nu numai.

Rezultatele cercetărilor au fost prezentate în cadrul unor conferințe internaționale prin intermediul unor lucrări care au fost indexate în baze de date recunoscute internațional:

Halbac-Cotoara-Zamfir R. (2014). *A view on land degradation and desertification issues*, 42nd International Symposium on Agricultural Engineering, 25-28 February, Opatija, Croatia, ISSN 1848-4425, pp. 25-34; WOS:000340762800002, IDS Number: BBOVU

Günel, Hikmet; Korucu, Tayfun; Birkas, Marta; Özgöz, Engin; **Halbac-Cotoara-Zamfir, Rares.** (2015). *Threats to Sustainability of Soil Functions in Central and Southeast Europe*. Sustainability 7, no. 2: 2161-2188. WOS: 000350217700056

Halbac-Cotoara-Zamfir Rares (2015) *Evolution of land degradation in Timis County, 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM2015, Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Vol. II, Soils, Forest Ecosystems, Marine & Ocean Ecosystems, Albena, Bulgaria, 18 – 24 June 2015, ISBN 978-619-7105-37-7, ISSN 1314-2704, pp. 139-144;*

Halbac-Cotoara-Zamfir Rares (2015) *Land degradation – an overview*, 14th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST2015) Rhodes, Greece, 3 - 5 September 2015

Halbac-Cotoara-Zamfir Rares, Hikmet Günel, Martha Birkas, Teodor Rusu, Radu Brejea (2015) *Successful and Unsuccessful Stories in Restoring Despoiled and Degraded Lands in Eastern Europe*. *Advances in Environmental Biology* 9(23):368-376

2.3 Dezvoltare durabilă, climatologie și schimbări climatice

2.3.1 Seceta

Studiile IPCC (Parry și colab., 2007; Metz și colab., 2007; IPCC, 2012) indică faptul că schimbările climatice vor avea un impact negativ asupra productivității agricole prin reducerea acesteia, printr-o evoluție negativă prin stabilitatea productivității și a veniturilor din agricultură indicând totodată existența unor zone care deja prezintă un nivel semnificativ al insecurității alimentare. Dezvoltarea unei agriculturi adaptată la schimbările climatice este crucială pentru obținerea securității alimentare și atingerea obiectivelor aferente atenuării efectelor schimbărilor climatice.

Agricultura adaptată schimbărilor climatice contribuie la obiectivele dezvoltării durabile. Aceasta integrează cele trei dimensiuni ale dezvoltării durabile în atingerea securității alimentare și a preocupărilor climatice printr-o perspectivă de viitor. Este de asemenea ghidată de necesitatea obținerii unei utilizări eficiente a resurselor și obținerea unei reziliențe sporite a mediului înconjurător la factorii perturbatori. Aceste principii fac parte și din documentul RIO+20, document ce recunoaște eficiența utilizării resurselor ca fiind un factor cheie către o economie verde și care afirmă necesitatea creșterii rezilienței agriculturii (FAO, 2013).

Conservarea și consolidarea securității alimentare necesită ca sistemele de producție agricolă să se modifice în sensul creșterii productivității și reducerii variabilității producției în raport cu riscurile climatice și a celor de natura agro-ecologică și socio-economică. Pentru a stabiliza nivelul producției și pe cel al veniturilor, sistemele productive trebuie să crească în termeni de reziliență, să devină mai capabile în a performa bine în raport cu evenimente perturbatoare. Sistemele agricole, mai productive și mai reziliente, necesită transformări în

managementul resurselor naturale (teren, apa, nutrienți etc.) respectiv o eficiență mărită a utilizării acestora pentru obținerea unei producții semnificative. Tranziția către aceste sisteme poate genera beneficii semnificative prin stabilizarea carbonului, reducerea emisiilor per unitate de producție etc. (FAO, 2010).

La nivel mondial agricultura se confruntă cu o serie de provocări în încercarea de a asigura securitatea alimentară pe fondul unei creșteri a urbanizării populației simultan cu adaptarea la schimbările climatice, reducerea emisiilor de gaze de seră raportat la producția obținută, conservarea resurselor naturale de bază (FAO, 2013). Aceste provocări necesită o transformare a agriculturii, transformare ce trebuie să ia în considerare faptul că sistemele agricole încorporează suprafețe mari de teren cu interacțiuni complexe care pot fi însă simplificate astfel:

- Servicii ale ecosistemelor furnizate de agro-ecosisteme societății;
- Presiuni ale societății care influențează dezvoltarea agriculturii.

Ca și consecință, analiza modului în care trebuie transformată agricultura va necesita luarea în considerare a multiplelor moduri de implicare a factorilor de decizie.

O agricultura adaptată la schimbările climatice conform definiției adoptate de FACCE-JPI este cea „agricultură care crește în mod sustenabil producția și reziliența (adaptarea), reduce emisiile de gaze și asigură dezvoltarea și securitatea alimentară”. Agricultura adaptată la schimbările climatice este un concept ce trebuie operaționalizat pentru ca transformarea agriculturii să poată avea loc. Amenințările specifice la adresa agriculturii includ durata, intensitatea și frecvența secetelor, a valurilor de caldură, a furtunilor și inundațiilor.

La nivel european trebuie luați în considerare toți factorii enumerați mai sus pentru dezvoltarea unei agriculturi adaptate la schimbările climatice. Diferite inițiative sunt în desfășurare în diferite părți ale continentului pentru adaptarea sectorului agricol la schimbările climatice dar acestea sunt la o scară redusă, bazate pe o înțelegere incompletă a interacțiunilor dintre diferitele impacte ale climei. Totodată, noi tehnologii sunt dezvoltate fără a lua în considerare efectele și schimburile dintre serviciile ecosistemelor. Toate aceste inițiative trebuie conectate pentru a crea sinergiile necesare transformării agriculturii într-un domeniu adaptabil schimbărilor climatice.

În a doua decadă a secolului XXI, agricultura din Europa se află într-un moment crucial. Previziunile privind acest sector rămân complexe și oarecum nesigure, nu în ultimul rând ca urmare a creșterii populației, tipologiei de consum și politicilor de mediu (Iglesias și colab., 2011, 2012; Reilly și Willenbokel, 2010; Lobell și colab., 2008; Vorosmarty și colab., 2010; Satterthwaite și colab., 2010). Cercetările și tehnologia au prezentat o serie de posibile inovații care duc la concluzia că agricultura poate oferi mai multe soluții orientate pe protejarea mediului în comparație cu alte activități economice (Sunding și Zilberman, 2001; Nordhaus, 2002; Smit și Skinner, 2002). Parte a acestei transformări se datorează presiunilor pe practicile și politicile agricole pentru a face față schimbărilor climatice. Agricultura nu este doar principalul sector economic afectat de schimbările climatice dar poate fi în același timp parte a soluției de reducere a gazelor de seră ce sunt responsabile pentru aceste schimbări climatice (Smith și colab., 2008).

Schimbările climatice sunt în general considerate ca fiind o amenințare la adresa agriculturii, un exemplu fiind schimbările în distribuția temperaturilor și precipitațiilor sau creșterea intensității și numărului evenimentelor extreme (IPCC, 2014). Totuși, eterogenitatea schimbărilor climatice va face ca regiunile lumii să nu fie afectate în același mod și la aceeași intensitate. Sistemele agricole mai sunt afectate și de condițiile sociale, economice și de mediu care determină capacitatea sistemelor de a se adapta. Astfel o problemă cheie este aceea de a

identifica nivelul la care impactul schimbărilor climatice și interacțiunile cu sistemele sociale vor intensifica gradul de risc pentru sistemele agricole. Trebuie de asemenea înțeles modul în care planificarea adaptării poate ajuta la creșterea și/sau menținerea producției agricole într-un climat în schimbare.

Candidatul a participat în acest sens la proiectul COST ES1308 „Climate Change Manipulation Experiments in Terrestrial Ecosystems: Networking and Outreach”, proiect desfășurat în perioada 2014 – 2018 și finanțat de Uniunea Europeană. Activitatea din acest proiect s-a concretizat prin continuarea studiilor și cercetărilor referitoare la deficitul de apă manifestat prin diverse tipuri de fenomene, îndeosebi secetă.

Regiunile UE simt tot mai mult efectele adverse ale schimbărilor climatice, însă unele zone vor fi mai afectate decât altele. Sudul Europei și bazinul mediteranean vor simți efectul combinat al creșterilor mari de temperatură și al precipitațiilor reduse. De asemenea sunt în special vulnerabile zonele de munte, mai ales Alpii, și insulele mici. Câmpiile aluviale dens populate vor fi amenințate de riscul crescut al furtunilor, al ploilor intense și al inundațiilor subite care vor provoca daune pe arii extinse. Schimbările climatice vor mări diferențele regionale în ceea ce privește resursele naturale ale Europei.

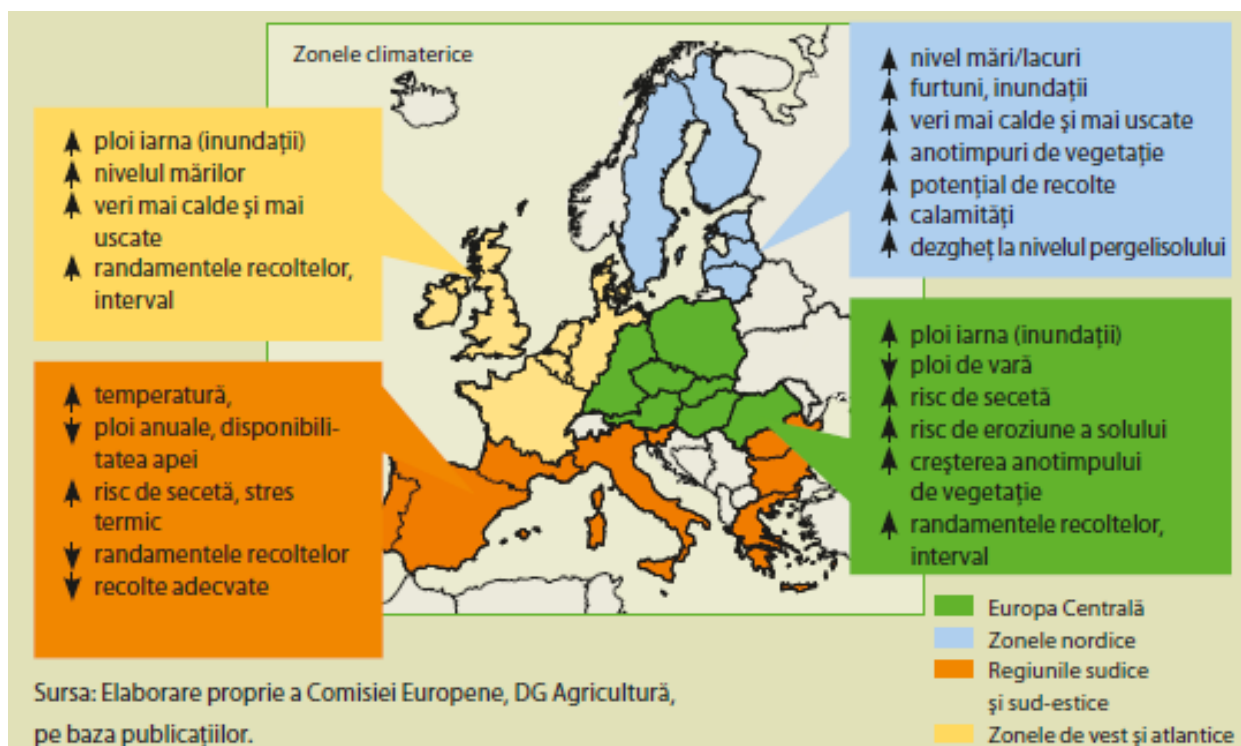


Figura 38 Impactul schimbărilor climatice la nivel European
(http://ec.europa.eu/agriculture/index_ro.htm)

În timp ce unele efecte anticipate pot fi benefice pentru agricultură în anumite regiuni europene, în special în zonele nordice (de exemplu prelungirea anotimpului de vegetație și îmbunătățirea randamentelor culturilor datorită climei mai calde), majoritatea lor vor fi cel mai probabil adverse, conducând la pierderi economice, ele făcându-și apariția în regiuni aflate deja sub presiune din cauza factorilor socio-economici și a celor de mediu, precum penuria de apă.

Variațiile regionale anticipate în condițiile schimbărilor climatice sunt semnificative, însă, de-a lungul secolului XXI, efectele prevăzute pot fi rezumate în ierni mai blânde și mai umede, veri mai calde și mai uscate și evenimente meteorologice intense tot mai frecvente. Este posibil ca cele mai grave consecințe ale schimbărilor condițiilor meteorologice să nu se simtă până în 2050, însă se anticipează mai devreme efecte adverse rezultate din evenimentele meteorologice extreme, precum valuri de căldură frecvente și prelungite, secete și inundații.

Majoritatea efectelor schimbărilor climatice asupra agriculturii sunt rezultate din apă. Lipsa de apă are un impact major asupra producției agricole și asupra peisajului european. În multe zone, mai ales în țările din sudul UE, irigațiile sunt folosite de sute de ani, ele fac parte din tradiția agricolă dar acestea vor trebui revizuite din punct de vedere al tehnicilor folosite. Agricultură trebuie de asemenea să-și îmbunătățească eficiența folosirii apei și să reducă pierderile.

Înțelegerea modului în care societatea (fermierii și factorii politici) vor răspunde și vor face față schimbărilor climatice este de asemenea esențial și reprezintă un element cheie în previziunile viitoare. Trecutul recent a demonstrat sensibilitatea producțiilor agricole la schimbările climatice și la efectele rezultate în sistemul social (Battisti și Naylor, 2009). Capacitatea adaptivă este abilitatea societății de a răspunde și de a-și reveni după un impact sau ca urmare a unei perturbări. Înțelegerea factorilor determinanți ai capacității de adaptare ajută la crearea unor strategii ce pot fi necesare pentru reducerea efectelor schimbărilor climatice (Yohe și colab., 2006; Iglesias și colab., 2010, 2011; Schneider și Homewood, 2013). Cercetările asupra capacității de adaptare ocupă astfel un loc ideal în scoaterea în evidență a unor posibile oportunități pentru îmbunătățirea politicilor de adaptare (Fankhauser și colab., 1999).

Pentru o analiză cât mai pertinentă a fenomenelor caracterizate prin deficit de apă trebuie pentru început să facem o clasificare cât mai clară a acestora, atât funcție de cauzele care duc la aceste fenomene cât și funcție de scara temporală la care acestea se raportează.

L. Pereira definește deficitul de apă ca fiind acea situație când resursele disponibile de apă într-o țară (sau regiune) coboară sub $1000\text{m}^3/\text{persoană}/\text{an}$. În cazul prezentei lucrări, vom considera o cantitate de $2000\text{m}^3/\text{persoană}/\text{an}$ limita de la care putem vorbi de penurie de apă. Pentru valori mai mici de $1000\text{m}^3/\text{persoană}/\text{an}$ ne referim la stres hidric iar valorile mai mici de $500\text{m}^3/\text{persoană}/\text{an}$ indică o criză a apei. Fiecare regiune este însă îndreptățită să stabilească limitele proprii în definirea diferitelor evenimente (Pereira și colab., 2002).

Există încă, din păcate, un număr important de cercetători care comit anumite greșeli grave prin realizarea de confuzii între fenomene foarte diferite. Poate că una dintre cele mai întâlnite greșeli este confundarea secetei cu ariditatea. În timp ce seceta este un fenomen fără o definiție precisă dar analizat din punct de vedere conceptual și operațional, ariditatea reprezintă o caracteristică a climatului fiind definită de o funcție ce include cel puțin 4 variabile de bază: temperatura, precipitațiile, covorul de vegetație și respectiv evaporația.

Tabel 2 Tipologia deficitului de apă

Tipologia deficitului de apă		Scara timpului		
		Termen scurt	Termen mediu	Termen lung și foarte lung (permanent)
Cauze	Naturale	Uscăciune	Seceta	Ariditate
	Antropice	Penurie de apă	Stres hidric	Criză a apei

Datorită complexității fenomenului de secetă, definițiile existente și utilizate la ora actuală au fost enunțate funcție de domeniul căruia i se adresează. Există însă o accepțiune destul de generală conform căreia secetele își au originea dintr-un deficit de precipitații și care rezultă într-un deficit de apă pentru o anumită activitate sau pentru un anumit grup țintă. Conform lui Dracup și colab. (1980), definiția secetei ar trebui să conțină referiri la cel puțin 4 elemente:

- Natura deficitului de apă considerat;
- Perioada luată în considerare;
- Nivelul de trunchiere temporal (separarea secetei de restul intervalului de timp)
- Aspecte regionale.

Tocmai acest ultim element face aproape imposibilă găsirea unei definiții unanim acceptate pentru secetă. Palmer, în 1965, aduce în discuție câțiva termeni cheie prin definiția sa privind seceta. Astfel el definește seceta ca fiind un fenomen meteorologic caracterizat printr-un deficit de umiditate prelungit și anormal, respectiv, la un mod mai concret, ca fiind un interval de timp de ordinul lunilor sau chiar al anilor în cadrul căruia aportul de umiditate la un moment specificat coboară sub așteptările climatologice. La un nivel foarte general al discuției, seceta este un fenomen temporar, recurent caracterizat printr-o reducere a precipitațiilor pe o anumită arie. Faptul că seceta este un fenomen recurent înseamnă că aceasta este o componentă a ciclului climatic și astfel vorbim despre un fenomen normal și nu de un eveniment extraordinar. Tot ca pe un eveniment recurent definește seceta și Rossi (2000). Acesta enunță seceta ca fiind un fenomen natural recurent asociat cu un deficit al resurselor de apă disponibile pe o arie geografică largă și extinsă pe o perioadă semnificativă de timp. Severitatea și intensitatea secetei pot face însă ca acest fenomen să iasă prin impactul lui din sfera evenimentelor „normale”.

Cum am putea defini însă „normalitatea”? Acest termen este foarte des întâlnit în climatologie făcându-se referiri în permanență la abaterile de la normal. Este foarte important în analiza unui fenomen (seceta sau orice alt tip) să lucrăm cu serii de date de o dimensiune relevantă pentru a avea acuratețe. Este indicat astfel ca în locul termenului valori normale să folosim termenul de valori medii, această combinație de termeni fiind mult mai apropiată de adevăr.

În 1959, Linsley și colab. defineau seceta printr-o perioadă îndelungată de timp fără precipitații semnificative. Gumbel în 1963 a definit seceta ca fiind cea mai mică valoare anuală a debitului zilnic scurs. Russell și colab. în 1970 oferea o definiție succintă a secetei: „lipsa prelungită de precipitații, inferioare mediei”.

În majoritatea cazurilor, seceta meteorologică este definită pe baza regională și care variază funcție de caracteristicile climatice regionale. Tocmai de aceea este aproape imposibil de extrapolat o definiție de la o regiune către alta.

Sunt prezentate în continuare câteva definiții la nivel național și regional:

- Indonezia (Bali): Seceta este o perioadă de 6 zile fără ploaie (Hudson și Hazen, 1964)
- Spania: În diferite bazine hidrografice spaniole, vor fi luați în considerare ca ani secetoși cei ai căror precipitații prezintă următoarele reduceri ale mediei anuale: Cantabrico, Duero și Ebro, 15-25%; Guadalquivir, 20-25%, Guadiana/Tajo, 30%; Levante și Sureste, 40-50%. (Olcina, 1994);
- Marea Britanie: Seceta se consideră când avem o perioadă de cel puțin cincisprezece zile consecutive cu precipitații sub 0.25 mm (Goudie, 1985);
- India: Seceta este caracterizată de situația în care precipitațiile sezoniere anuale prezintă o abatere de două ori mai mare decât deviația standard (Ramdas, 1960); Oficiul Meteorologic

Indian consideră că fenomenul de secetă apare când precipitațiile sunt mai mici de 80% din nivelul normal (Dhar și colab., 1979);

- Libia: Seceta este determinată de precipitații anuale mai mici de 180 mm (Hudson și Hazen, 1864);

- Nord-estul Braziliei: Seceta este definită de: precipitațiile lunare în timpul sezonului ploios sunt mai mici de 100 mm, sau mai puțin de 80% din media pe 90 de zile, când apar perioade mai mari de 10 zile cu precipitații sub 10 mm. (SUDENE, 1981)

- Rusia: Seceta este definită prin perioade de 10 zile cu precipitații totale care nu depășesc 5 mm. (Krishnan, 1979).

Rind și colab. (1990) au definit seceta meteorologică prin condiția rezultată din raportul dintre cererea excesivă de umiditate atmosferică și precipitații.

Conform lui Takeuchi (1974), seceta este o stare care se întâlnește ori de câte ori cantitățile de apă prognozate și planificate spre utilizare nu pot fi asigurate din diverse motive. În 1982, McMahon și Arenas considerau seceta ca fiind o perioadă de vreme uscată suficient de lungă pentru a cauza dezechilibre hidrologice și poartă conotații de deficit de umiditate în ceea ce privește utilizarea apei de către om. Ben Zvi (1987) menționa că seceta este un deficit sever în apariția precipitațiilor în raport cu valorile normale.

Warwick R.A., în 1975, definește seceta ca fiind o condiție a deficitului de umiditate suficient pentru a avea efecte adverse asupra vegetației, animalelor și a omului pe o arie considerabilă. Organizația pentru Alimentație și Agricultură (FAO, 1983) a Națiunilor Unite a definit seceta ca fiind acea perioadă în care culturile sunt compromise din cauza lipsei umidității.

O definiție în termeni foarte generali a fenomenului de secetă este dată de Beran și Rodier (1985): Principala caracteristică a unei secete este o scădere a resurselor de apă disponibile într-o anumită perioadă pe o anumită zonă.

