

1. Obiectivele generale

Lucrarea face obiectul contractului nr. X2C13/18.07.2006 încheiat între I.C.P.A. BUCUREȘTI și S.C. IPA S.A., încheiat în vederea realizării, în cadrul Programului „*CEEX 2006 – Cercetare de excelență*” cu finanțare de la Bugetul de Stat – MEC, a Proiectului „**Indicatori agroecologici bazați pe informații numerice de teren pentru caracterizarea vulnerabilității sistemelor agricole din zonele colinare – IAGINT**”

Obiectivul general al proiectului propus este de a îmbunătăți modelarea proceselor bio-fizice specifice zonelor colinare și de a realiza un sistem eficient și unitar de Indicatori AgroEcologici (IAE) care să contribuie la analiza problemelor de mediu în zonele colinare și la elaborarea politicilor agrare în aceste zone.

Indicatorii propuși sunt dependenți de variabilitatea indusă de condițiile topografice asupra condițiilor climatice și a managementului. Pentru evaluarea lor, se vor utiliza modele de simulare a transportului de masă și energie din sistemul sol-apă-plantă-atmosferă cuplate cu un sistem de informații integrat (Sistem Informatic Geografic al resurselor de sol și al utilizării terenului, Model Digital de Teren) care va opera la nivel de sub-bazin hidrografic. Vor fi delimitate, de asemenea, zonele și terenurile apte pentru un management durabil pentru culturile agricole de câmp. Acești indicatori pot fi utilizați, de asemenea, și pentru comunicarea stării mediului către organismele UE care monitorizează modul în care România respectă politicile UE de mediu.

Proiectul IAGINT urmărește să identifice lipsurile existente în concepte, indicatori și date în zonele colinare. Ca rezultat final al proiectului, va fi furnizat un set de definiții, proceduri și protocoale – set consecvent, documentat și publicabil pentru caracterizarea unitară și evaluarea mediului în scopul monitorizării din perspectiva activităților agricole în zonele colinare.

Pentru a atinge aceste scopuri, proiectul IAGINT și-a propus următoarele obiective practice:

Obiectivul 1. Modelarea efectului indus de configurația terenului asupra mediului fizic al plantei

Modelele utilizate și adaptate în proiect includ influențele topografiei terenului asupra regimului radiațiilor, temperaturii, umidității și a fluxurilor de energie (căldură, apă) la nivel de sub-bazin hidrografic. Modelele sunt realizate folosindu-se soluții simple pentru descrierea dinamicii fluxurilor de căldură și apă de la suprafața solului, și pentru cuplarea bilanțului de energie și apă pentru parametrizarea modelelor de plantă care descriu dinamica fenofazelor și acumularea biomasei.

Obiectivul 2. Îmbunătățirea modelelor pentru descrierea interacțiunilor sol – recoltă – climat pentru diferite sisteme de agricultură

Scopul acestui obiectiv este creșterea capacității de predicție a modelelor agro-pedo-hidro-climatice pentru evaluarea efectului indus de structura peisajului și sistemul de agricultură (definit prin rotație și management pe termen lung) în vederea utilizării durabile a terenurilor și minimizării efectelor negative asupra parametrilor economici ai exploatației agricole. Pe baza output-ului modelelor se vor deriva indicatori de durabilitate pentru recolte și sisteme de culturi individuale. Acești indicatori sunt considerați relevanți pentru orice procedură de evaluare a politicilor agricole pe terenuri în pantă. În cadrul acestui obiectiv, se urmărește perfecționarea modelelor de creștere a plantei în fazele de germinare, răsărit și dezvoltare vegetativă ulterioară, ca funcție de umiditatea solului și temperatură incluzând evenimente climatice extreme (secetă, caniculă, îngheț), evaluarea variabilității spațiale a eficienței de utilizare a radiațiilor și a apei (EUR, UEA), includerea efectelor remanente (umiditate, reziduuri vegetale) ce caracterizează diferitele sisteme de management agricol (rotația culturilor, lucrările solului, aplicarea îngrășămintelor organice), realizarea analizelor de senzitivitate și distribuție a probabilităților pentru variabilele de ieșire ale modelului de recoltă în funcție de variația inputurilor.