Organizația Mondială de Meteorologie (WMO, 1986) a definit seceta ca fiind „o deficiență îndelungată, extinsă a precipitațiilor”. În Enciclopedia climei și a stării atmosferice, Schneider (1996) a definit seceta ca o perioadă extinsă – un sezon, un an sau mai mulți ani, de precipitații reduse în raport cu statisticile multi-anzuale pentru zona respectivă.

Chang și Wallace (1987) au evidențiat distincția dintre un val de căldură și secetă, notând faptul că o scară temporală tipică asociată cu un val de căldură este de ordinul săptămânilor în timp ce seceta poate persista pentru câțiva ani. Combinația dintre un val de căldură și secetă are rezultate de ordin socio-economic.

În 2007, IPCC a definit seceta ca fiind "o absență prelungită a precipitațiilor sau un deficit mare al acestora", un "deficit de precipitații, care duce la penurie de apă pentru o activitate sau pentru un grup" sau o "perioadă de vreme anormal de uscată prin lipsa precipitațiilor și suficient de prelungită pentru a provoca un grav dezechilibru hidrologic". Conform Convenției Națiunilor Unite pentru Combaterea Deșertificării și Reducerea Impactului cauzat de Secete, seceta este definită ca un fenomen natural care apare când precipitațiile au înregistrat valori sub nivelurile normale înregistrate cauzând dezechilibre hidrologice marcante care afectează în mod negativ sistemele de producție ale terenurilor.

Definiția dată de Observatorul European pentru Secetă susține că seceta este cauzată de lipsa precipitațiilor pe o perioadă lungă de timp. Întrucât valorile medii ale precipitațiilor variază spațial, definiția secetei trebuie să se raporteze la caracteristicile zonei studiate.

Heim definește seceta ca fiind un fenomen recurent care afectează ecosistemele naturale precum și multe alte sectoare economice și sociale. L. Pereira și colab., în 2002, au definit seceta ca fiind un dezechilibru natural temporar al resurselor de apă disponibile rezultat al unei perioade

persistente cu volume de precipitații mai mici de valorile medii înregistrate, cu frecvență, durată și severitate incerte, fenomen care nu poate fi sau poate fi foarte greu prevăzut și care rezultă într-o diminuare a resurselor de apă disponibile precum și a capacității de suport a ecosistemelor.

În 2004, un colectiv de la Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași a definit secetele ca fiind fenomene climatice extreme care prin efectele lor reprezintă calamități naturale cu manifestare periodică, constând în reducerea drastică a precipitațiilor și resurselor pe perioade lungi de timp.

Calamitatea, conform Dicționarului Explicativ al Limbii Române, este o nenorocire mare care se abate asupra unei colectivități, o catastrofă de mari proporții. Conform acestei definiții, afirmația că seceta, prin efectele ei, este o calamitate naturală poate fi oarecum hazardată. Seceta prezintă o mare diversitate de intensități și poate fi raportată la o scară largă a severităților. Prezența unei secete meteorologice nu se constituie neapărat într-o calamitate. Pe de altă parte, seceta nu este un fenomen climatic extrem ci o însumare de evenimente cu efecte fizice și psihice rezultate ca urmare a unui deficit de precipitații.

Conform lui Moshe Inbar, un dezastru natural are următoarele caracteristici (Sivakumar și Ndiaung'ui, 2007):

- Este cauzat de un proces natural și poate fi accelerat și agravat de activitățile umane;
- Prezintă magnitudini mari;
- Se declanșează spontan, de obicei durează o perioadă scurtă de timp, sunt imprevizibile;
- Produc pierderi umane și economice majore.

Urmărind în ultimii ani reacția oamenilor de rând, fără cunoștințe de specialitate în domeniu, am observat că seceta înseamnă pentru aceștia efectul unei lungi perioade caniculare (de ordinul lunilor), fără precipitații eficiente pentru agricultură și domeniul hidrologic. Prin urmare, în concepțiunea populară, seceta nu este un fenomen ci un efect, un rezultat. Pentru a face o analiză mai atentă a secetei ar trebui să înțelegem în primul rând ce este acela un fenomen (la modul general vorbind) urmând ca apoi să definim fenomenele specifice.

Termenul de fenomen provine din limba greacă (phainomenon) și se referă la ceea ce percepem în natură sau în domeniul mintal. Filozofic vorbind, fenomenul este o apariție senzorială, aparența unui lucru sau prezența în conștiință a unui lucru în urma unei experiențe respectiv a puterii de reprezentare.

Platon spunea că fenomenele sunt legate de lumea nesigură a simțurilor în timp ce fenomenele aparente sunt doar oglindirea ideilor, idei la care putem ajunge în mod rațional. Conform lui Kant, fenomenul este obiectul experienței care este percepută. Fenomenologia definește conceptul de fenomen ca fiind totalitatea conținutului aflat în conștiință și care poate fi înțeles doar ca efect al subiectivității transcendente pure.

Seceta poate fi definită ca și fenomen doar la nivel subiectiv, senzorial, ea reprezentând o sumă de efecte generate în special de lipsa precipitațiilor.

Am menționat anterior faptul că seceta a fost definită operațional și respectiv conceptual, analiza impactului acestui fenomen fiind astfel mult ușurată. Definițiile conceptuale se rezumă la identificarea limitelor acestui concept fiind enunțate astfel în termeni destul de generali. Definițiile operaționale pătrund în profunzimea problemei deoarece prin conținutul lor încearcă să atingă cel puțin următoarele scopuri: să identifice debutul, severitatea și momentul încetării perioadelor de secetă, pentru a estima impactul potențial al secetei, pentru a analiza frecvența secetei, pentru a calcula probabilitatea apariției unei secete de o anumită intensitate, durată și caracteristicile spațiale ale acesteia.

În 1987 Wilhite și Glantz au propus, pe baza unui studiu realizat pe aproximativ 150 de definiții ale secetei, următoarea clasificare a acestui fenomen:

- Seceta meteorologică
- Seceta agricolă
- Seceta hidrologică
- Seceta socio-economică.

Propunerea rezumază practic clasificarea anterioară a lui Subrahmanyam din 1967 care identifica șase tipuri de secetă:

- Seceta meteorologică
- Seceta climatologică
- Seceta atmosferică
- Seceta agricolă
- Seceta hidrologică
- Seceta managementului apei.

Tate și Gustard au clasificat în anul 2000 seceta astfel:

- Seceta climatologică (deficit în precipitații);
- Seceta agro-meteorologică (deficit al apei din sol);
- Seceta hidrologică (deficit privind debitele râurilor);
- Seceta hidrogeologică (deficit al apei din subteran);
- Seceta operațională (conflictul dintre cerere și resursele disponibile)

Au fost înlăturate practic seceta climatologică și respectiv seceta managementului apei.

În 2012, R. Maliva și T. Missimer, într-o lucrare excelentă despre terenurile aride, revin la o clasificare a secetei pe 7 direcții după cum urmează:

- Seceta meteorologică;
- Seceta climatologică;
- Seceta atmosferică;
- Seceta agricolă;
- Seceta hidrologică;
- Seceta socio-economică;
- Seceta managementului apei.

Temelia pe care se bazează societatea umană pentru dezvoltarea productivă, securitate și bunăstare constă în energie, resurse de apă și teren respectiv ecosistemelor asociate acestora. Aceste resurse sunt cuplate între ele prin relații cerere-ofertă care susțin activitățile socio-economice umane și ecosistemele pe care societățile se bazează pentru serviciile critice (Daily și colab., 1997; MEA, 2005; Smith și colab., 2010).

Evenimente climatice extreme, cum ar fi secetele la nivel regional și valurile de căldură asociate, au un impact semnificativ asupra relațiilor de tip energie – apă – teren. Aceste efecte pot fi observate în tehnicile agricole, la nivelul producțiilor agricole, al pășunatului respectiv în analiza incendiilor de vegetație. Mai mult decât atât, schimbările vor consolida și intensifica impactul asupra resurselor de teren și apă. Într-o mai mică măsură, aceste schimbări vor enunța un răspuns prin modul de utilizare al resurselor de apă și teren la cererea și producția de energie (Skaggs și colab., 2012).

Câteva din efectele climatice potențiale (incluzând aici secetele la nivel regional) asupra relațiilor cerere-ofertă sunt:

- Modificări în cantitatea și variabilitatea temporală a ciclului hidrologic vor rezulta în variații ale capacității de stocare a rezervoarelor și respectiv în generarea de energie electrică.

Aceste modificări vor afecta deasemenea utilizatorii din aval în termeni de resurse de apă disponibile pentru irigarea biomasei, pentru răcirea centralelor termoelectrice cât și pentru centrele urbane;

- Secetele regionale pot afecta deasemenea vârfurile de cerere pentru energie punând presiune pe rețelele de distribuție. Perioadele de secetă prelungită combinate cu temperaturi foarte ridicate vor avea un impact semnificativ asupra producerii de biomasă prin reducerea dezvoltării plantelor respectiv creșterea necesarului de apă pentru sistemele de irigații;
- Competiția pentru resursele de apă în zonele aride sau cu cerere foarte mare, în condițiile unui stres climatic accentuat, va rezulta în diminuarea cantităților de apă disponibile pentru centralele electrice, pentru alimentarea centrelor urbane respectiv pentru sistemele de irigații;
- Secetele regionale și temperaturile ridicate vor avea un impact negativ și asupra surselor de apă de suprafață afectând producerea de energie electrică respectiv producerea și procesarea biomasei pentru energie (Skaggs și colab., 2012).

Managementul riscului la secetă are o mulțime de caracteristici necesitând implicarea în această problemă a multor categorii de factori de decizie. Din perspectiva politicilor aferente managementului secetei sunt necesare capacități importante în cadrul ministerelor și a altor instituții cu răspundere pentru a face față provocărilor existente. Abordarea trebuie să fie una de reacție rapidă prin promovarea măsurilor de reducere a efectelor atât la nivel național cât și la cel regional. Astfel, dezvoltarea de tehnici din domeniul tehnologiei informației este fundamentală în implementarea planurilor de management a secetei cât și pentru realizarea unor sisteme de suport și decizie în timp real.

Elementele componente ale unui cadru pentru reducerea riscului la secetă pot fi sintetizate în patru arii de lucru, toate fiind considerate priorități de către Strategia Internațională pentru Reducerea Dezastrelor a Națiunilor Unite, Cadrul Hyogo pentru Acțiune, strategiile regionale și documentele tematice pentru reducerea riscurilor (UN/ISDR. 2007):

- Politicile și guvernarea ca elemente esențiale pentru managementul riscului la secetă și a angajamentelor autorităților;
- Identificarea riscului secetelor, analiza impactului, avertizarea timpurie, analiza și monitorizarea hazardelor, analiza vulnerabilităților și capacităților, aprecierea posibilelor efecte și dezvoltarea de sisteme de avertizare și comunicare;
- Managementul conștientizării și cunoașterii fenomenului de secetă pentru crearea unei culturi a secetei în vederea creșterii rezilienței comunităților și a reducerii efectelor;
- Măsuri eficiente de reducere a efectelor secetei prin tranziția de la politici la practici.

Toate aceste elemente necesită un angajament politic puternic, participarea comunităților și luarea în considerare a situațiilor și cunoștințelor la nivel local. Se avea în vedere și transferul de cunoștințe, sprijinul pentru implementarea de proiecte caracteristice acestui fenomen respectiv facilitarea dezvoltării și diseminării unor practici eficiente tehnic și rentabile economic.

Conform UN/ISDR (2007) politicile și planurile la nivel regional privind secetele trebuie să menționeze rolurile factorilor de decizie precum și resursele disponibile și să sublinieze activitățile ce trebuie implementate pentru reducerea riscurilor.

Cu toate că politicile la nivel regional pot prezenta diferențe în a reflecta necesitățile de ordin local, reducerea riscurilor și pregătirea pentru acestea trebuie să abordeze următoarele concepte:

- Să faciliteze o participare activă a societății civile în planificarea, luarea de decizii și implementarea programului de acțiune la nivel regional;

- Să se bazeze pe o analiză amănunțită a vulnerabilităților, riscurilor, capacităților și necesităților subliniind cauzele primare ale problemelor aferente fenomenului de secetă la scări trans-naționale, naționale, regionale, locale.
- Să se concentreze pe întărirea capacităților autorităților centrale și locale, respectiv a comunităților în vederea identificării, evaluării și monitorizării riscurilor pentru dezvoltarea unor planuri eficiente de răspuns.
- Incorporarea strategiilor pe termen scurt și lung pentru creșterea rezilienței comunităților în vederea reducerii riscurilor asociate secetei respectiv evidențierea implementării acestor strategii și asigurarea că acestea sunt integrate cu politicile regionale și naționale de dezvoltare durabilă.
- Relaționarea indicatorilor de avertizare timpurie cu măsuri adecvate de reducere a efectelor secetei și respectiv cu acțiuni de răspuns pentru asigurarea unui management regional eficient.
- Permitearea de modificări în timp real pentru a răspunde unor circumstanțe în continuă schimbare, asigurarea unei flexibilități la nivel local pentru a face față condițiilor socio-economice, biologice și geo-fizice.
- Promovarea politicilor și întărirea cadrului instituțional pentru dezvoltarea cooperării și coordonării într-un spirit al parteneriatului între toți factorii de decizie relevanți inclusiv cu participarea societății civile
- Facilitarea accesului populației locale la informație și tehnologie adecvată;
- Desemnarea unor agenții și a unor factori de decizie responsabili cu implementarea unor acțiuni de răspuns în vederea reducerii efectelor secetei și monitorizarea la intervale regulate de timp a activităților acestora
- Întărirea managementului și a pregătirilor pentru secetă, inclusiv prin planuri pentru situații neprevăzute la nivel local, regional și național, care să ia în considerare predicțiile climatice sezoniere și inter-anuale.

2.3.2 Studiul umidității solului. Analiza unor indicatori climatici pentru studiul schimbărilor climatice în vestul României

În studiul secetei și în general atunci când analizăm schimbările climatice trebuie să ținem cont de câteva aspecte deosebit de importante care pot da relevanță rezultatelor obținute. Fenomenul de secetă este unul cât se poate de real, este natural și recurent însă se caracterizează printr-o frecvență incertă, printr-o durată și severitate variabile și foarte greu (chiar imposibil) de prognozat. Putem spune chiar că seceta nu poate fi prezisă ci doar analizată ceea ce duce cadrul conceptual al cercetărilor într-o altă sferă de studiu, de la prevenție la atenuare. Seceta nu poate fi stopată/ oprită din start (seceta nu are de altfel puncte de start și de final ce pot fi clar definite) permițând, într-o oarecare măsură, doar intervenții asupra efectelor pe care le generează.

Prin urmare studiul secetei poate oferi informații post-eveniment iar rezultatele cercetărilor pot fi utilizate în implementarea unor măsuri de atenuare a efectelor acesteia.

Deși majoritatea studiilor asupra secetei includ cu predilecție factori meteo-climatici trebuie ținut cont de faptul că fenomenul de secetă își manifestă cu o severitate mai mare agresivitatea datorită aspectelor ce țin de folosința terenurilor, de managementul durabil al terenurilor respectiv de alți factori de natură antropică. Dintre toate tipurile de secetă identificate și studiate până în prezent, seceta ecologică a fost cea mai puțin studiată deși este tipul de secetă cel mai amplu și cu efecte din cele mai grave. Până în prezent, nu a fost identificat niciun

indicator de exprimare a efectelor acestui tip de secetă respectiv nicio formulă de integrare a aspectelor ce intervin în declanșarea, desfășurarea și managementul secetei de tip ecologic.

Un punct de plecare în acest sens este definiția secetei ecologice: Seceta ecologică poate fi definită ca fiind un deficit prelungit și răspândit al resurselor de apă natural disponibile – inclusiv modificări de natură hidrologică naturală și antropică – care creează perturbări multiple în cadrul ecosistemelor. Unul dintre aspectele marcante ale unei secete ecologice prelungite este apariția așa numitei secete transformazionale, secetă care poate genera o nouă stare persistentă, un nou punct de referință. Conceptul de transformare aduce în prim plan necesitatea dezvoltării de noi metode pentru estimarea și anticiparea viitoarelor riscuri generate de secete fără a ne baza numai pe datele din trecut. Această necesitate a generat presiuni în special pe factorii de decizie din domeniul managementului apei și al infrastructurii aferente și este o componentă cheie a tuturor eforturilor pro-active de protejare a mediului și a oamenilor.

Din păcate, complexitatea secetei de tip ecologic nu a permis utilizarea unui singur indicator pentru analiza acestui tip de secetă fiind necesari mai mulți indicatori meteorologici, hidrologici, agro-climatici, indici obținuți cu ajutorul teledetecției etc. pentru putea desfășura un studiu pertinent. La ora actuală (februarie 2016), au fost identificați peste 100 de indicatori pentru analiza fenomenului de secetă, în lucrarea elaborată de candidat în anul 2015 și publicată la editura Politehnica intitulată „Abordări și concepte moderne în tehnologia îmbunătățirilor funciare fiind prezentați” fiind prezentați aproape 90 dintre acestia.

Studiile privind fenomenul de secetă la nivelul județului Timiș au fost realizate inclusiv cu ajutorul programelor Hidroesta și DrinC fiind folosite date climate de bază (valorile ale precipitațiilor și temperaturilor) începând cu anul 1980, valori pentru orașele Timișoara și Sănnicolaul Mare.

Hidroesta

Hidroesta este un program realizat în Costa Rica pentru calcule hidrologice. În vederea obținerii unei balanțe a apei, Hidroesta utilizează în calcule temperatura, precipitațiile și latitudinea zonei de studiu. Programul însă nu lucrează cu valori negative ale temperaturilor. Evapotranspirația este calculată prin metoda Thornthwaite.

Agricultura bazată pe irigații se confruntă cu noi provocări care necesită un management mai riguros și inovativ în ceea ce privește partea de proiectare. Resursele limitate de apă, amenințările la calitatea acesteia sunt doar câteva din limitările economice specifice agriculturii irigate. Pentru a face față acestor noi provocări se impune îmbunătățirea mijloacelor de prognoză a momentelor udărilor precum și a cantităților necesare.

Necesarul de apă se definește prin cantitatea de apă necesară suplimentării volumelor provenite din precipitații pentru a obține producțiile dorite și la calitatea impusă respectiv pentru a menține o balanță a sărurilor în profilul de sol acceptabilă de către culturi. Cantitățile de apă trebuie determinate pentru fiecare tip de cultură, de sol, de anotimp în vederea adoptării unui management sustenabil al sistemelor de irigații și respectiv al culturilor.

Cantitatea și durata precipitațiilor influențează în mod major necesarul de apă din irigații. Obiectivul primar al irigațiilor este acela de a oferi plantelor o cantitate suficientă de apă pentru a obține producții optime și de o calitate ridicată. Cantitatea și intervalul de timp în care aceasta este livrată plantelor sunt determinate de condițiile climatice, de tipul culturii precum și de stadiul de dezvoltare, de proprietățile solului (capacitatea de câmp) precum și de grosimea profilului de sol activ. Apa aflată în zona radiculară reprezintă sursa de apă pentru fenomenul de

evapotranspirație. Din acest motiv este deosebit de important a se cunoaște balanța apei din profilul de sol pentru a se putea determina ulterior necesarul de apă din irigații.

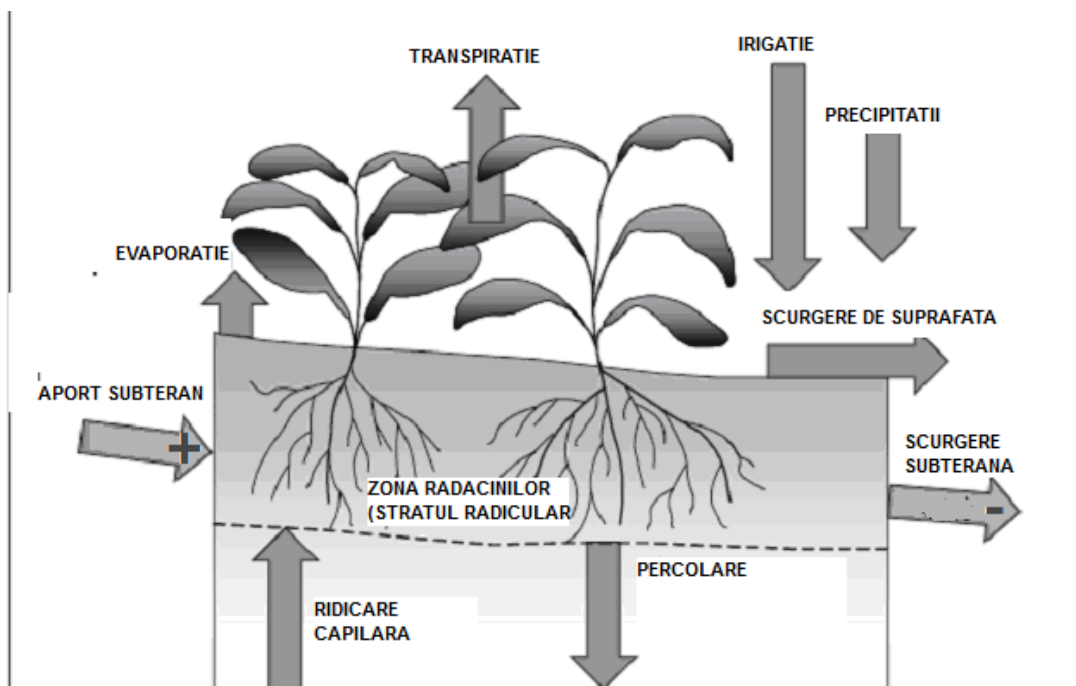


Figura 39 Elementele bilantului apei in sol

Rădăcinile plantelor necesită umezeală și oxigen pentru a putea trăi. În cazul unui dezechilibru la acest nivel, funcțiile rădăcinilor încetinesc iar producțiile recoltelor scad. Toate culturile au perioade critice de dezvoltare când și cel mai mic stres cauzat de umiditate poate avea un impact major asupra cantității și calității culturilor agricole.

Determinarea necesarului de apă din irigații precum și programarea udărilor necesită o estimare cât mai precisă a consumului de apă al plantelor. Estimările zilnice și săptămânale sunt necesare pentru programarea udărilor în timp ce estimările de lungă durată sunt necesare pentru determinarea tipului de irigație, a capacității de stocare a solului, precum și a capacităților sistemului de irigație. La nivel anual, se pot determina regulile de funcționare a sistemului de irigații precum și necesarul în ceea ce privește capacitățile rezervoarelor.

Evaporația apei din sol și de pe suprafața plantelor precum și transpirația acestora însumează peste 98% din consumul de apă al unei culturi pentru majoritatea speciilor. Atât evaporația cât și transpirația sunt termeni dificil de calculat deoarece mișcarea vaporilor de apă într-un mediu dinamic variază în timp. Procesul de măsurare poate altera condițiile reale ale mediului din jurul plantei astfel că se pot obține valori eronate ale transpirației și evaporației.

În cazul proiectării sistemelor de irigații, fluxurile evaporației și ale transpirației au fost combinate și estimate sub termenul de evapotranspirație.

Pentru exprimarea consumului de apă al culturilor, în general se folosesc mai multe noțiuni:

- evapotranspirația potențială (ETP), reprezintă intensitatea maximă a consumului de apă de la suprafața solului și plantelor, limitat numai de factorii climatici. Poate varia de la cultură la cultură, datorită diferențelor în privința rugozității aerodinamice și reflectanței suprafeței.

- Evapotranspirația potențială de referință (ET_0) reprezintă consumul maxim de apă din sistemul sol-plantă, în condițiile când solul este aprovizionat cu apă la nivel optim și pentru o cultură de referință cu densitate și dezvoltare normală. Este preferată față de ETP deoarece este definită pentru o cultură specifică și un set de condiții advecive.
- evapotranspirația reală (ETR) sau actuală (E_a) este consumul de apă efectiv al unei culturi; mărimea ei depinde de condițiile meteorologice, de cultură (prin abilitatea specifică fiecăreia de a extrage apa din sol) și de umiditatea solului.

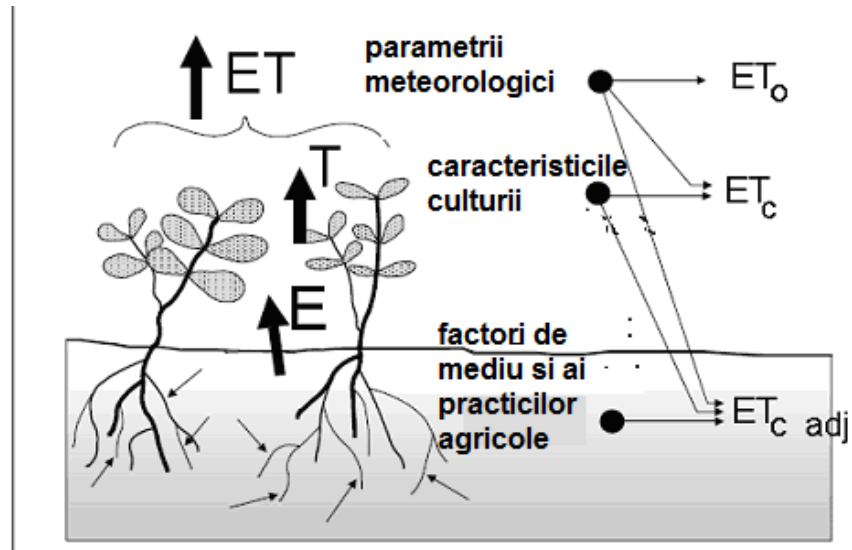


Figura 40 Clasificarea consumului de apă al culturilor

- Evapotranspirația reală maximă (ETM) este consumul prin evapotranspirație al unei culturi, atunci când umiditatea solului se menține în intervalul optim, adică între CC și Pmin, prin folosirea irigației.

Există mai multe concepte privind evapotranspirația:

- evapotranspirația de referință;
- evapotranspirația în condiții standard – evapotranspirația unor culturi sănătoase, bine fertilizate, cultivate pe suprafețe mari, condiții optime de umiditate și pe baza cărora sunt obținute producții mari în condiții climatice cunoscute. $ET_c = K_c ET_0$
- evapotranspirația în condiții specifice – evapotranspirația unor culturi care necesită condiții speciale. $ET_c = ET_0 K_s$ (coeficient de stres al umidității) K_c (coeficient care se referă la toate celelalte tipuri de stres care pot interveni)

Pentru calculul ETP și ET_0 se folosesc mai multe metode, majoritatea având la bază corelații cu elementele climatice. Metodele pot fi clasificate în:

- metode aerodinamice;
- metode bazate pe bilanțul energetic;
- metode combinate;
- metode empirice.

Metodele combinate.

Metoda Penman și metode derivate din aceasta

În 1948, Penman a combinat metodele aerodinamice cu cele bazate pe bilanțul energetic stabilind ecuația pentru evaporația de la suprafața apei în condiții climatice standard privind însorirea, temperatura, umiditatea și viteza vântului. Ecuația include parametrul rezistenței foliare la transpirația și difuzia vaporilor prin atmosferă dar și rezistența aerodinamică produsă de rugozitatea ce o reprezintă covorul vegetal pentru vânt.

Ecuația Penman este de forma următoare:

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad (9)$$

unde: R_n radiația netă, G radiația reflectată de suprafața pământului, e_s reprezintă presiunea de saturație a vaporilor la temperatura aerului, e_a – presiunea efectivă a vaporilor din atmosferă la înălțimea z , c_p caldură specifică la presiune constantă a aerului, Δ reprezintă panta drepte ce exprimă legătura între presiunea vaporilor saturați și temperatură, ρ_a – densitatea aerului, γ este o constantă psychrometrică, r_s rezistența suprafeței foliare la transpirația și difuzia vaporilor în atmosferă iar r_a reprezintă rezistența aerodinamică a covorului vegetal.

În 1990, ET_0 a fost redefinită ca fiind consumul de apă al unei culturi de ierburi, optim aprovizionată cu apă, cu dezvoltare activă și uniformă, care are o înălțime a covorului vegetal de 0,12 m și o rezistență a suprafeței foliare de 70 S/m. Ecuația Penman-Monteith a fost redenumită Penman-Monteith FAO.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (10)$$

unde: T temperatura medie zilnică, u_2 - viteza vântului la altitudinea de 2m.

Metoda Penman și cele derivate din ea oferă cea mai mare precizie în calculul ET_0 pentru perioade de estimare sub 5 zile dar sunt și dificil de rezolvat din cauza multitudinii de factori implicați și a complexității acestora.

Metoda Thornthwaite

Metoda Thornthwaite utilizează media lunară a temperaturii aerului ca și variabilă principală în determinarea evapotranspirației potențiale. Metoda este ușor de aplicat dar rezultatele nu sunt de o acuratețe deosebită. Pentru temperaturi mai mici de 0°C se consideră ETP ca fiind 0. De asemenea nu există factori de corecție pentru diferite tipuri de plante. ETP se estimează pe perioade lunare sau decadale cu următoarea formulă empirică:

$$ETP = 1,6 \cdot \left(\frac{10 \cdot T}{I}\right)^a \cdot p \quad (11)$$

în care: ETP – evapotranspirația potențială medie zilnică pe luna considerată; T – temperatura medie lunară; I – indice termic anual, egal cu suma indicilor termici lunari (i_l) cu expresiile:

$$i_l = \left(\frac{T_{ml}}{5}\right)^{1,514} \quad (12)$$

T_{ml} – temperatura medie lunară multianuală (°C), a – exponent funcție de indicele I

$$a = 0,000000675 I^3 - 0,000077 \cdot I^2 + 0,01792 \cdot I + 0,49239 \quad (13)$$

p – coeficient de corecție funcție de durata zilei-lumină adică de latitudine

Tabel 3 Factori de corecție pentru ecuația Thornthwaite

Lat.	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
60 ⁰ N	0.54	0.67	0.97	1.19	1.33	1.56	1.55	1.33	1.07	0.84	0.58	0.48
50	0.71	0.84	0.98	1.14	1.28	1.36	1.33	1.21	1.06	0.9	0.76	0.68
40	0.8	0.89	0.99	1.1	1.2	1.25	1.23	1.15	1.04	0.93	0.83	0.78
30	0.87	0.93	1	1.07	1.14	1.17	1.16	1.11	1.03	0.96	0.89	0.85
20	0.92	0.96	1	1.05	1.09	1.11	1.1	1.07	1.02	0.98	0.93	0.91
10	0.97	0.98	1	1.03	1.05	1.06	1.05	1.04	1.02	0.99	0.97	0.96
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1.05	1.04	1.02	0.99	0.97	0.96	0.97	0.98	1	1.03	1.05	1.06
20	1.1	1.07	1.02	0.98	0.93	0.91	0.92	0.96	1	1.05	1.09	1.11
30	1.16	1.11	1.03	0.96	0.89	0.85	0.87	0.93	1	1.07	1.14	1.17
40	1.23	1.15	1.04	0.93	0.83	0.78	0.8	0.89	0.99	1.1	1.2	1.25
50 ⁰ S	1.33	1.19	1.05	0.89	0.75	0.68	0.7	0.82	0.97	1.13	1.27	1.36

Metoda Blaney-Criddle

Ecuația Blaney-Criddle cu modificările aduse de FAO are următoarea formă:

$$ET_0 = a + b \cdot f \quad (14)$$

unde: ET_0 – evapotranspirația de referință, a,b – coeficienți de regresie liniari și a căror valori sunt prezentate în tabelul următor:

Tabel 4 Valorile coeficienților a și b

G_I (gradul de insolație)	HR_{min} (umiditatea relativă minimă) %	Viteza vântului v_v (m/s)	a	b
Mare > 0.8	Mică < 20%	0 – 2	-2.6	1.55
		2 – 5	-2.3	1.82
		> 5	-2	2.06
	Medie 20 – 50%	0 – 2	-2.4	1.37
		2 – 5	-2.5	1.61
		> 5	-2.55	1.82
	Mare > 50%	0 – 2	-2.15	1.14
		2 – 5	-1.95	1.22
		> 5	-1.7	1.31
Mediu 0.6 – 0.8	Mică < 20%	0 – 2	-2.3	1.35
		2 – 5	-2.05	1.55
		> 5	-1.8	1.73
	Medie 20 – 50%	0 – 2	-2.2	1.2
		2 – 5	-2.15	1.38
		> 5	-2.1	1.52
	Mare > 50%	0 – 2	-1.8	0.97
		2 – 5	-1.75	1.06
		> 5	-1.7	1.16
Mic	Mică	0 – 2	-2	1.15

0.3 - 0.6	< 20%	2 – 5	-1.8	1.28
		> 5	-1.6	1.4
	Medie 20 – 50%	0 – 2	-2	1.05
		2 – 5	-1.85	1.15
		> 5	-1.7	1.25
	Mare > 50%	0 – 2	-1.45	0.8
		2 – 5	-1.55	0.88
		> 5	-1.65	0.98

$$f = p(0.46t + 8.13) \quad (15)$$

p – procentul de ore de lumină ca și medie anuală

t – temperatura medie lunară

Tabel 5 Procentul de ore lumină funcție de latitudine și luna de calcul

Lat N	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
60	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17
50	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
48	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30	0.24	0.26	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

Consumul de apă al culturii ET_c este egal cu produsul dintre evapotranspirația de referință și un coeficient de cultură K_C prezentat în tabelul următor:

Tabel 6 Valorile coeficientului K_C

Cultura	K_C
Cereale joase	0.8
Citrice	0.6
Porumb	0.75
Pășuni	0.75
Tomate	0.7

Legume	0.6
Viță de vie	0.55
orez	1.1
Bumbac	0.7
Fasole	0.65
Cartofi	0.7

Formula Hargreaves

Formula Hargreaves pentru calculul evapotranspirației de referință are următoarea formă:

$$ET_0 = 0.0023R_a (T_{\max} - T_{\min})^{1/2} (T_{\text{med}} + 17.8) \quad (16)$$

unde: R_a – radiația extraterestră, T_{\max} – temperatura maximă medie, T_{\min} – temperatura minimă medie.

Tabel 7 Valorile radiației R_a funcție de latitudine și luna de calcul

Lat N	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
50	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48	4.3	6.6	9.8	13	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5	3.7
46	4.9	7.1	10.2	13.3	16	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6	4.7
42	5.9	8.1	11	14	16.2	17.3	16.7	15	12.2	9.1	6.5	5.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7	5.7
38	6.9	9	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10	7.5	6.1
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8	6.6
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32	8.3	10.2	12.8	15	16.5	17	16.8	15.6	13.6	11.2	9	7.8
20	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12	9.9	8.8
26	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13	11.1	10.2
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.2	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18	11.6	13	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12	11.1
16	12	13.3	14.7	15.6	16	15.9	15.9	15.7	15	13.9	12.4	11.6
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12
12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.3	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15	15	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6	13.9	14.8	15.4	15.4	14.7	14.7	14.9	15.2	15.3	15	14.2	13.7
4	14.3	15	15.5	15.5	14.4	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.2	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0	15	15.5	15.7	15.3	13.9	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Tabel 8 Coeficientul K_C pentru formula Hargreaves

Cultura	K_C		
	Faza inițială	Faza medie de dezvoltare	Faza finală de dezvoltare
Cereale joase	0.2 – 0.4	1.1 – 1.3	0.2 – 0.35
Citrice	0.65	0.65 – 0.75	0.65
Porumb	0.2 – 0.5	1.05 – 1.2	0.95 – 1.1
Ovăz	0.2 – 0.4	1 – 1.2	0.2 – 0.25
Tomate	0.25 – 0.5	1.05 – 1.25	0.6 – 0.85
Leguminoase	0.2 – 0.4	1.05 – 1.2	0.25 – 0.3
Floarea soarelui	0.3 – 0.4	1.05 – 1.2	0.35 – 0.45
Orez	1.1 – 1.15	1.1 – 1.3	1.1
Bumbac	0.2 – 0.5	1.05 – 1.3	0.3 – 0.6
Fasole verde	0.3 – 0.4	0.95 – 1.05	0.85 – 0.95
Cartofi	0.4 – 0.55	1.1 – 1.2	0.4 – 0.75

Balanta apei

Metoda balanței apei a fost dezvoltată în anii 1940 – 1950 de către Thornthwaite și Mather și utilizează un sistem hidrologic simplificat în care umiditatea solului este reprezentată de apa stocată în sol. Metoda balanței apei combină precipitațiile și evapotranspirația pentru perioade lungi de timp și evaluează efectele asupra umidității solului și scurgerii de suprafață. Magnitudinea intrărilor și ieșirilor volumelor de apă este funcție de specificul climatului local.

Pentru calculul balanței apei sunt necesare 2 variabile și 1 parametru. Variabilele sunt reprezentate de precipitații și temperatură în timp ce parametrul este valoarea medie a conținutului de apă în sol. Temperatura este utilizată pentru calculul evapotranspirației.

O balanță a apei poate fi calculată pentru orice interval Δt (zilnic, săptămânal și cel mai folosit: lunar).

Balanța apei poate fi calculată în mod continuu la nivel de medie.

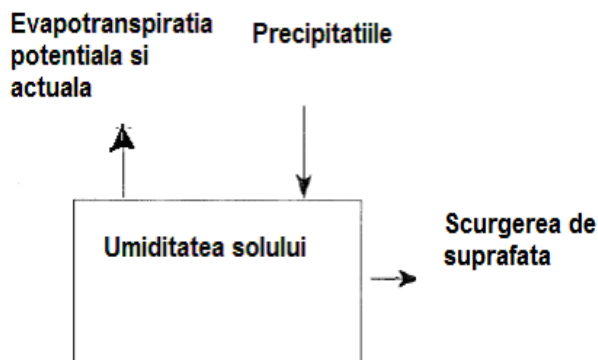


Figura 41 Elementele balantei apei

Balanța apei se bazează pe principiul balanței masei.

Intrările = Ieșirile + Diferențele înregistrate în capacitatea de stocare

Utilizând terminologia specifică putem scrie:

$$P = ETP + R + \Delta SM \quad (17)$$

unde P – precipitațiile, ETP – evapotranspirația potențială R – scurgerea de suprafață, ΔSM - modificările înregistrate ale umidității solului.

Procedura nu face diferența între scurgerea de suprafață și cea subterană. Procesele fizice ale scurgerii de suprafață nu sunt modelate în balanța apei, scurgerea de suprafață reprezentând un volum de apă în surplus nefiind definit modul de scurgere al acestuia.

În vederea obținerii unei balanțe a apei, Hidroesta utilizează în calcule temperatura, precipitațiile și latitudinea zonei de studiu. Programul însă nu lucrează cu valori negative ale precipitațiilor. Evapotranspirația este calculată prin metoda Thornthwaite.

Pentru realizarea unei balanțe a apei utilizând valori medii (media balanței apei – MBA) se parcurg 9 etape. Inițial se obțin datele climatice necesare și se determină umiditatea inițială a solului. Cele 9 etape sunt:

- se determină evapotranspirația potențială
- se determină diferența dintre precipitații și evapotranspirație
- se determină suma valorilor negative P-ETP
- umiditatea solului este mică sau egală cu suma valorilor negative P-ETP
- se determină modificările umidității solului
- se determină evapotranspirația actuală (ET_a) astfel:

$$ET_a = ETP \text{ când } P > ETP \quad (18)$$

$$ET_a = P + |\Delta SM| \text{ când } P < ETP \quad (19)$$

- Se determină deficitul de umiditate $DU = ETP - ET_a$. Această valoare reprezintă deficitul care trebuie acoperit prin irigații.

- se determină surplusul de umiditate care va genera scurgerea de suprafață R
- se determină umiditatea reținută în sol și care va genera scurgerea de suprafață în luna următoare

Metoda balanței apei se folosește pentru aproximarea necesarului de apă din irigații sau pentru calculul probabilității apariției unui deficit de apă de o anumită magnitudine.

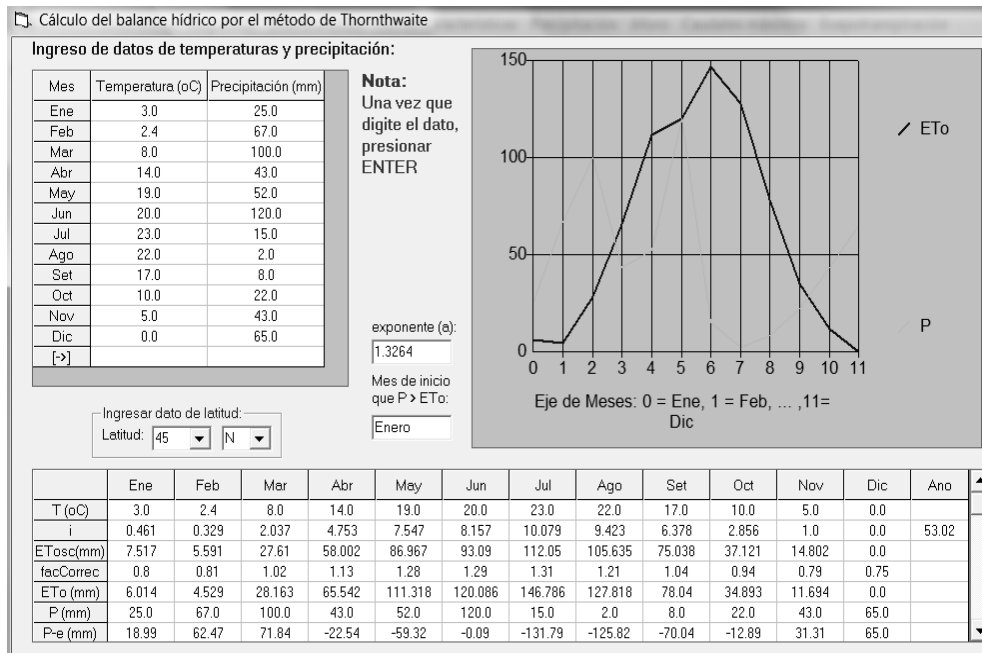


Figura 42 Interfata programului Hidroesta

DrinC

DrinC este un program realizat pentru a facilita calcularea unor indici ai secetei, calcul ce poate fi complicat în cazul analizei distribuției spațiale a acestora. Trei indici ai secetei pot fi calculați cu ajutorul acestui program: Decilele, SPI și RDI (Tsakiris și Vangelis, 2005). Datele necesare calculului sunt formate din valorile lunare sau anuale ale precipitațiilor pentru calculul decilelor și SPI, în timp ce evapotranspirația potențială este necesară pentru calculul RDI. Utilizatorul poate determina evapotranspirația utilizând datele privind temperatura, metoda utilizată fiind Thornthwaite.

SPI este un indice bazat pe probabilitatea apariției precipitațiilor pentru orice scară de timp. SPI poate fi calculat pentru diferite scale de timp, poate oferi avertizări timpurii ale secetei și ajută la evaluarea severității secetei fiind mai puțin complex decât Palmer. Este un indice folosit destul de des și poate fi determinat pentru diferite perioade timp: 1, 3, 6, 12 și 24 de luni. SPI este un indice bazat pe distribuția probabilității de înregistrare a precipitațiilor pe termen lung, pentru o perioadă de timp dorită. În 2010 Organizația Mondială a Meteorologiei a selectat SPI ca și indicator cheie al secetei meteorologice pentru activitatea operațională a serviciilor furnizate de JTC, EC etc.

Indicele de recunoaștere a secetei (RDI) utilizează atât precipitațiile cât și evapotranspirația potențială. RDI poate fi estimat pentru orice perioadă de timp de la o lună la un an și care permite o legătură efectivă a indicelui cu producția așteptată și implicit cu pierderile anticipate în sectorul agricol datorită apariției secetei. Acest indice a fost introdus de Prof. Tsakiris de la Universitatea Națională Tehnică din Atena (Tsakiris și Vangelis, 2005; Tsakiris și colab., 2007). RDI se calculează ca raportul dintre două cantități agregate ale precipitațiilor și evapotranspirației potențiale. Se recomandă utilizarea pe perioade de 3, 6, 9 și 12 luni dacă RDI trebuie calculat ca și indicator general al secetei meteorologice. În formularea inițială, RDI pentru 12 luni poate fi comparat direct cu indicele aridității pentru aria aflată în studiu.

Există câteva avantaje ale folosirii RDI în comparație cu SPI (are un înțeles fizic, poate fi estimate pentru orice perioadă de timp, valoarea estimată este comprehensibilă) iar RDI poate fi direct legat de condițiile climatice ale regiunii. RDI poate fi utilizat pentru condiții de instabilitate climatică și pentru analiza diverselor efecte ale modificărilor factorilor climatici asupra secetei și desertificării. RDI se comportă într-o manieră similară cu SPI astfel ca ambii indicatori pot fi clasificați conform următorului tabel:

Tabel 9 Clasificarea SPI și RDI [5]

Valori RDI sau SPI	Categorie
2 sau mai mult	Extrem de umed
1.5 - 1.99	Umiditate severă
1 - 1.49	Umiditate moderată
0 - 0.99	Condiții normale – umed
-0.99 - 0	Condiții normale - uscat
-1.49 - -1	Seceta moderată
-1.99 - -1.5	Seceta severă
-2 sau mai puțin	Seceta extremă

Decilele sunt de obicei folosite pentru a clasifica datele climatice istorice cum ar fi creșterea sezonieră a precipitațiilor prin gruparea anilor în categorii, fiecare conținând o zecime din perioadă. Media este foarte utilizată în măsurarea precipitațiilor - ploile primite pot fi "peste medie", "medii" sau "sub medie". Totuși, deoarece precipitațiile înregistrate la orice locație pot cuprinde mai mulți ani cu precipitații mai scăzute decât ani mai ploioși, utilizarea valorilor medii pot fi înșelătoare atunci când este necesară determinarea frecvenței precipitațiilor ridicate, medii sau scăzute. Precipitațiile înregistrate și aranjate descrescător sunt împărțite în 10 grupe, pentru a oferi o gamă mai largă de categorii de precipitații în raport cu o gama medie definită.

Tabel 10 Gruparea decilelor precipitațiilor și denumirile acestora utilizate în climatologie:

Categoriile de decile	Raza de extindere	Denumire
1	Cele mai scăzute 10% din valori	Foarte mult sub medie
2	Următoarele 10% cele mai reduse valori	Mult sub medie
3	A 3-a serie de 10% din cele mai reduse valori	Sub medie
4, 5, 6, 7	40% din valori, valorile medii	Medie
8	A treia serie de 10% din cele mai ridicate valori	Peste medie
9	Următoarele 10% din cele mai ridicate valori	Mult peste medie
10	Cele mai ridicate 10% din valori	Foarte mult peste medie

Decilele lunare nu pot fi cumulate. Putem folosi decilele calculate din înregistrările precedente ca referință, pentru a determina poziția relativă a precipitațiilor actuale totale. Este important totuși de reținut că deși decilele sunt un instrument util în analiza variabilității climei, în practică ele nu pot oferi o analiză completă și întotdeauna relevantă. Primul pas în realizarea analizei climatice cu ajutorul programului DrinC a fost reprezentat de calculul valorilor evapotranspirației potențiale prin metoda Thornthwaite. Rezultatele pentru perioada 1980 – 2010 sunt prezentate în tabelul următor:

Year	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Annual
1980 - 1981	47.7	11.5	0.0	0.0	0.4	33.2	45.5	93.5	125.4	128.6	120.0	81.8	687.6
1981 - 1982	50.2	9.5	0.4	0.0	0.0	17.3	32.0	105.6	124.6	134.8	123.6	97.2	695.1
1982 - 1983	49.3	11.3	7.4	4.9	0.0	24.2	60.6	106.5	112.8	150.1	124.5	75.0	726.6
1983 - 1984	43.4	3.7	0.0	0.4	1.7	19.7	51.3	96.0	107.5	121.9	121.5	87.1	654.1
1984 - 1985	52.1	15.4	0.0	0.0	0.0	15.7	52.1	105.7	97.9	137.6	127.6	76.4	680.6
1985 - 1986	38.8	11.6	10.5	0.4	0.0	12.2	63.9	113.2	117.7	126.8	130.3	76.2	701.7
1986 - 1987	40.0	13.2	0.0	0.0	0.3	0.0	49.0	84.3	120.8	157.7	109.8	94.8	669.8
1987 - 1988	46.6	17.2	2.1	5.8	5.5	16.3	43.7	95.1	111.6	151.1	130.3	77.3	702.6
1988 - 1989	41.5	0.0	1.6	0.0	9.5	33.9	64.1	90.9	104.1	141.4	123.8	76.2	687.0
1989 - 1990	44.2	10.0	2.0	0.0	11.6	34.7	49.4	98.7	118.2	136.0	129.2	64.7	698.7
1990 - 1991	48.0	17.8	1.9	0.0	0.0	30.0	43.1	72.7	120.5	147.1	118.9	81.6	681.5
1991 - 1992	36.7	14.9	0.0	0.0	3.9	19.4	52.5	97.7	120.3	144.7	162.4	77.1	729.5
1992 - 1993	42.3	16.7	0.0	0.0	0.0	10.4	48.3	116.6	127.3	137.8	132.3	73.5	705.2
1993 - 1994	48.8	4.1	4.7	4.2	2.6	26.9	48.3	94.7	117.5	157.0	137.5	97.8	744.2
1994 - 1995	38.2	14.8	1.7	0.0	13.4	17.5	47.5	92.6	115.7	161.2	125.3	70.8	698.6
1995 - 1996	49.4	6.2	1.5	0.0	0.0	4.1	53.7	111.0	129.4	131.2	124.6	59.9	671.1
1996 - 1997	44.5	23.6	0.0	0.0	3.6	16.4	30.7	102.5	124.6	130.8	122.8	76.2	675.8
1997 - 1998	29.5	17.7	5.3	5.3	9.3	8.3	55.2	93.0	132.3	142.2	131.9	71.7	701.7
1998 - 1999	47.3	6.5	0.0	0.0	0.2	24.6	55.8	94.8	122.3	144.8	124.4	89.7	710.4
1999 - 2000	41.1	7.0	0.6	0.0	5.6	17.0	65.8	111.4	134.0	137.3	148.2	76.2	744.1
2000 - 2001	54.8	28.1	4.5	3.5	5.3	33.0	44.1	102.6	107.4	141.0	139.6	66.6	730.5
2001 - 2002	52.6	5.4	0.0	0.0	11.8	28.5	47.9	115.3	132.2	153.6	125.7	71.9	744.9
2002 - 2003	39.8	22.0	0.0	0.0	0.0	11.4	42.1	123.5	147.6	145.3	149.6	73.0	754.3
2003 - 2004	33.2	21.6	2.5	0.0	2.3	21.7	55.1	87.0	120.2	143.7	128.1	73.8	689.1
2004 - 2005	52.5	16.1	3.8	0.0	0.0	8.8	50.2	100.7	118.0	143.1	117.9	82.9	694.0
2005 - 2006	45.6	11.6	2.5	0.0	0.0	14.2	59.7	93.6	117.7	157.7	114.0	83.8	700.5
2006 - 2007	46.1	15.0	2.9	8.7	9.4	29.1	52.1	105.8	137.0	157.3	139.3	60.5	763.3
2007 - 2008	39.7	8.7	0.0	1.1	8.0	25.4	52.1	103.8	133.5	142.6	138.5	71.7	725.1
2008 - 2009	45.3	17.5	5.2	0.0	1.9	19.0	65.0	104.5	116.6	150.3	139.4	90.6	755.4
2009 - 2010	43.9	21.4	5.4	0.0	3.6	22.9	53.7	95.1	121.2	150.4	129.5	70.4	717.4

Cu ajutorul acestor valori si utilizand datele climatice (valori ale precipitatiilor si temperaturilor) pentru o perioada de 30 ani aferente zonei Sannicolaul Mare au fost calculate valorile SPI (3, 6, 9 si 12 luni) respectiv RDI (normalizate si standardizate), rezultatele fiind prezentate in urmatoarele tabele si figuri.

Tabel 11 Valorile SPI (3, 6, 9 si 12 luni)

Anul	SPI 3 luni	SPI 6 luni	SPI 9 luni	SPI 12 luni
1980 - 81	0.95	1.20	1.01	1.07
1981 - 82	1.43	1.54	0.67	0.31
1982 - 83	-0.09	-0.75	-1.40	-1.03
1983 - 84	-1.79	-1.11	-0.75	-1.00
1984 - 85	-0.19	-0.15	0.13	-0.44
1985 - 86	-0.28	0.53	-0.24	-0.32
1986 - 87	-1.73	-0.49	0.07	-0.70
1987 - 88	-1.16	0.23	0.15	-0.55
1988 - 89	-1.24	-2.66	-0.15	-0.08
1989 - 90	0.46	-0.11	-1.04	-1.31
1990 - 91	0.57	0.14	0.65	0.72
1991 - 92	1.24	0.15	-0.72	-1.45
1992 - 93	0.86	0.33	-1.13	-0.82
1993 - 94	0.91	0.67	0.43	0.07

1994 - 95	-0.80	-0.46	-0.17	0.10
1995 - 96	0.18	0.35	0.42	1.00
1996 - 97	0.81	0.23	-0.30	0.34
1997 - 98	0.58	0.02	-0.32	0.43
1998 - 99	-0.11	0.19	0.15	0.90
1999 - 00	1.41	0.76	-0.47	-1.18
2000 - 01	-1.48	-0.98	0.81	1.11
2001 - 02	-1.32	-2.66	-2.22	-0.39
2002 - 03	0.00	-0.17	-1.59	-1.33
2003 - 04	0.13	0.09	1.35	1.15
2004 - 05	0.67	1.05	1.76	2.20
2005 - 06	-0.76	-0.26	0.10	-0.18
2006 - 07	-1.69	-0.64	-0.88	-0.73
2007 - 08	0.71	0.71	0.61	0.15
2008 - 09	0.27	0.10	0.30	-0.64
2009 - 10	1.48	2.22	2.74	2.60

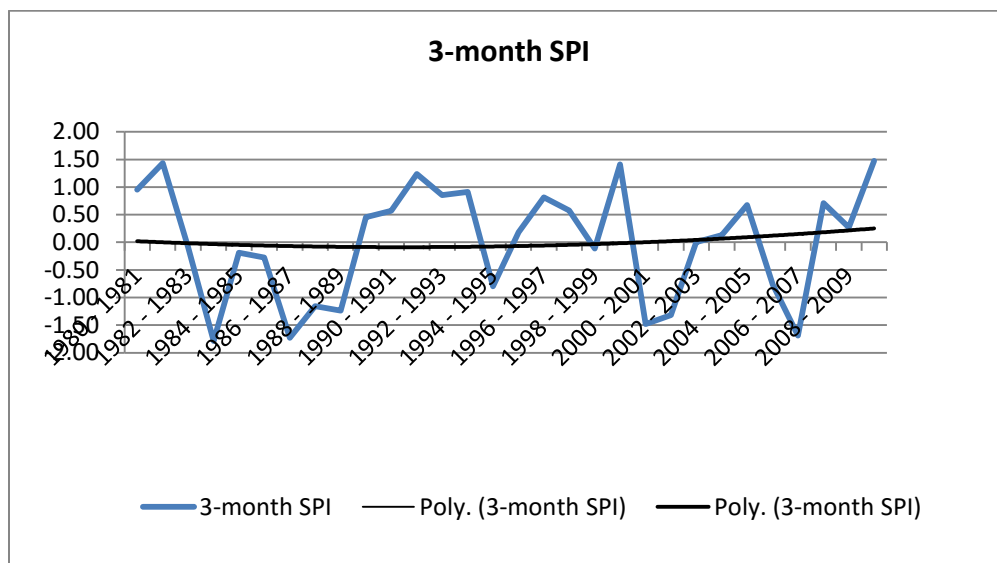


Figura 43 Valorile SPI 3 luni Sannicolaul Mare

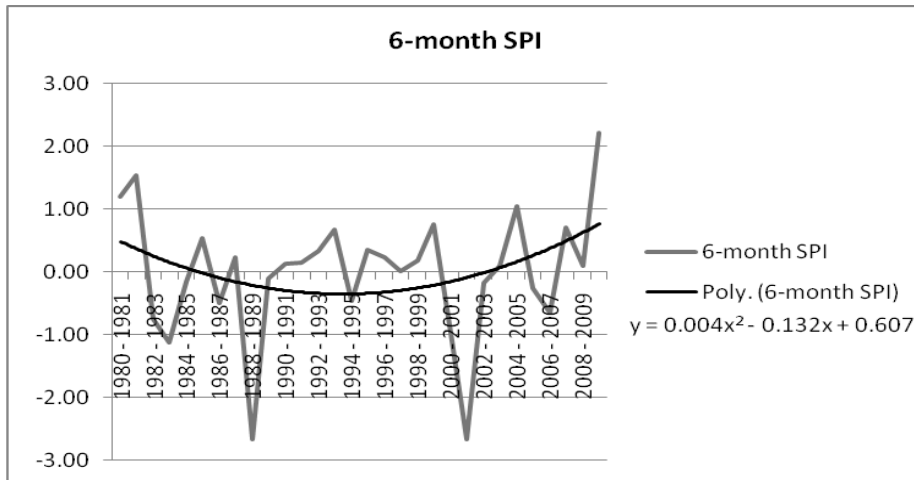


Figura 44 Valorile SPI 6 luni Sannicolaul Mare

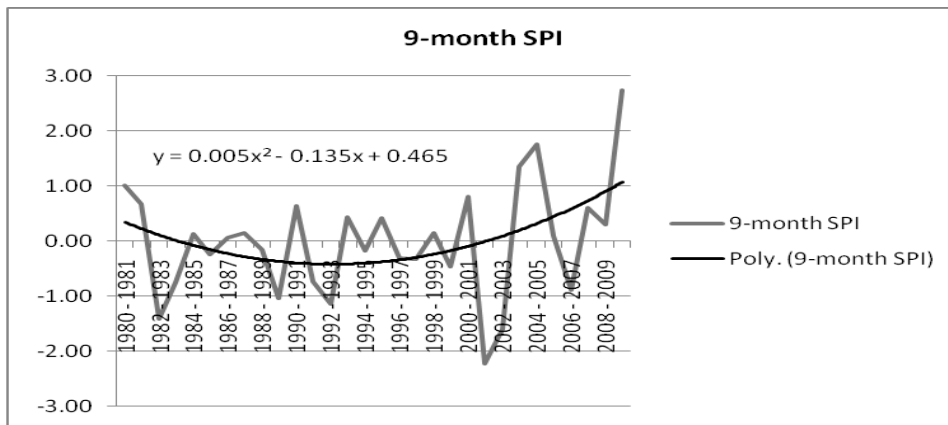


Figura 45 Valorile SPI 9 luni Sannicolaul Mare

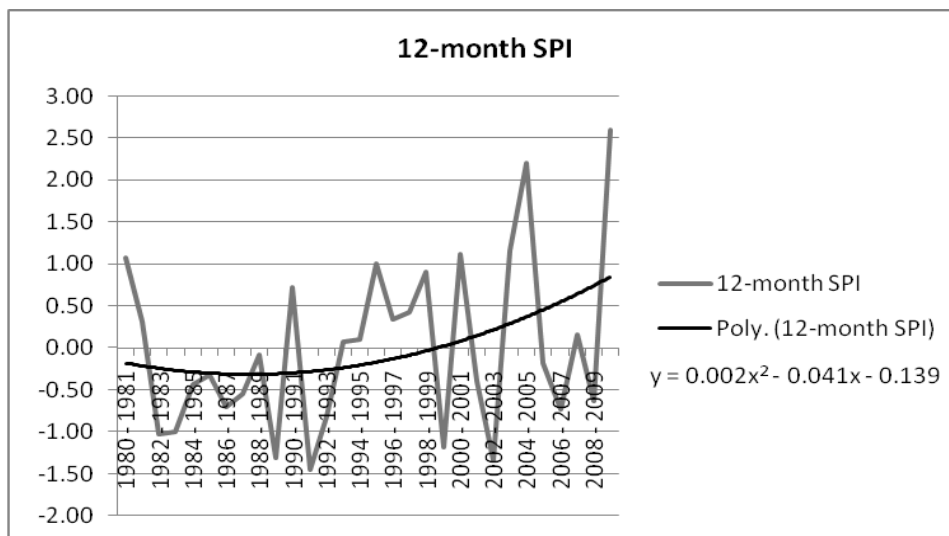


Figura 46 Valorile SPI 12 luni Sannicolaul Mare

Tabel 12 Valorile RDI 3 luni Sannicolaul Mare

RDI 3 luni				
Anul	α_3	Normalizat		Standardizat
1980 - 1981	2.90	0.38		0.90
1981 - 1982	3.42	0.63		1.25
1982 - 1983	1.65	-0.22		-0.30
1983 - 1984	1.01	-0.52		-1.34
1984 - 1985	1.59	-0.25		-0.38
1985 - 1986	1.69	-0.20		-0.25
1986 - 1987	0.93	-0.56		-1.53
1987 - 1988	1.02	-0.52		-1.33
1988 - 1989	1.49	-0.29		-0.51
1989 - 1990	2.51	0.20		0.59
1990 - 1991	2.19	0.04		0.30
1991 - 1992	3.71	0.76		1.42
1992 - 1993	2.81	0.33		0.83
1993 - 1994	2.94	0.40		0.92
1994 - 1995	1.47	-0.30		-0.54
1995 - 1996	2.20	0.05		0.32
1996 - 1997	2.39	0.14		0.49
1997 - 1998	2.82	0.34		0.84
1998 - 1999	2.06	-0.02		0.17
1999 - 2000	4.18	0.99		1.68
2000 - 2001	0.65	-0.69		-2.29
2001 - 2002	1.06	-0.49		-1.23

2002 - 2003	1.88	-0.10	-0.02
2003 - 2004	2.15	0.02	0.26
2004 - 2005	2.13	0.01	0.24
2005 - 2006	1.37	-0.35	-0.70
2006 - 2007	0.79	-0.63	-1.87
2007 - 2008	3.23	0.54	1.13
2008 - 2009	1.92	-0.09	0.02
2009 - 2010	2.95	0.40	0.93

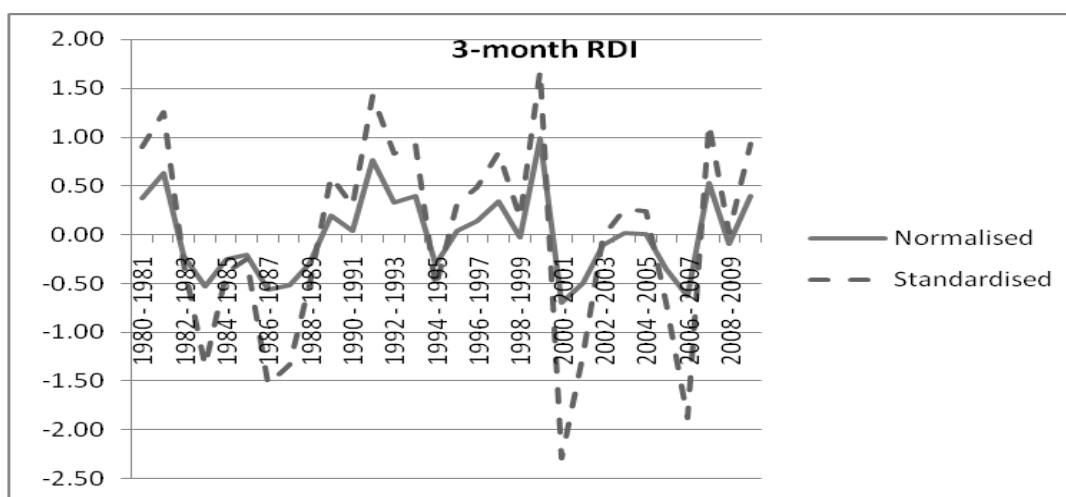


Figura 47 RDI – 3 luni. Sannicolaul Mare

Tabel 13 Valorile RDI 6 luni Sannicolaul Mare

RDI 6 luni			
Anul	α_6	Normalizat	Standardizat
1980 - 1981	3.00	0.17	0.59
1981 - 1982	3.91	0.52	1.34
1982 - 1983	1.71	-0.33	-0.99
1983 - 1984	2.17	-0.15	-0.32
1984 - 1985	2.36	-0.08	-0.08
1985 - 1986	3.21	0.25	0.78
1986 - 1987	3.35	0.31	0.91
1987 - 1988	2.33	-0.09	-0.12
1988 - 1989	1.05	-0.59	-2.37
1989 - 1990	1.94	-0.24	-0.63
1990 - 1991	2.17	-0.15	-0.31
1991 - 1992	2.85	0.11	0.45
1992 - 1993	3.22	0.26	0.80
1993 - 1994	2.67	0.04	0.27

1994 - 1995	2.11	-0.18	-0.39
1995 - 1996	3.67	0.43	1.17
1996 - 1997	2.47	-0.04	0.05
1997 - 1998	2.73	0.06	0.33
1998 - 1999	2.74	0.07	0.34
1999 - 2000	3.50	0.36	1.03
2000 - 2001	1.21	-0.53	-1.98
2001 - 2002	0.93	-0.64	-2.72
2002 - 2003	2.67	0.04	0.27
2003 - 2004	2.58	0.01	0.18
2004 - 2005	3.30	0.29	0.87
2005 - 2006	2.58	0.01	0.17
2006 - 2007	1.54	-0.40	-1.29
2007 - 2008	2.97	0.16	0.57
2008 - 2009	2.37	-0.08	-0.07
2009 - 2010	3.62	0.41	1.13

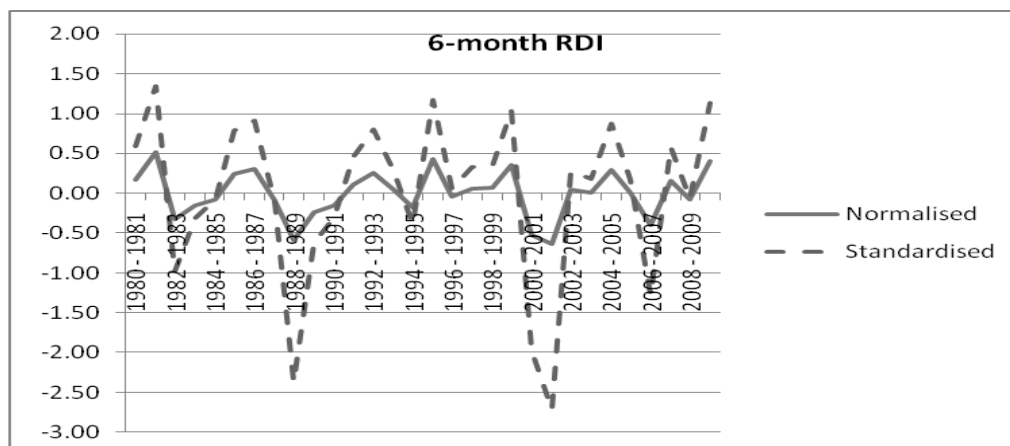


Figura 48 Valorile RDI 6 luni Sannicolaul Mare

Tabel 14 Valorile RDI 9 luni Sannicolaul Mare

RDI 9 luni			
Anul	α_9	Normalizat	Standardizat
1980 - 1981	1.26	0.18	0.89
1981 - 1982	1.25	0.17	0.84
1982 - 1983	0.75	-0.29	-1.53
1983 - 1984	1.00	-0.06	-0.19
1984 - 1985	1.13	0.06	0.38
1985 - 1986	0.97	-0.09	-0.34
1986 - 1987	1.23	0.16	0.79

1987 - 1988	1.12	0.05	0.33
1988 - 1989	1.05	-0.01	0.04
1989 - 1990	0.83	-0.22	-1.07
1990 - 1991	1.26	0.18	0.89
1991 - 1992	0.94	-0.12	-0.47
1992 - 1993	0.83	-0.22	-1.07
1993 - 1994	1.15	0.08	0.46
1994 - 1995	1.06	0.00	0.08
1995 - 1996	1.14	0.07	0.41
1996 - 1997	1.02	-0.04	-0.10
1997 - 1998	0.99	-0.07	-0.24
1998 - 1999	1.10	0.03	0.23
1999 - 2000	0.90	-0.16	-0.72
2000 - 2001	1.13	0.06	0.39
2001 - 2002	0.61	-0.43	-2.53
2002 - 2003	0.71	-0.34	-1.83
2003 - 2004	1.39	0.30	1.35
2004 - 2005	1.46	0.37	1.59
2005 - 2006	1.11	0.04	0.28
2006 - 2007	0.78	-0.27	-1.38
2007 - 2008	1.13	0.06	0.36
2008 - 2009	1.06	-0.01	0.05
2009 - 2010	1.64	0.53	2.11

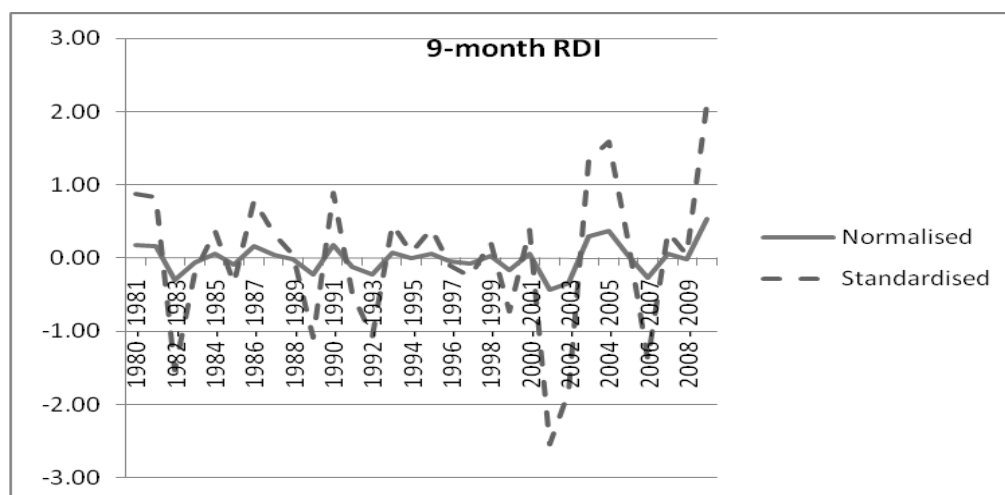


Figura 49 Valorile RDI 9 luni Sannicolaul Mare

Tabel 15 Valorile RDI 12 luni

RDI anual		
-----------	--	--

Anul	α_{12}	Normalizat	Standardizat
1980 - 1981	0.91	0.22	1.15
1981 - 1982	0.79	0.06	0.41
1982 - 1983	0.59	-0.21	-1.12
1983 - 1984	0.66	-0.11	-0.54
1984 - 1985	0.70	-0.05	-0.19
1985 - 1986	0.70	-0.06	-0.23
1986 - 1987	0.68	-0.08	-0.36
1987 - 1988	0.67	-0.10	-0.46
1988 - 1989	0.74	0.00	0.10
1989 - 1990	0.58	-0.22	-1.20
1990 - 1991	0.86	0.16	0.89
1991 - 1992	0.54	-0.27	-1.57
1992 - 1993	0.63	-0.15	-0.75
1993 - 1994	0.70	-0.05	-0.17
1994 - 1995	0.75	0.02	0.19
1995 - 1996	0.92	0.24	1.22
1996 - 1997	0.81	0.10	0.59
1997 - 1998	0.80	0.07	0.47
1998 - 1999	0.85	0.15	0.83
1999 - 2000	0.56	-0.25	-1.39
2000 - 2001	0.86	0.16	0.88
2001 - 2002	0.65	-0.13	-0.62
2002 - 2003	0.53	-0.28	-1.62
2003 - 2004	0.92	0.24	1.22
2004 - 2005	1.08	0.46	2.07
2005 - 2006	0.72	-0.04	-0.09
2006 - 2007	0.59	-0.20	-1.07
2007 - 2008	0.73	-0.01	0.04
2008 - 2009	0.61	-0.18	-0.93
2009 - 2010	1.11	0.50	2.23

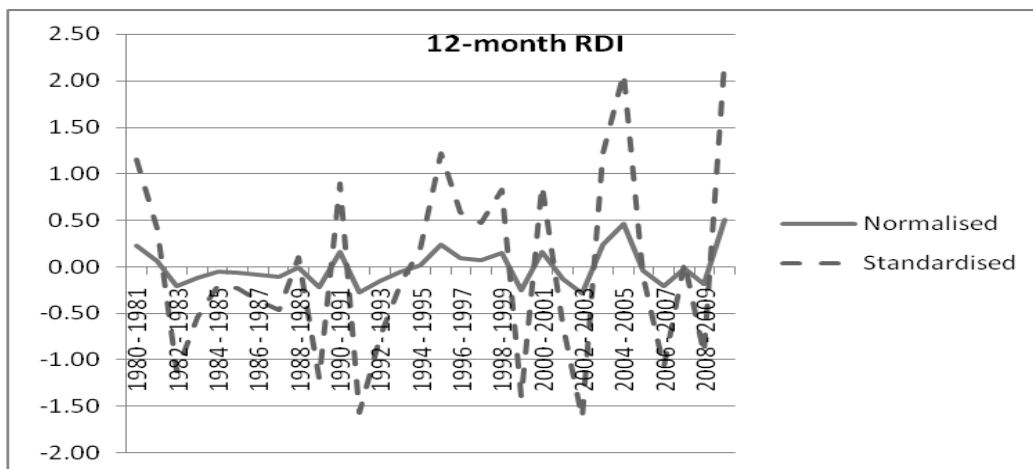


Figura 50 Valorile RDI anuale Sannicolaul Mare

Din graficele și tabelele precedente se poate observa că trendul actual al climei este caracterizat de o creștere a perioadelor normale și umede. Conform SPI-12 luni, numai 37% din ultimii 30 ani (1980-2010) sunt caracterizați de secete ușoare și medii, cea mai secetoasă perioadă fiind cea cuprinsă între 1982 și 1993.

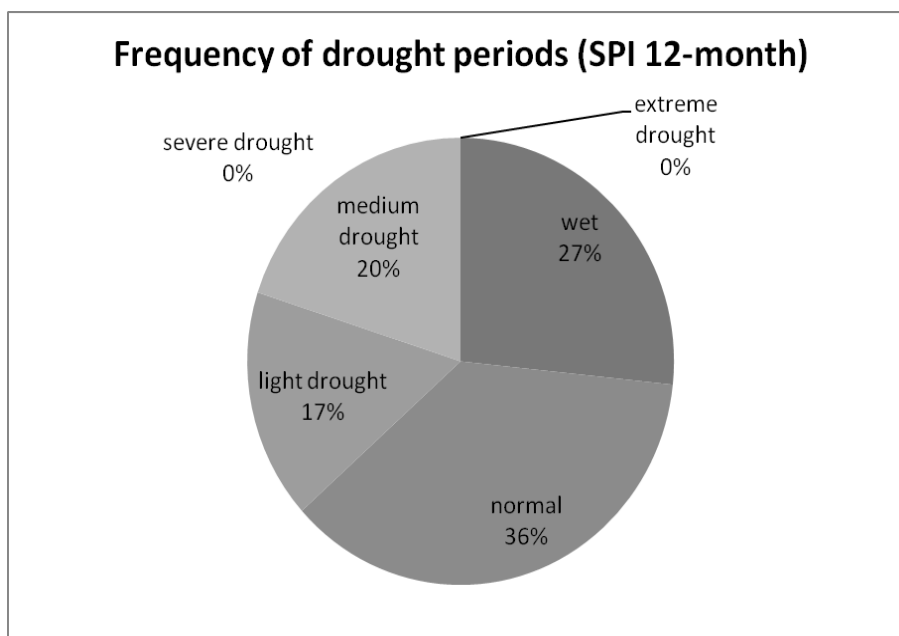


Figura 51 Frecvența perioadelor secetoase (SPI 12 luni)

Rezultatele obținute cu indicatorul RDI-12 luni sunt relativ similare. Utilizând acest indicator putem observa că 33% din perioada analizată este caracterizată de secete ușoare, moderate și severe (3%). Putem identifica perioada 1982 – 1993 ca fiind și în acest caz cea mai secetoasă.

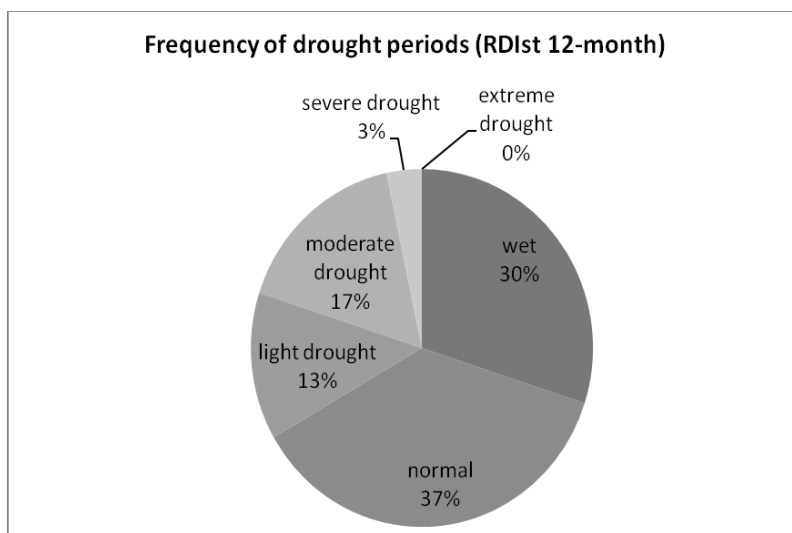


Figura 52 Frecvența perioadelor secetoase RDI-12 luni

Zona Sânnicolaul Mare a fost caracterizată acum 40 ani de exces de umiditate. Ca și consecință, arealul respectiv a beneficiat de numeroase sisteme de desecare-drenaj. În acest fel, pe durata perioadelor secetoase, terenurile agricole prezentau un nivel al apelor freatice adecvat dezvoltării culturilor agricole. Această perioadă a fost urmată de o decadă caracterizată prin secete frecvente necesitând de această dată aplicarea irigațiilor. Ultimele studii realizate pentru Sânnicolaul Mare indică încă o dată o creștere a anilor “normali” din punct de vedere climatic, chiar “umezi” pe fondul unui risc ridicat al posibilității de apariție a secetelor moderate și severe. Analizând valorile indicatorilor SPI și RDI ne putem aștepta ca în viitorul apropiat să întâmpinăm secete severe urmate la interval foarte scurte de perioade ploioase, situații care necesită un management sustenabil al umidității solului.

Balanța apei joacă un rol cheie în cadrul interacțiunilor dintre climă și biosferă. Balanța apei, care include elemente precum precipitațiile, scurgerea de suprafață, evapotranspirația, nu va rămâne neafectată de aceste schimbări induse de schimbările climatice. Schimbările climatice alterează distribuția precipitațiilor ducând la diferențe fundamentale în comparație cu o stare precedentă. Evapotranspirația prezintă la rândul ei variații datorită temperaturii, umidității aerului, vântului și acoperirea cu vegetație a terenului.

Pentru județul Timiș, caracterizat de o climă moderat continentală cu influențe Mediteraneene și cu perioade climatice greu predictibile, au fost identificate 4 tipuri regionale de climă: climat regional aferent câmpiilor joase, climat regional aferent câmpiilor înalte, climat regional aferent zonelor deluroase respectiv climat muntos.

Temperaturile medii anuale prezintă variații ce depind de formele de relief având valori cuprinse între 4° și 7°C (în zonele montane) până la 10° - 11°C în zonele de câmpie. Pe durata anotimpurilor mai calde (primăvară, vară) masele de aer dominante sunt de tip temperat, de proveniență oceanică contribuind în mod semnificativ din punct de vedere al volumelor precipitațiilor. Masele de aer cald de proveniență Adriatică se fac simțite mai ales iarna prin lipsa precipitațiilor respectiv vara prin perioade foarte calde și uscate.

Regimul precipitațiilor are un caracter neregulat, anii ploioși fiind urmați la intervale foarte scurte de cei secetoși.

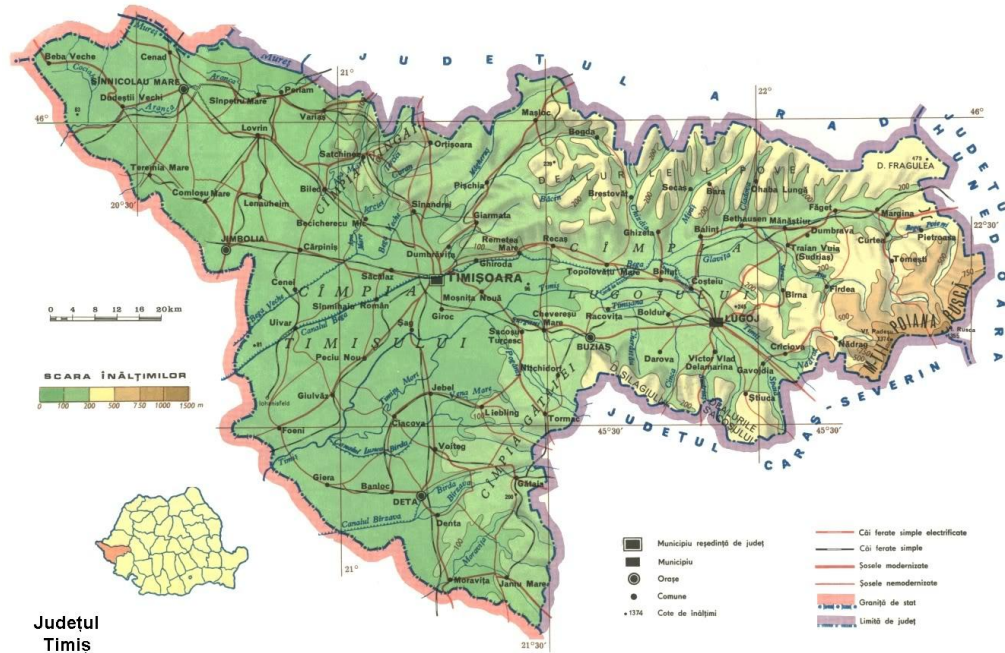


Figura 53 Harta geografică a zonei studiate

Zona analizată acoperă bazinul hidrografic al Arancăi, o câmpie cu o pantă medie de 0.30 ‰. Câmpia Arancăi este brăzdată de numeroase canale. Climatul este unul continental temperat, cu ierni blânde și bogate în precipitații. Sezonul de vară este caracterizat de vreme instabilă, alternând perioadele secetoase cu furtunile. Hidrografia zonei studiate este rezultatul acțiunii combinate a factorilor climatici, morfologici și geologici. Apele freatice din această zonă contribuie la excesul de umiditate de la nivelul solului însă doar până la adâncimea de 2m. Solurile sunt în principal cernoziomuri, vertisoluri, pelosoluri etc.

Studiul balanței apei s-a făcut cu ajutorul programului Hidroesta fiind utilizate valori ale precipitațiilor și temperaturilor aferente zonei studiate.



Figura 54 Harta hidrografică a zonei studiate

Studiul a fost realizat pentru perioada 1980 – 2010 utilizând un pas de timp de 5 ani. Valorile evapotranspirației utilizate în calcule au fost obținute cu ajutorul metodei Thornthwaite. Rezultatele sunt prezentate în următoarele figuri:

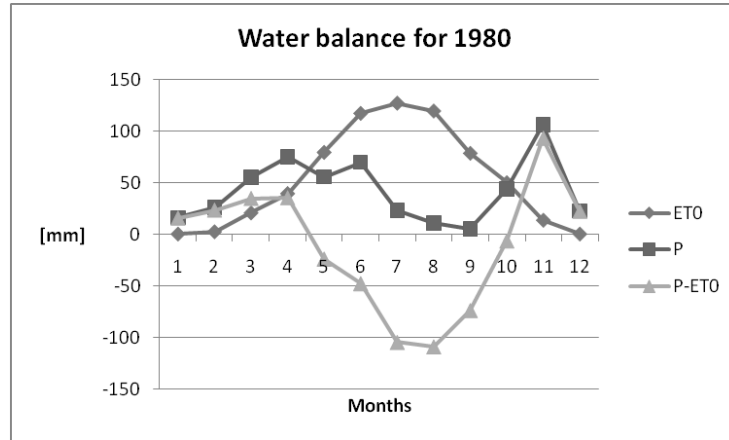


Figura 55 Balanța apei pentru Sânnicolaul Mare (1980) obținută cu programul Hidroesta

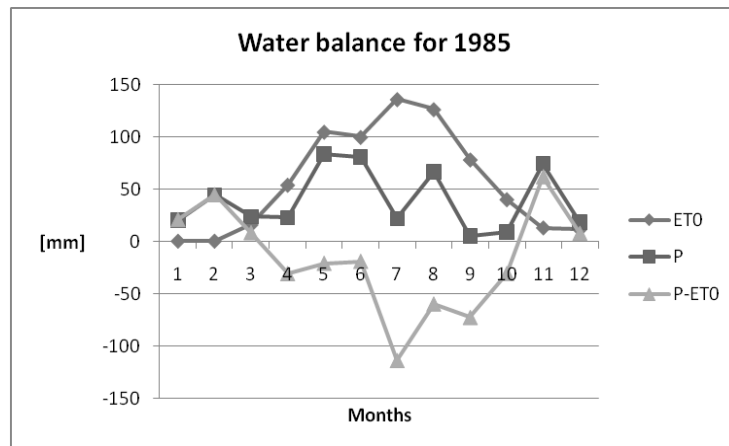


Figura 56 Balanța apei pentru Sânnicolaul Mare (1985) obținută cu programul Hidroesta

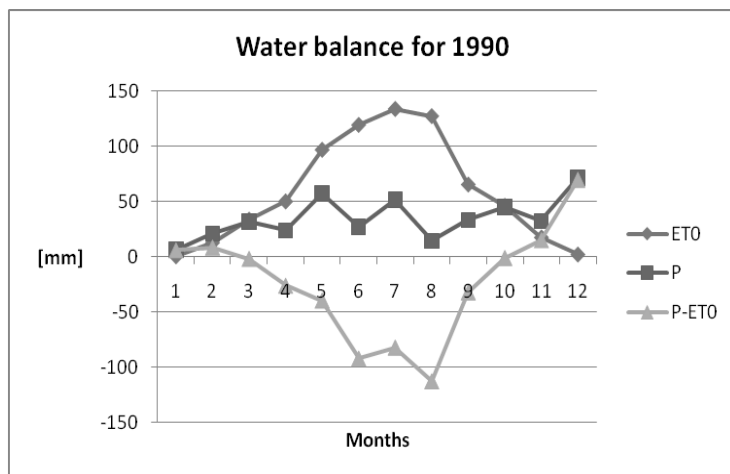


Figura 57 Balanța apei pentru Sânnicolaul Mare (1990) obținută cu programul Hidroesta

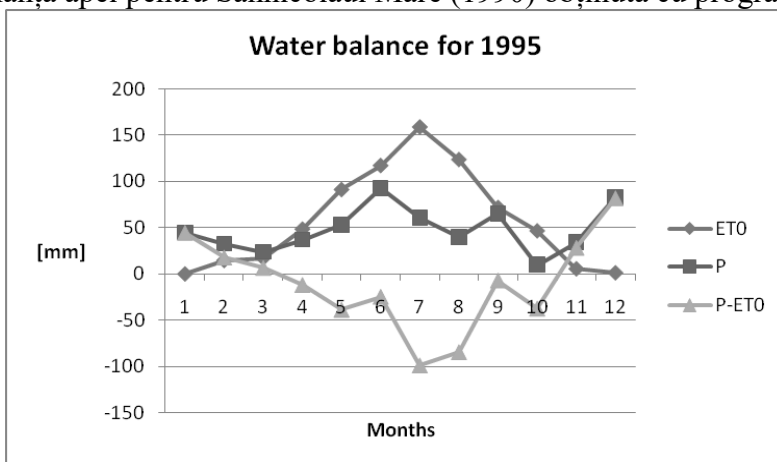


Figura 58 Balanța apei pentru Sânnicolaul Mare (1995) obținută cu programul Hidroesta

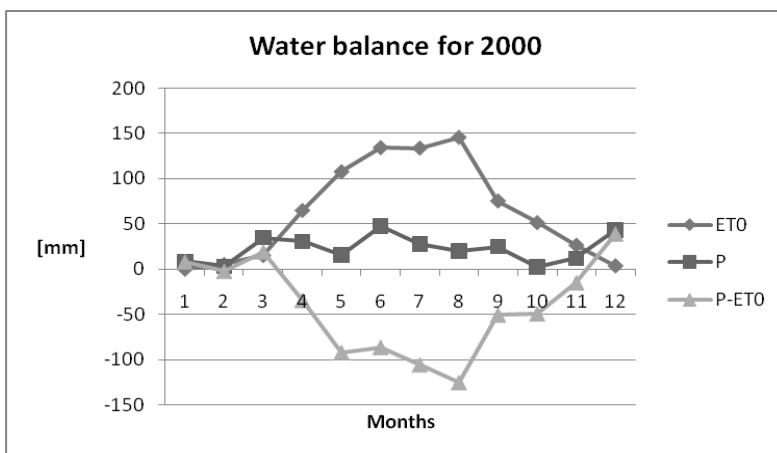


Figura 59 Balanța apei pentru Sânnicolaul Mare (2000) obținută cu programul Hidroesta

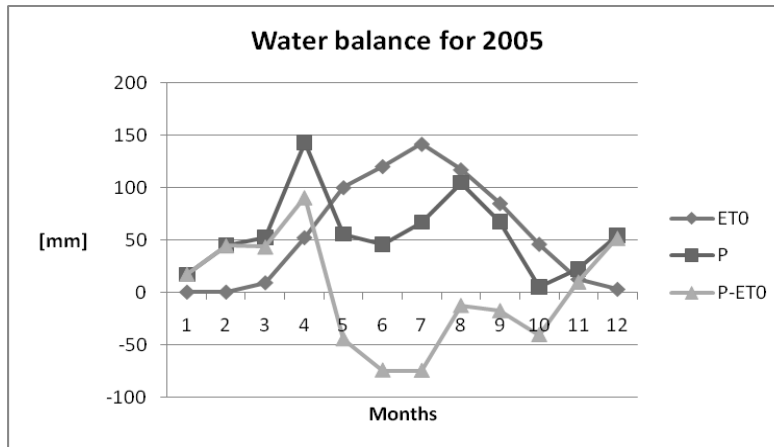


Figura 60 Balanța apei pentru Sânnicolaul Mare (2005) obținută cu programul Hidroesta

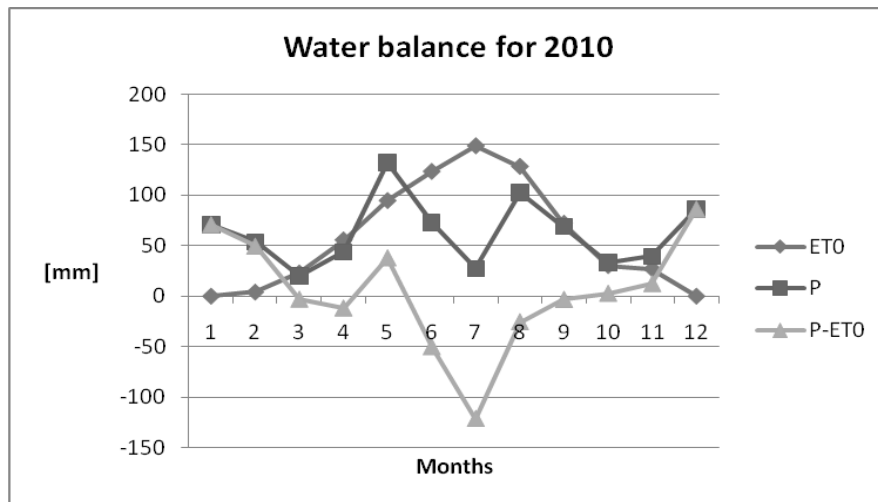


Figura 61 Balanța apei pentru Sânnicolaul Mare (2010) obținută cu programul Hidroesta

Pentru o analiză mai judicioasă a variațiilor balanței apei respective a alocării resurselor de apă între diverse componente ale sistemului hidrologic a fost utilizat și modelul U.S.G.S. Ca și date de intrare modelul necesită temperatura medie lunară, precipitațiile totale lunare și latitudinea zonei studiate. Evapotranspirația actuală (AET) rezultă din evapotranspirația potențială (PET), precipitațiile totale (P_{total}), capacitatea solului de stocare a umidității respectiv consumul din această capacitate. Evapotranspirația potențială a fost calculată utilizând ecuația Hamon:

$$PET = 13.97 \cdot d \cdot D^2 \cdot W_i \quad (20)$$

unde d este numărul de zile din luna de calcul, D reprezintă numărul mediu de ore lumină iar W_i reprezintă densitatea vaporilor de apă saturați. Pentru W_i avem următoarea relație:

$$W_i = \frac{4.95 \cdot e^{0.062 \cdot T}}{100} \quad (21)$$

unde T este temperatura medie lunară.

În situația în care P_{total} pentru luna de calcul este mai mic decât PET, AET este egal cu P_{total} la care se adaugă umiditatea solului ce poate fi retrasă din capacitatea de stocare. Consumul va scădea liniar odată cu scăderea capacității de stocare, solul devenind mai uscat iar resursele de apă devenind mai greu disponibile plantelor. Dacă P_{total} plus consumul de apă este mai mic decât PET, deficitul de apă se calculează ca fiind PET-AET. Dacă P_{total} este mai mare decât PET, AET este egal cu PET iar excesul va completa capacitatea de stocare.

Rezultatele obținute cu modelul U.S.G.S. sunt prezentate în figurile următoare:

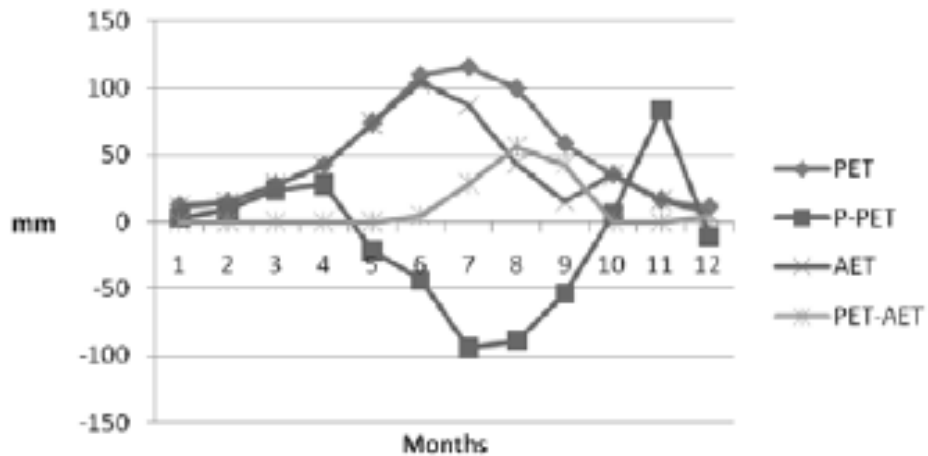


Figura 62 Componentele balanței apei pentru zona Sânnicolaul Mare (1980) calculate cu modelul U.S.G.S.

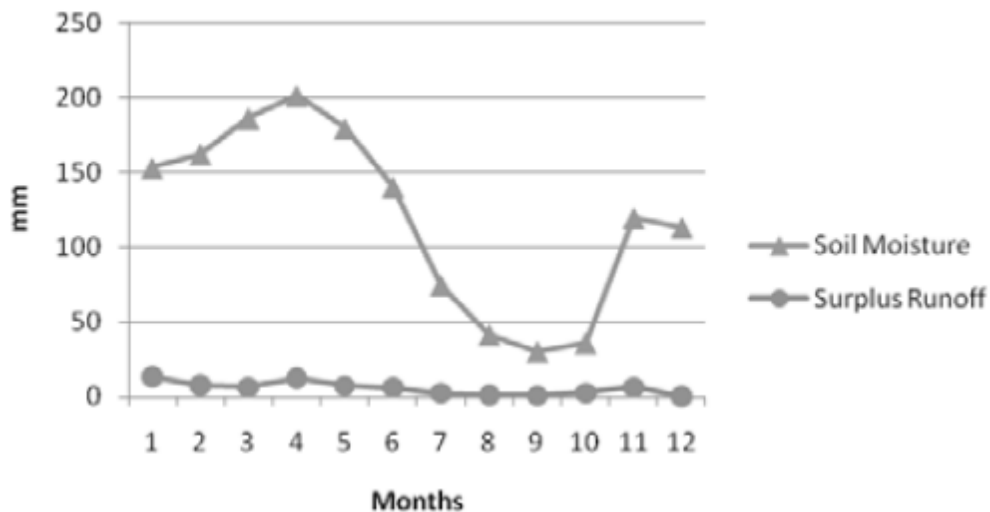


Figura 63 Graficele umidității solului și scurgerii de suprafață (zona Sânnicolaul Mare, 1980) conform modelului U.S.G.S.

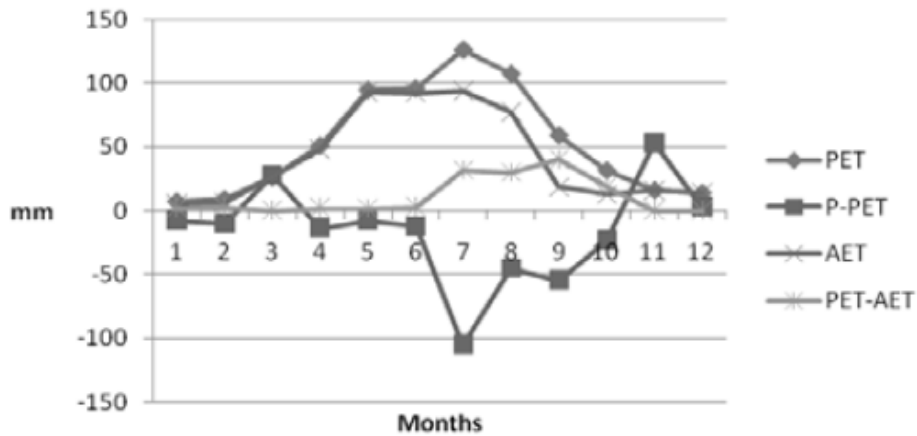


Figura 64 Componentele balanței apei pentru zona Sânnicolaul Mare (1985) calculate cu modelul U.S.G.S.

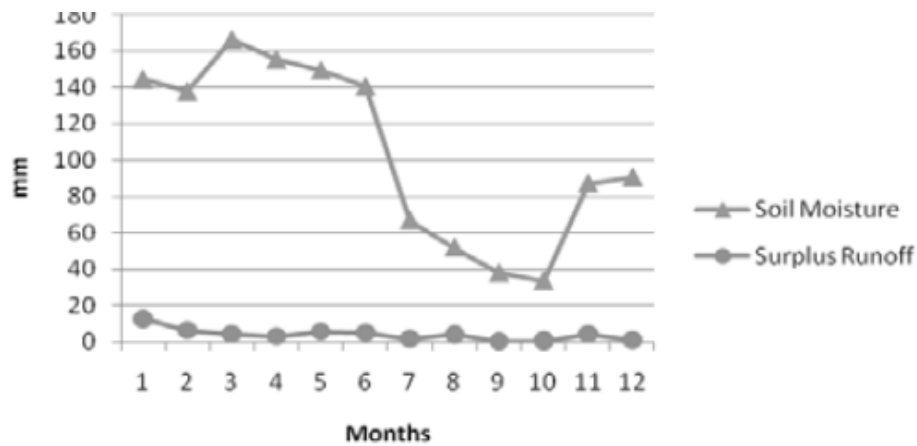


Figura 65 Graficele umidității solului și scurgerii de suprafață (zona Sânnicolaul Mare, 1985) conform modelului U.S.G.S.

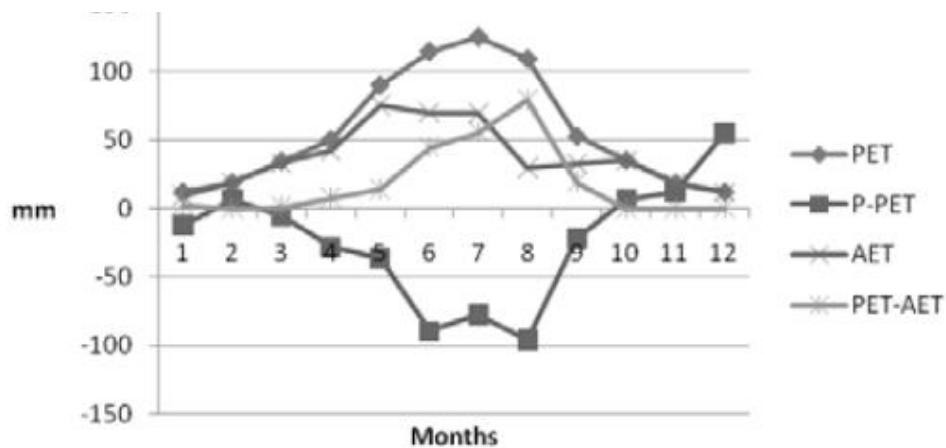


Figura 66 Componentele balanței apei pentru zona Sânnicolaul Mare (1990) calculate cu modelul U.S.G.S.

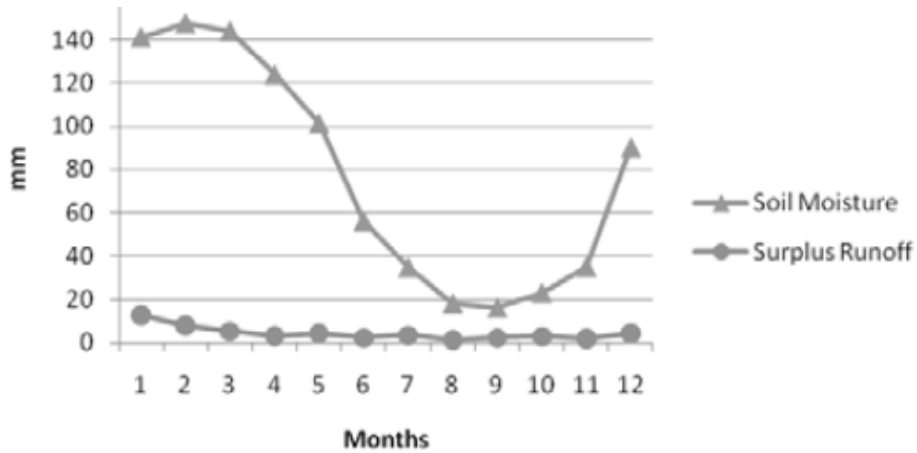


Figura 67 Graficele umidității solului și scurgerii de suprafață (zona Sânnicolaul Mare, 1990) conform modelului U.S.G.S.

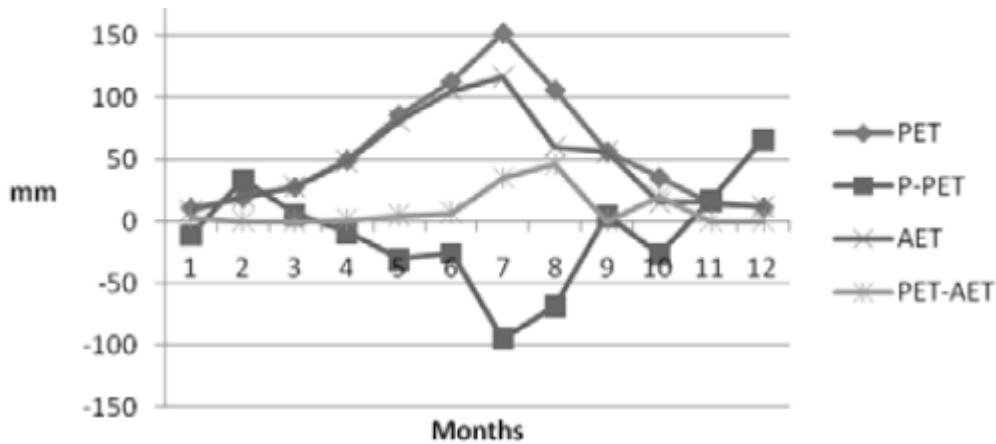


Figura 68 Componentele balanței apei pentru zona Sânnicolaul Mare (1995) calculate cu modelul U.S.G.S.

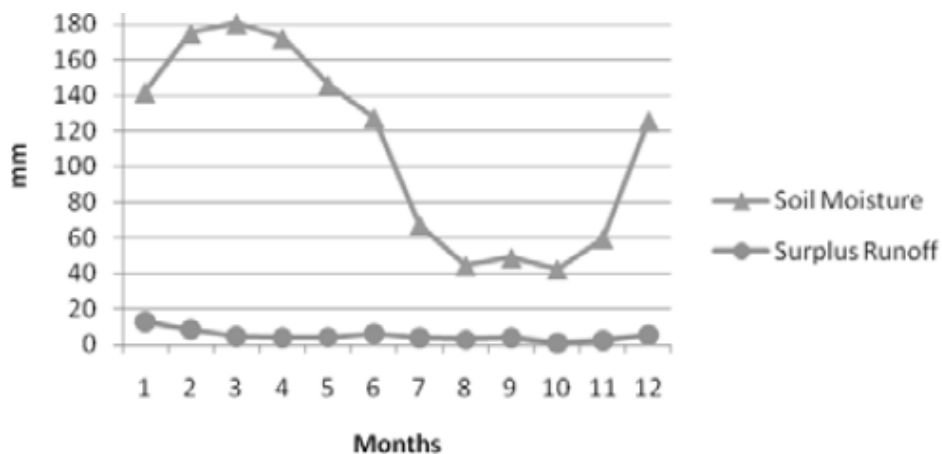


Figura 69 Graficele umidității solului și scurgerii de suprafață (zona Sânnicolaul Mare, 1995) conform modelului U.S.G.S.

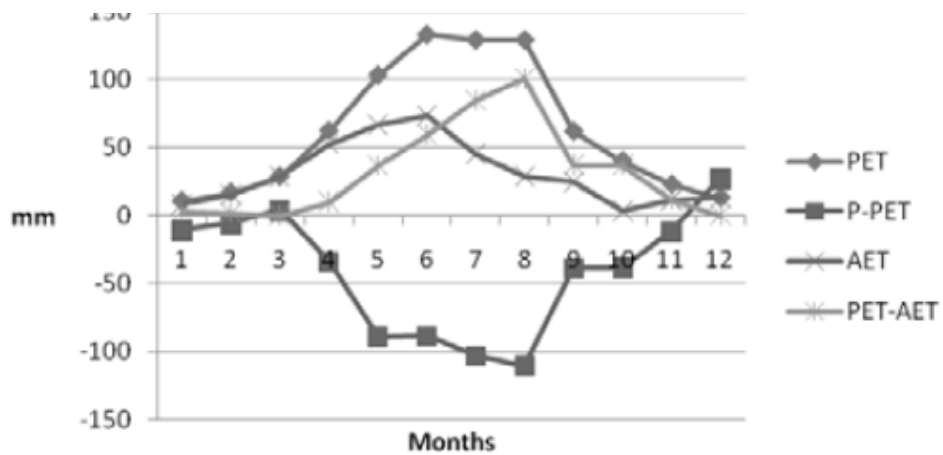


Figura 70 Componentele balanței apei pentru zona Sânnicolaul Mare (2000) calculate cu modelul U.S.G.S.

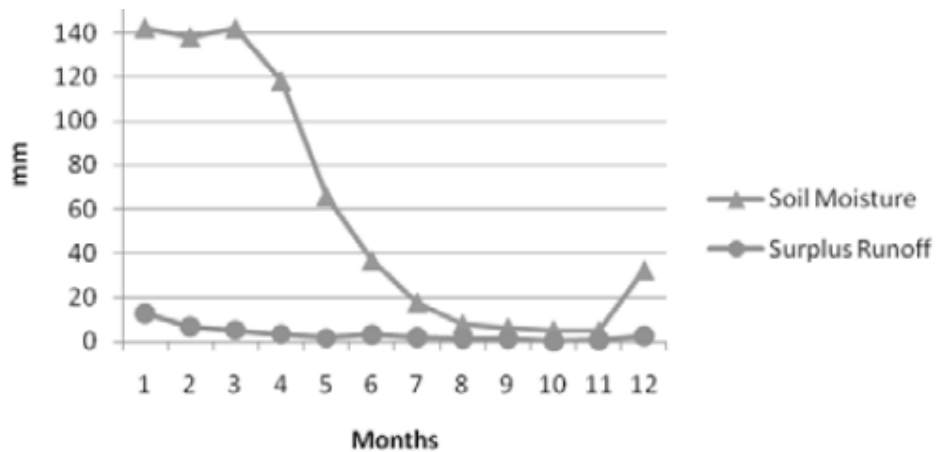


Figura 71 Graficele umidității solului și scurgerii de suprafață (zona Sânnicolaul Mare, 2000) conform modelului U.S.G.S.

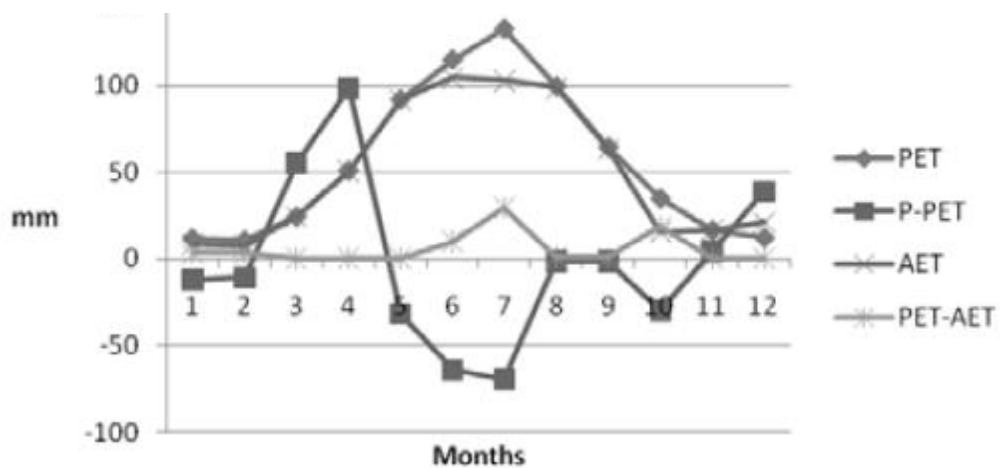


Figura 72 Componentele balanței apei pentru zona Sânnicolaul Mare (2005) calculate cu modelul U.S.G.S.

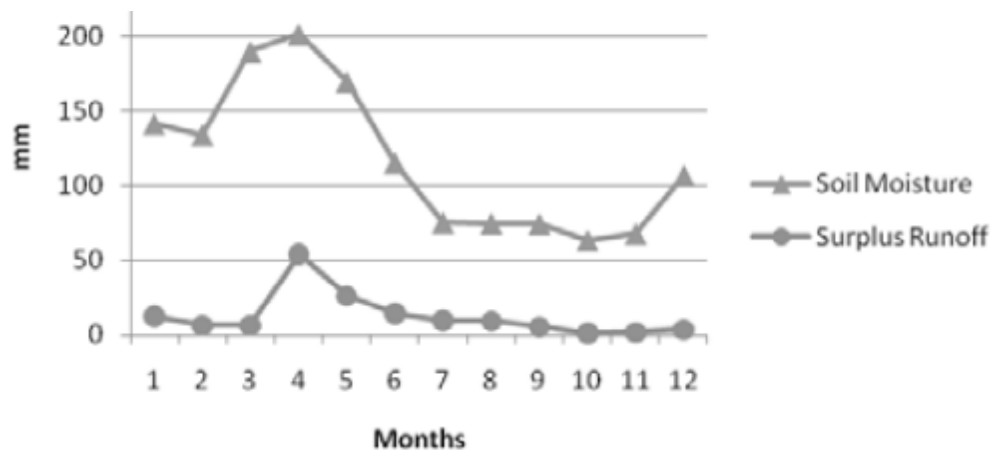


Figura 73 Graficele umidității solului și scurgerii de suprafață (zona Sânnicolaul Mare, 2005) conform modelului U.S.G.S.

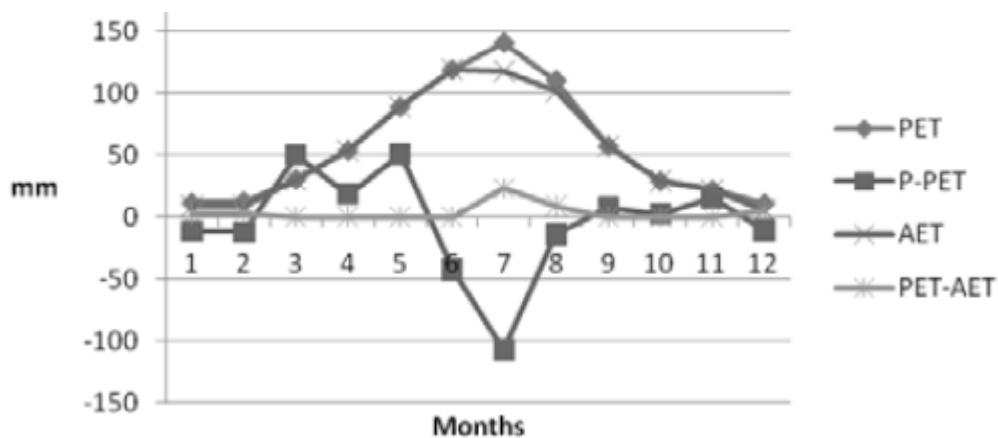


Figura 74 Componentele balanței apei pentru zona Sânnicolaul Mare (2010) calculate cu modelul U.S.G.S.

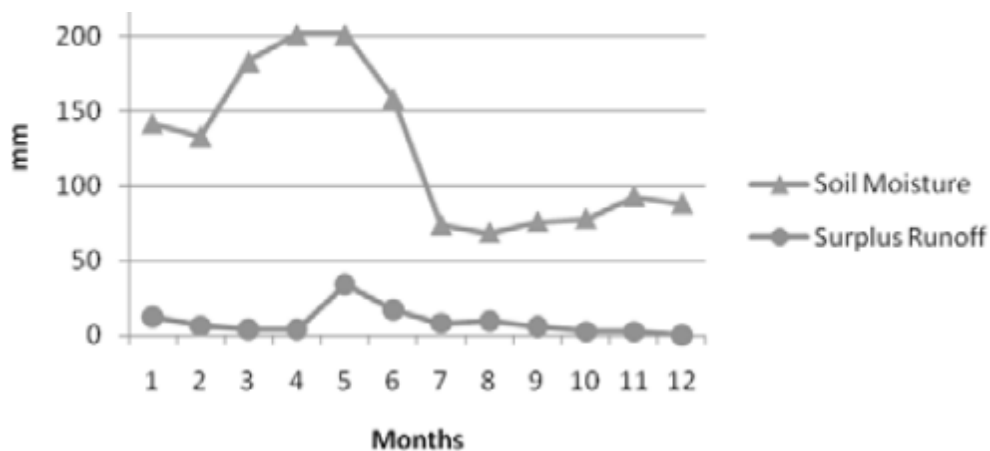


Figura 75 Graficele umidității solului și scurgerii de suprafață (zona Sânnicolaul Mare, 2010) conform modelului U.S.G.S.

Balanța apei a prezentat în ultimele decade o îmbunătățire a disponibilității resurselor de apă în special în semestrul 2. Pentru mulți ani, precipitațiile erau concentrate în perioada ianuarie – mai în timp ce culturile de toamnă trebuiau să facă față unui deficit accentuat. Se poate afirma că impactul schimbărilor climatice asupra vestului României poate fi împărțit în 2 perioade: o perioadă cuprinsă între 1985 și 2005 caracterizată prin condiții cu tendință spre aridizare și o a doua perioadă, după 2005 caracterizată atât prin temperaturi ridicate cât și prin creșterea volumelor precipitațiilor.

Rezultatele cercetărilor au fost prezentate în cadrul unor conferințe internaționale prin intermediul unor lucrări care au fost indexate în baze de date recunoscute internațional

Halbac-Cotoara-Zamfir R. (2012). *An analysis of Banat region climate using specialized software, 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012, Vol. 4, 17 – 23 June, Albena, Bulgaria, pp. 261-268; ISSN 1314-2704; WOS:000348535300034*

Stana O., **Halbac-Cotoara-Zamfir R.**, Man T.E. (2012). *Characterization of drought in western Timis County, Romania, 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012, Vol. 4, 17 – 23 June, Albena, Bulgaria, pp. 285-292; ISSN 1314-2704; WOS:000348535300037*

Halbac-Cotoara-Zamfir R. (2013). *Studies on dryness and drought for Timis County using dry period index and Pinna combinative index, 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, Vol. Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, 16 – 22 June, Albena, Bulgaria, pp.309-316; ISBN 978-619-7105-02-5; ISSN 1314-2704; WOS:000366031900039*

Stana O., **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2013). *An analysis of water scarcity phenomenon and water demands for agricultural areas from western part of Romania using different programs, 13th International Conference on Environmental Science and Technology CEST2013, Athens, Greece, ISSN 1106-5516, ISBN 978-960-7475-51-0; WOS:000346067900035*

Stana O., **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2013). *Climate changes impact on water-table levels in W Romania, 13th International Conference on Environmental Science and Technology CEST2013, Athens, Greece, ISSN 1106-5516, ISBN 978-960-7475-51-0; WOS:000346067900324*

Halbac-Cotoara-Zamfir R. (2013). *Drought Analysis in Western Romania using DrinC program, 6th WSEAS International Conference on Environmental and Geological Science and Engineering, Vol. Recent Advances in Energy, Environment and Geology, Energy, Environmental and Structural Engineering Series, Antalya, Turkey, pp. 82-87, ISSN 2227-4359, ISBN 978-960-474-338-4;*

Halbac-Cotoara-Zamfir R. (2014). *The impact of climate changes on water balance from western Romania using computer tools, Vol. Recent Advances in Energy, Environment, Biology and Ecology, Tenerife, pp. 106-111, ISBN: 978-960-474-358-2*

Halbac-Cotoara-Zamfir Rares (2015) *Understanding drought. From science to public opinion, 14th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST2015) Rhodes, Greece, 3 - 5 September 2015*

3. PLANURI PRIVIND EVOLUȚIA ȘI DEZVOLTAREA CARIEREI PROFESIONALE, ȘTIINȚIFICE ȘI ACADEMICE

3.1 Propunere de dezvoltare a carierei universitare din punct de vedere didactic

Dezvoltarea carierei universitare din punct de vedere didactic se va concentra pe mai multe aspecte legate atât de lărgirea ariei de cuprindere a competențelor și expertizelor actuale cât și în vederea dobândirii de competențe și expertise. În ceea ce privește educația orientată spre student, voi urmări utilizarea celei mai adecvate metode de predare, pentru ca informațiile teoretice și practice ale disciplinelor prezentate la curs și lucrările practice să fie orientate către contextele tehnologice, sociale și economice aflate într-o continuă dinamică facilitând astfel studenților o intrare mai ușoară pe piața muncii.

Ca și obiective pe termen scurt candidatul își propune acoperirea cu materiale didactice a tuturor materiilor aflate în aria lui de expertiză, materiale didactice aflate în strânsă corelație cu ultimele publicații similare apărute pe plan internațional. În acest sens, la finalul anului 2015 candidatul a publicat lucrarea „Abordări și concepte moderne în tehnica îmbunătățirilor funciare” lucrare bazată pe experiența obținută în ultimii ani în cadrul activităților desfășurate și ca urmare a participării la proiectele COST ES1104 și ES1308.

Tot pe termen scurt candidatul va urmări ca lucrările de licență pe care le va coordona să aibă o abordare nouă, orientată mai mult spre partea practică cu o finalitate cât mai relevantă, actuală și aplicabilă. Se va urmări aici introducerea unui cadru conceptual interdisciplinar și multi-disciplinar de dezvoltare și realizare a lucrărilor de licență, candidatul dovedind prin activitatea sa didactică și științifică deținerea unei expertize largi în acest sens și că poate coordona studenții în realizarea acestor deziderate.

Pe termen mediu candidatul urmărește implicarea specializării de Îmbunătățiri Funciare și Dezvoltare Rurală în proiecte de tip Erasmus Mundus, în continuarea participării la proiecte de tip COST pentru trimiterea studenților de nivel master și a doctoranzilor în misiuni științifice de scurtă durată (STSM) și la cursuri de pregătire la Universități Europene, implicarea studenților în manifestări științifice naționale și internaționale.

De asemenea, tot pe termen mediu, candidatul își propune actualizarea și adaptarea curriculei aferente specializării de Îmbunătățiri Funciare și Dezvoltare Rurală la cerințele existente pe plan național și internațional, prin crearea de sinergii interdisciplinare și multidisciplinare cu domenii prioritare la nivel European precum agricultura, schimbările climatice, protecția mediului, conservarea resurselor naturale de apă și sol. Se urmărește aici

printre alte activități demararea formalităților necesare introducerii unor materii noi după cum urmează:

- Ecosismatica – monitorizarea ecosistemelor și a serviciilor furnizate de acestea cu ajutorul teledetecției. Accentul va fi pus în principal pe serviciile ecosistemelor furnizate de amenajările de îmbunătățiri funciare.

- Managementul durabil al terenurilor – Adaptarea metodologiei WOCAT la situația din România și realizarea de studii comparative cu locații din Centrul și Estul României. Pe termen mediu se va urmări aici și obținerea unei colaborări cu Centrul pentru Dezvoltare și Mediu din Berna, Elveția.

- Programe de calcul pentru proiectarea și monitorizarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare – Ne aflăm într-o perioadă în care domeniul IT a devenit indispensabil activităților de zi cu zi, inclusiv în mediul academic. La ora actuală candidatul deține o serie de programe de acest tip obținute de la colaboratori din țară și străinătate respectiv un capitol de carte care descrie principalele caracteristici ale acestora.

- Land reclamation and improvement works, micro-climates and ecosystem services – curs în limba engleză în colaborare cu parteneri din Israel, Norvegia, Elveția, Marea Britanie.

Candidatul va propune studeților la nivel master teme pentru lucrarea de disertație orientate pe subiectele enumerate mai sus cu posibilitatea aplicării ulterioare pentru stagiul de doctorat atât în țară cât și în străinătate.

Pe termen lung obiectivele prioritare sunt:

- Realizarea Centrului de cercetări pentru hazarde climatice și planificare spațială. Acest obiectiv este strâns legat de participarea candidatului la proiectul COST ES1308 “Climate Change Manipulation Experiments in Terrestrial Ecosystems - Networking and Outreach”. Necesitatea realizării unui astfel de centru este legată de schimbările climatice respectiv de impactul acestora asupra lucrărilor de inginerie civilă cu accent pe cele din domeniul hidrotehnic. În cadrul acestui centru va exista posibilitatea realizării de manipulări climatice (experimente climatice), experimente pe diverse tipuri de ecosisteme, studiul monitorizării și manipulării serviciilor oferite de aceste ecosisteme, studiul impactului schimbărilor climatice asupra sinergiilor din lucrările hidrotehnice și ecosisteme din jur etc.

- Realizarea de lucrări de licență, master și doctorat în colaborare cu Universități din străinătate.

- Realizarea de cursuri post-universitare în domeniul îmbunătățirilor funciare, protecției mediului și schimbărilor climatice

- Demararea procedurilor necesare extinderii denumirii specializării de Îmbunătățiri Funciare și Dezvoltare Rurală la Îmbunătățiri Funciare, Dezvoltare Rurală și Protecția Mediului pentru o mai bună relaționare cu specializările similare din țară și străinătate.

3.2 Propunere de dezvoltare a carierei universitare din punct de vedere științific

Dezvoltarea carierei universitare din punct de vedere științific vă urmări direcțiile de cercetare și expertiza dobândită de candidat până în prezent în domeniile:

- Îmbunătățiri funciare;
- Dezvoltare rurală;
- Dezvoltare durabilă;
- Schimbări climatice;
- Protecția mediului.

Direcția prioritară de dezvoltare a carierei universitare din punct de vedere științific este realizarea unui colectiv de cercetare interdisciplinar și multi-disciplinar în vederea participării la programe de finanțare Europeana precum Horizon2020, FACCE-JPI, SEE. Candidatul este un participant activ la aceste programe atât prin propunerea de proiecte cât și prin calitatea de evaluator. Experiența câștigată ca și evaluator de proiecte va fi direcționată în vederea aplicării cu succes a unor proiecte pentru apelurile ce vor fi deschise în anul 2016.

O a doua prioritate este **deschiderea unor noi direcții de cercetare** precum ecosismatica (descrisă la punctul anterior), manipularea ecosistemelor și a schimbărilor climatice, realizarea unor programe de proiectare și monitorizare a lucrărilor de îmbunătățiri funciare bazate pe experiența din România și adaptate contextului tehnologic, climatic, economic și social actual, ingineria nexus-ului apă – energie – securitate alimentară. Aceste cercetări vor fi în strânsă legătură cu tendințele la nivel European și internațional, candidatul având relații strânse cu cercetători și cadre didactice de la Universități de prestigiu.

A treia prioritate este reprezentată de realizarea **Centrului de cercetări pentru hazarde climatice și planificare spațială** care va include tehnica actualului laborator de irigații și drenaje ca și secțiune aparte. Acest centru va permite realizarea de manipulări climatice (experimente climatice), experimente pe diverse tipuri de ecosisteme, studiul monitorizării și manipulării serviciilor oferite de aceste ecosisteme, studiul impactului schimbărilor climatice asupra sinergiilor din lucrările hidrotehnice și ecosisteme din jur etc. La ora actuală, candidatul dispune de o serie de programe precum Espadren, Hidroesta, Hcanales, IFAT, Sisdrena, Drenafem, DrenVSubIr, DrinC, CropWat, programe ce vor intra în componența părții IT a centrului, urmărindu-se ulterior achiziționarea și a altor programe.

Potențialii beneficiari ai acestui centru pot fi: Administrațiile locale; Agenția Națională a Îmbunătățirilor Funciare; Administrațiile Bazinale; Organizațiile Utilizatorilor de Apă pentru Irigații; Asociații ale fermierilor; Dezvoltatori imobiliari; Regii de apă și canal, etc.

În cadrul acestui centru va putea fi utilizat și laboratorul mobil dotat cu aparatura necesară studierii impactului fenomenelor extreme asupra mediului. Laboratorul mobil a fost achiziționat în urma propunerilor venite din partea unui colectiv din cadrul specializării de Îmbunătățiri Funciare și Dezvoltare Rurală condus de Prof. Dr. Ing. Man Teodor Eugen.

Alte obiective ale dezvoltării carierei universitare a candidatului din punct de vedere științific sunt:

- Lansarea unui jurnal științific în domeniul hidrotehnicii aplicate și protecției mediului, jurnal ce va fi indexat ISI Web of Knowledge și Scopus în termen de maxim 7 ani de la lansare;
- Organizarea anuală a unei conferințe științifice de anvergură în cadrul Departamentului de Hidrotehnică;
- Continuarea publicării de lucrări indexate ISI Web of Knowledge și Scopus.
- Publicarea de cărți de specialitate la edituri precum Springer, Elsevier. În acest sens candidatul a contractat deja publicarea lucrării „Maintaining land productivity in Eastern Europe” pentru anul 2016 la editura Elsevier.
- Continuarea colaborării cu Universități de prestigiu din România și din străinătate pentru aplicarea pentru finanțări europene și internaționale.

Prezenta propunere de dezvoltare a carierei universitare este în deplină concordanță cu obiectivele de dezvoltare ale Departamentului de Hidrotehnică și ale Universității Politehnica Timișoara. Reputația mea profesională (susținută și de o serie de scrisori de recomandare) respectiv cariera academică viitoare, vor contribui la creșterea vizibilității departamentului, facultății și universității în care activez.

4. BIBLIOGRAFIE

1. Adams C.R., Eswaran H. (2000). Global land resources in the context of food and environmental security. Pp.35-50. In: Gawande SP, eds. *Advances in Land Resources Management for the 20th Century*. New Delhi: Soil Conservation Society of India. 655 pp.
2. Arntzen J.W., Veenendaal E.M. (1986). A profile of environment and development in Botswana. NIR, Gaborone, Botswana, 172p
3. Bai Z.G., Dent D.L., Olsson L., Schaepman M.E. (2008). Global assessment of land degradation and improvement 1. Identification by remote sensing. Report 2008/01, ISRIC, Wageningen
4. Barrow C.J. (1994). Land degradation. Development and breakdown of terrestrial environments. Cambridge University Press, New York, NY, USA;
5. Battisti D.S., Naylor R.L. (2009). Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science* 323(5911):240-244
6. Ben Zvi A. (1987) Indices of hydrological drought in Israel. *J. Hydrol.* 92(1-2): 179-191;
7. Beran M.A., J.A. Rodier. (1985). Hydrological aspects of drought. In: UNESCO-WMO *Studies and Reports in Hydrology* 39:149 pp
8. Birendra K.C., Schultz B., Prasad K. (2011). Water management to meet present and future food demand, *J. Irrig. Drain. Eng.* 60: 348-359
9. Boelee E. (ed) 2011. *Ecosystems for water and food security*. Nairobi: United Nations Environment Programme; Colombo: International Water Management Institute
10. Chang F.C., J.M. Wallace. (1987). Meteorological conditions during heat waves and droughts in the United States great plains. *Mon. Weather Rev.* 115(7): 1253–1269
11. Daily G.C., S. Alexander, P.R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P.A. Matson, H.A. Mooney, S. Postel, S.H. Schneider, D. Tilman, G.M. Woodwell. (1997). Ecosystem services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2.
12. Davis D.K. (2005). Indigenous knowledge and the desertification debate: problematising expert knowledge in North Africa. *Geoforum* 36:509-524
13. De Fraiture C., Molden D., Wichelns D. (2010). Investing in water for food, ecosystems and livelihoods. *Agricultural Water Management* 97(4): 495–501;
14. De Fraiture C., Faryap A., Unver O. (2013). *Integrated Water Management Approaches for Sustainable Food Production*. Background paper for World Irrigation Forum, 28.09-5.10.2013, Mardin, Turkey. Online la www.icid.org/wif1_iwrm_bgpap.pdf (accesata la 11 Noiembrie 2015).

15. De Wrachien D., C.A. Fasso (2002). Conjunctive use of surface and groundwater. Overview and perspective. *Irrigation and Drainage*, vol. 51, no.1
16. Dhar O.N., Rakhecha P.R., Kulkarni A.K. (1979). Rainfall study of severe drought years of India, Symposium on Hydrological Aspects of Droughts, New Delhi, Indian National Committee for International Hydrological Program
17. Dieleman P.J., Trafford B.D. (1976). Drainage testing. FAO Irrigation and Drainage. Paper 28. Rome
18. Dracup J.A., Lee K.S., Paulson E.G. Jr. (1980). On the definition of droughts, *Water Resources Res.* 16 (2), pp. 297-302
19. EEA-European Environmental Agency. (1998). Identification of indicators for a Transport and Environment Reporting System. Final Report
20. El Quosy A.H. (1993). Irrigation and drainage systems. Management, institutional and financial interrelationships. General Report. Proceeding of the 15th ICID Congress. September, The Hague, The Netherlands
21. Entry J.A., R.E. Sojka, G.E. Shewmaker. (2004). Management of irrigated agriculture to increase organic carbon storage in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1957–1964
22. Ernst L. F. (1954). Het berekenen van stationaire grondwaterstormingen , welk in een vertikaal vlak afgebeeld kunnen worden, Rapport Bodemk. Inst. Groningen (mimeo)
23. Falkenmark M., M. Finlayson, L. Gordon. (2007). Agriculture, water and ecosystems: avoiding the costs of going too far. In: Molden, D. (ed). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan and Colombo: International Water Management Institute
24. Fankhauser J., Smith B., Tol R.S.J. (1999). Weathering Climate Change: Some simple rules to guide adaptation decisions. *Ecological Economics* 30:67–78.
25. FAO (1983). *World Food Security: a Reappraisal of the Concepts and Approaches*. Director Generals Report, Rome
26. FAO (1990). *An international action program on water and sustainable agricultural development*. Rome, Italy
27. FAO, ICID (1997). *Management of agricultural drainage water quality*. Water Paper no. 13, Rome, Italy.
28. FAO. (2010). “Climate-Smart” Agriculture Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation, Rome, Italy
29. FAO. (2011). *The State of Food Insecurity in the World* (U.N. Food and Agricultural Organization, Rome)
30. FAO. (2013). *Climate-Smart Agriculture. Sourcebook*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 570 pp
31. Fischer G., Mahendra S., van Velthuizen H., Nachtergaele F. (2001). Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria.
32. Gabriels D. A, Cornelis W.M. (2009). *Human-Induced Land Degradation. Land Use, Land Cover and Soil -Volume 3*. ISBN: 978-1-84826-237-9
33. Gordon L.J., Finlayson M., Falkenmark M. (2010). Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services. *Agricultural Water Management* 97(4): 512–519
34. Goudie A. (Ed). (1985). *Encyclopaedic dictionary of physical geography*. Blackwell. Oxford. 528 pp;

35. Gumbel E.J. (1963). Statistical forecast of droughts. Bull. Int. Assoc. Sci. Hydrol. 8 (1), 5.23;
36. **Hălbac-Cotoara-Zamfir R.** (2011) Efficient methods for land drainage design using computerized non steady-state methods, Actual Tasks on Agricultural Engineering-Zagreb Volume: 39, 39th International Symposium on Agricultural Engineering Location: Opatija, CROATIA, 1333-2651, 21-25 FEBRUARIE 2011, 281-287; WOS:000290918800028;
37. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2011) An analysis of drainage head losses using computer science, The 22nd DAAAM International Symposium Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity, Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium, Vienna, ISBN 978-3-901509-83-4, ISSN 1726-9679, pg. 1617-1618.
38. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.,** De Miranda J.H. (2012). A comparison regarding models used in agricultural drainage systems design in Brazil and Romania, 40th International Symposium on Agricultural Engineering, 21-24 February, Opatija, Croatia, ISSN 1333-2651, pp. 97-106; WOS:000309447100009, IDS BCA45
39. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2012). An analysis of Banat region climate using specialized software, 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012, Vol. 4, 17 – 23 June, Albena, Bulgaria, pp. 261-268; ISSN 1314-2704; WOS:000348535300034
40. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2012). Water management in Banat region, Bega Veche basin, 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012, Vol. 4, 17 – 23 June, Albena, Bulgaria, pp. 911-918; ISSN 1314-2704; WOS:000348533800121
41. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2012). An analysis of Banat region climate using specialized software, 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012, Vol. 4, 17 – 23 June, Albena, Bulgaria, pp. 261-268; ISSN 1314-2704; WOS:000348535300034
42. Stana O., **Halbac-Cotoara-Zamfir R.,** Man T.E. (2012). Characterization of drought in western Timis County, Romania, 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2012, Vol. 4, 17 – 23 June, Albena, Bulgaria, pp. 285-292; ISSN 1314-2704; WOS:000348535300037
43. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2013). The study of head losses for land drainage pipes with and without filtering materials, 8th WSEAS International Conference on Energy and Environment, Vol. Recent Advances in Energy and Environmental Management, Energy, Environmental and Structural Engineering Series, Rhodes Island, Greece, pp. 33-38, ISSN 2227-4359, ISBN 978-960-474-312-4;
44. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.,** Circu C. (2013). Considerations on unsteady-state land drainage for soils with humidity excess, 8th WSEAS International Conference on Energy and Environment, Vol. Recent Advances in Energy and Environmental Management, Energy, Environmental and Structural Engineering Series, Rhodes Island, Greece, pp. 39-42, ISSN 2227-4359, ISBN 978-960-474-312-4;
45. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2013). Studies on dryness and drought for Timis County using dry period index and Pinna combinative index, 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, Vol. Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, 16 – 22 June, Albena, Bulgaria, pp.309-316; ISBN 978-619-7105-02-5; ISSN 1314-2704; WOS:000366031900039
46. Stana O., **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2013). An analysis of water scarcity phenomenon and water demands for agricultural areas from western part of Romania using different programs,

13th International Conference on Environmental Science and Technology CEST2013, Athens, Greece, ISSN 1106-5516, ISBN 978-960-7475-51-0; WOS:000346067900035

47. Stana O., **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2013). Climate changes impact on water-table levels in W Romania, 13th International Conference on Environmental Science and Technology CEST2013, Athens, Greece, ISSN 1106-5516, ISBN 978-960-7475-51-0; WOS:000346067900324

48. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2013). Drought Analysis in Western Romania using DrinC program, 6th WSEAS International Conference on Environmental and Geological Science and Engineering, Vol. Recent Advances in Energy, Environment and Geology, Energy, Environmental and Structural Engineering Series, Antalya, Turkey, pp. 82-87, ISSN 2227-4359, ISBN 978-960-474-338-4;

49. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2014). A view on land degradation and desertification issues, 42nd International Symposium on Agricultural Engineering, 25-28 February, Opatija, Croatia, ISSN 1848-4425, pp. 25-34; WOS:000340762800002, IDS Number: BB0VU

50. **Halbac-Cotoara-Zamfir R.** (2014). The impact of climate changes on water balance from western Romania using computer tools, Vol. Recent Advances in Energy, Environment, Biology and Ecology, Tenerife, pp. 106-111, ISBN: 978-960-474-358-2

51. **Halbac-Cotoara-Zamfir Rares** (2015) Ecosystem services provided by land reclamation and improvement works. Study case: Timis County, 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM2015, Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Vol. I, Hydrology and Water Resources, Albena, Bulgaria, 18 – 24 June 2015, ISBN 978-619-7105-36-0, ISSN 1314-2704, pp. 253-260;

52. Günal, Hikmet; Korucu, Tayfun; Birkas, Marta; Özgöz, Engin; **Halbac-Cotoara-Zamfir, Rares.** (2015). Threats to Sustainability of Soil Functions in Central and Southeast Europe. *Sustainability* 7, no. 2: 2161-2188. WOS: 000350217700056

53. **Halbac-Cotoara-Zamfir Rares** (2015) Evolution of land degradation in Timis County, 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM2015, Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Vol. II, Soils, Forest Ecosystems, Marine & Ocean Ecosystems, Albena, Bulgaria, 18 – 24 June 2015, ISBN 978-619-7105-37-7, ISSN 1314-2704, pp. 139-144;

54. **Halbac-Cotoara-Zamfir Rares** (2015) Land degradation – an overview, 14th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST2015) Rhodes, Greece, 3 - 5 September 2015

55. **Halbac-Cotoara-Zamfir Rares**, Hikmet Günal, Martha Birkas, Teodor Rusu, Radu Brejea (2015) Successful and Unsuccessful Stories in Restoring Despoiled and Degraded Lands in Eastern Europe. *Advances in Environmental Biology* 9(23):368-376

56. **Halbac-Cotoara-Zamfir Rares** (2015) Understanding drought. From science to public opinion, 14th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST2015) Rhodes, Greece, 3 - 5 September 2015

57. Hamdy A., D. De Wrachien (1999). New policies and strategies on land and water development in the Mediterranean region. Proceedings of the 2nd Interregional Conference on Environment – Water. September, Lausanne, Switzerland

58. Heim R.R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States, *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 83, pp. 1149–1165

59. Hudson H.E., Hazen R. (1964). Drought and low stream flow. In: Chow V.T. (Ed.) *Handbook of applied hydrology*. McGraw Hill. New York, Chapter 18

60. Iglesias A., Mougou R., Moneo M., Quiroga S. (2010). Towards adaptation of agriculture on climate change in the Mediterranean. *Regional Environmental Change*, DOI 10.1007/s10113-010-0187-4.
61. Iglesias A., Garrote L., Diz A., Schlickenrieder J., Martin-Carrasco F. (2011). Rethinking water policy priorities in the Mediterranean Region in view of climate change. *Environmental Science and Policy* 14:744-757/ ;
62. Iglesias, A., Garrote, L.D.A., Schlickenrieder, J., and Martín-Carrasco, F. (2011). Re-thinking water policy priorities in the Mediterranean region in view of climate change. *Environmental Science and Policy* 4:644-757.
63. Iglesias A., Garrote L. Quiroga S., Moneo M. (2012). A regional comparison of the effects of climate change on agricultural crops in Europe. *Climatic Change* 112:29–46, DOI 10.1007/s10584-011-0338-8.
64. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Geneva, Switzerland.
65. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). *Climate Change 2007: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007*.
66. IPCC. 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC*. Cambridge, UK and New York, USA, Cambridge University Press. 582 pp
67. IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for policy makers. IPCC WGII AR5*, pp. 44
68. Kimpe C.R., Warkentin B.P. (1988). Soil functions and the future of natural resources. In: Blume H.P., Eger H., Fleischhauer E., Hebel A., Reij C., Steiner K.G. (eds). *Towards sustainable land use: furthering cooperation between people and institutions. Vol. I, Advances in GeoEcology*, 31, pp. 3-10
69. Krishnan A. (1979). Definition of droughts and factors relevant to specification of agricultural and hydrological droughts. *Symposium on Hydrological Aspects of Droughts*, New Delhi, India
70. Linsley Jr. R.K., Kohler M.A., Paulhus J.L.H. (1959). *Applied Hydrology*. McGraw Hill, New York;
71. Lobell D.B., Burke M.B., Tebaldi C., Mastrandrea M.D., Falcon W.P., Naylor R.L. (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security 2030. *Science* 319:607-610
72. Maliva R., T. Missimer. (2012). *Arid Lands and Water Evaluation and Management. Environmental Science and Engineering Series*. Springer. 2012
73. Matsuno Y., Nakamura K., Masumoto T., Matsui H., Kato T., Sato Y. (2006). Prospects for multifunctionality of paddy rice cultivation in Japan and other countries in monsoon Asia. *Paddy Water Environment*, 4 (2006), pp. 189–197
74. MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, D.C.: Island Press
75. Metz B., Davidson O.R., Bosch P.R., Dave R., Meyer L.A. (2007). *IPCC. Climate Change 2007: mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA, Cambridge University Press

76. Molle F. (2008). Nirvana concepts, narratives and policy models: Insight from the water sector. *Water Alternatives* 1(1): 131-156
77. Mueller E.N., Wainwright J., Parsons A.J., Turnbull L. (ed.) (2014), *Patterns of Land Degradation in Drylands. Understanding Self-Organized Ecogeomorphic Systems*, Springer.
78. Neely C., Bunning S., Wilkes A. (eds). 2009. Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change: Implications and opportunities for mitigation and adaptation. Land and Water Discussion Paper 8, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
79. Nijland H.J., Croon F.W., Ritzema H.P. (2005) *Subsurface Drainage Practices. Guidelines for the implementation, operation and maintenance of subsurface pipe drainage systems*. ILRI publication 60.
80. Nordhaus W.D. (2002) *Induced Innovation and Climate Change: Collected Essays*, ed. with Nebojsa Nakicenovic and Arnulf Gruebler, Resources for the Future Press.
81. Olcina J. (1994) *Riesgos climaticos en la Peninsula Iberica. Accion Divulgativa (Col. Libros Penthalon)*. Madrid. 440 pp;
82. Palmer W.C. (1965). *Meteorological Drought. Res. Paper No.45, 58pp.*, Dept. of Commerce, Washington, D.C.
83. Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linder P.J., Hanson C.E. (eds). (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Glossary*, pp. 869-883, Cambridge, Cambridge University Press.
84. Pereira L.S., J.R. Gilley, M.E. Jensen (eds.) (1994). *Research agenda on sustainability on water resources utilization in agriculture*. Department of Agricultural Engineering, University of Lisbon, Portugal
85. Pereira S.L., Cordery I., Iacovides I., (2002). *Coping with water scarcity*, International Hydrological Program, Technical Documents on Hydrology, No. 58, UNESCO, Paris, 272 pages
86. Ponzi D. (1993) *Soil erosion and productivity: a brief review*, in *Desertification Control Bulletin*, UNEP, 10, pp 46-54
87. Pretty J., Ward H. (2001). *Social capital and the environment*. *World Development* 29: 209–227
88. Price W.A. (1999). *Rehabilitation and modernization of irrigation and drainage systems. General Report. Proceedings of the 17th ICID Congress. September, Granada, Spain*
89. Ragab R., Prudhomme C. (2002). *Climate change and water resources management in arid and semi-arid regions: prospective and challenges for the 21st century*. *J. Biosystems Engineering* 81, 3-34.
90. Ramdas D.A. (1960). *Crop and weather in India*. ICAR. New Delhi
91. Reilly M., Willenbockel D. (2010). *Managing uncertainty: a review of food system scenario analysis and modelling*. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 365:3049 – 3063;
92. Rhoades J.D. (1998). *Use of saline and brackish water for irrigation. Implications and role in increasing food production, conserving water, sustaining irrigation and controlling soil and water degradation*. *Proceedings of the International Workshop on Use of Saline and Brackish Water for Irrigation*. July, Bali, Indonesia
93. Rind D., Goldberg R., Hansen J., Rosenzweig C., Ruedy R. (1990). *Potential evapotranspiration and the likelihood of future drought*, *Journal of Geophysical Research*, 95:9983-10004

94. Roba H.G., Oba G. (2009) Efficacy of integrating herder knowledge and ecological methods for monitoring rangeland degradation in northern Kenya. *Hum Ecol* 37:589-612
95. Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin F. S., Lambin E., Lenton T. M., Scheffer M., Folke C., Schellnhuber H., Nykvist B., De Wit C. A., Hughes T., van der Leeuw S., Rodhe H., Sörlin S., Snyder P. K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R. W., Fabry V. J., Hansen J., Walker B., Liverman D., Richardson K., Crutzen P., Foley J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. [online] www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/
96. Rossi G. (2000). Drought mitigation measures: A comprehensive framework. In: Vogt J.V., Somma F. (eds.) *Drought and drought mitigation in Europe*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 233-246;
97. Russell C.S., Arey D.G., Kates R.W. (1970). *Drought and water supply*. Johns Hopkins University Press. Baltimore (EE.UU.). 232 pp
98. Satterthwaite D., McGranahan G., Tacoli C. (2010). Urbanization and its implication for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 365:2809-2820
99. Schlesinger W. H. (1999). Carbon Sequestration in Soils. *Science* (25 June 1999) Vol. 284. no. 5423, p. 2095
100. Schneider F, Homewood C. (2013). Exploring Water Governance Arrangements in the Swiss Alps From the Perspective of Adaptive Capacity. *Mountain Research and Development* 33:225-233
101. Schneider S.H. (Ed.) (1996). *Encyclopaedia of Climate and Weather*. Oxford University Press. New York
102. Schultz B., De Wrachien D. (2002). Irrigation and drainage systems. Research and development in the 21th century. *Irrigation and Drainage* 51(4):311-327.
103. Siebert S., Doll P. (2010) Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation, *J. Hydrol.*, 384(3–4), 198–217
104. Sivakumar M.V.K, Ndiaung'ui N. (2007) *Climate and Land Degradation*, Springer
105. Skaggs R.W., J. van Schilfgaarde (1999) *Agricultural Drainage Agronomy Monograph No. 38 ASA CSSA SSSA, Wisconsin*.
106. Skaggs, R., K.A. Hibbard, T.C. Janetos, J.S. Rice. (2012). *Climate and Energy-Water-Land System Interactions*. Technical Report to the U.S. Department of Energy in Support of the National Climate Assessment. PNNL-21185. Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830. Pacific Northwest National Laboratory Richland, Washington 99352. 152 p
107. Smedema L.K., Vlotman W.F., Rycroft D.W. (2004) *Modern land drainage: planning, design and management of agricultural drainage systems*, Abingdon, GB, CRC Press, 449 pp.
108. Smit B., Skinner M.W. (2002). Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*.7: 85-114
109. Smith J.B., Schneider S.H., Oppenheimer M., Yohe G.W., Hare W., Mastrandrea M.D., Patwardhan A., Burton I., Corfee-Morlot J., Magadza C.H.D., Fussel H.M., Pittock A.B., Rahman A., Suarez A., van Ypersele J.P. (2008). Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) “reasons for concern”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106:4133-4137
110. Smith P., P.J. Gregory, D. van Vuuren, M. Obersteiner, P. Havlik, M. Rounsevell, J. Woods, E. Stehfest, J. Bellarby. (2010). Competition for Land. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 365(1554):2941-2957

111. Stuyt L.C.P.M., Dierickx W., Beltran Martinez J. (2005). Materials for subsurface land drainage systems, F.A.O., Irrigation and Drainage Paper, 60 Rev.1, Rome
112. Subrahmanyam V. P. (1967). Incidence and spread of continental drought. WHO/IHD Report 2
113. SUDENE (1981). As secas do Nordeste. Uma abordagem historica de causas e efeitos. Superintendencia do Desenvolvimento do Nordeste. Recife. 82 pp and 38 maps
114. Sunding D., Zilberman D. (2001). The agricultural innovation process: research and technology adoption in a changing agricultural sector. Handbook of agricultural economics 1:207-261;
115. Takeuchi K. (1974). Regional water exchange for drought alleviation. Hydrology Paper 70. Colorado: Colorado State University
116. Tate E.L., A. Gustard. (2000). Drought definition: A hydrological perspective. In: Drought and drought mitigation in Europe (Vogt J.V., Somma F. (eds)). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp. 23-48
117. Turrall H., Svendsen M., Faures J.M. (2010). Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. Agricultural Water Management 97(4): 551-560
118. Tyagi L., Kumari B., Singh S.N. (2010). Water management — A tool for methane mitigation from irrigated paddy fields. Science of the Total Environment. Volume 408, Issue 5, 1 February 2010, Pages 1085–1090
119. UNCCD (1999) United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. Text with Annexes. Secretariat of the Convention to Combat Desertification. Bonn, Germany.
120. UN/ISDR. (2007). Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contributing to the Implementation of the Hyogo Framework for Action. United Nations secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR), Geneva, Switzerland, 98+vi pp
121. USA EPA-United States Environmental Protection Agency. (1995). Conceptual framework to support development and use of environmental information in decision making. Document No. 239-R-95-012, Washington
122. Vorosmarty C.J., McIntyre P.B., Gessner M.O., Dudgeon D., Prusevich A., Green P., Glidden S., Bunn S.E., Sullivan C.A., Liermann C.R., Davies P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. Nature 467:555-561
123. Warren A., Agnew C. (1988). An assessment of desertification and land degradation in arid and semi-arid areas. Dryland Programme, Paper No 2, IIED, 30p
124. Warwick R.A. (1975). Drought hazard in the United States: a research assessment. Nsf/Ra/E-75/004. Boulder, CO: University of Colorado, Institute of Behavioral Science
125. Wasson R. (1987). Detection and Measurement of Land Degradation Processes. In Chisholm and Dumsday (eds) Land Degradation: Problems and Policies. London: Cambridge University Press, pp. 49-75;
126. WHO (www.who.int/globalchange/ecosystems/desert/en, accesat 13 Noiembrie 2015)
127. Wilbanks T.J., Kates R.W. (1999). Global change in local places: How scale matters. Climatic Change, 43: 601-628
128. Wilhite D.A., Glantz M.H. (1987). Understanding the drought phenomenon: The role of definition. In: Wilhite D.A., Easterling W.E., Wood D.A. (eds). Planning for drought, Boulder, CO, U.S.A., pp. 11-27
129. World Meteorological Organization (WMO). (1986). Report on Drought and Countries Affected by Drought During 1974–1985. WMO. Geneva. p. 118

130. WOCAT. (2007). Where the land is greener: Case studies and analysis of soil and water conservation initiatives worldwide, Liniger H.P. Critchley W., Centre for Development and Environment, Institute of Geography, University of Berne, Berne
131. Wu G. (1988). Sensitivity and uncertainty analysis of subsurface drainage design, Thesis of Master of Applied Science, University of British Columbia, Vancouver, Canada
132. Wu R.S., Sue W.R., Chien C.B., Chen C.H., Chang J.S., Lin K.M. (2001). A simulation model for investigating the effects of rice paddy fields on the runoff system. *Mathematical and Computer Modelling*. Volume 33, Issues 6–7, March–April 2001, Pages 649–658
133. Wu L., Wood y., Jiang P., Li L., Pan G., Lu J., Chang A.C., Enloe H.A. (2008). Carbon Sequestration and Dynamics of Two Irrigated Agricultural Soils in California. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72, 808-814
134. Yohe G., Malone E., Brenkert A., Schlesinger M., Meij H., Xing X. (2006). Global Distributions of Vulnerability to Climate Change. *Integrated Assessment Journal* 6:35-44