Pentru sistemele de agricultură durabilă pe teren colinar este esențial să se realizeze o acoperire cu vegetație rapidă a solului pentru a menține stabilitatea și fertilitatea solului.

Obiectivul 3. Integrarea și agregarea algoritmilor pentru calculul balanței de energie și de apă în funcție de parametrii Modelului Digital de Teren (MDT)

Parametrii derivați din modelare trebuie sintetizați în indicatori la nivelul bazinelor hidrografice. Agregarea parametrilor depinde de precizia modelului numeric al terenului. În acest scop, trebuie dezvoltat un instrument pentru a evalua acești parametri pornind de la variabilele topografice și de sol ale terenului respectiv. În cadrul acestui obiectiv, vor fi studiate distribuția regimului de radiație și temperatură în landsaft pe baza modelului digital de teren, regimul de apă în funcție de caracteristicile topografice furnizate de MDT, și vor fi realizate analize de sensibilitate privind efectul pantei asupra agregării datelor.

Obiectivul 4. Definirea indicatorilor agro-ecologici derivați din model pentru caracterizarea și managementul sistemelor durabile de agricultură din zone colinare; Platforma de comunicare cu grupurile/colectivitățile interesate (stakeholder) și utilizatori finali

Metodele curente de utilizare și management al terenului oferă estimări regionale privind riscurile cultivării în regiuni caracterizate ca fiind sub-optime pentru agricultură. Se presupune că variația balanței de energie și apă datorită topografiei terenului va explica o mare parte a acestui risc. Pe baza integrării succesive a informațiilor și modelelor de proces, se vor obține seturi de indicatori agro-ecologici, care să reflecte potențialul și stabilitatea sistemelor de cultură precum și impactul stresurilor termice și hidrice asupra culturilor. Pe baza valorilor de prag derivate vor fi fundamentate deciziile pentru îmbunătățirea managementului sistemelor de culturi și, în cele din urmă, pentru a atinge un management durabil.

Sarcina generală a acestui obiectiv va fi de a implementa un sistem de comunicare a riscului pe baza indicatorilor agro-ecologici, care reflectă parametrii de productivitate distribuiți spațial și temporal.

2. Obiectivele fazei de execuție

Obiectivul 2. Îmbunătățirea modelelor pentru descrierea interacțiunilor sol – recoltă – climat pentru diferite sisteme de agricultură

Scopul acestui obiectiv este creșterea capacității de predicție a modelelor agro-pedo-hidro-climatice pentru evaluarea efectului indus de structura peisajului și sistemul de agricultură (definit prin rotație și management pe termen lung) în vederea utilizării durabile a terenurilor și minimizării efectelor negative asupra parametrilor economici ai exploatației agricole. Pe baza output-ului modelelor se derivează indicatori de durabilitate pentru recolte și sisteme de culturi individuale, considerați relevanți pentru orice procedură de evaluare a politicilor agricole pe terenuri în pantă.

Activitatea 2.2 Perfecționarea modelelor de simulare a variabilității spațiale a productivității culturilor

Scopul acestei activități este de a implementa și testa modulele care contribuie la variabilitatea spațială a producției și evapotranspirației (ET) în bazinele hidrografice. Datele obținute sunt utilizate pentru a evalua Indicatori Agro-Ecologici și de Productivitate.

Următoarele module sunt codificate și implementate într-un model integrat:

- Răsărirea și stabilirea culturii ca funcție de umiditate și temperatura din sol
- Fenofazele culturii ca funcție de temperatura solului și învelișului vegetal (simulate)
- Indexul de stress termic al culturii pe baza Intervalului de Stress Termic și a Zilelor de Grade de Stress
- Productivitatea recoltei afectată de variabilitatea spațială a radiației și ET.

Activitatea 2.3 Integrarea modulelor pentru a determina variabilitatea spațială a eficienței de utilizare a radiației și a apei

Această activitate își propune să evalueze variabilele de tip flux privind acumularea biomasei și dinamica evapotranspirației la nivelul bazinelor hidrografice și evaluarea unui Indice de productivitate a recoltei (CPI). Se presupune că acumularea biomasei este dependentă de parametrii de teren fiind puternic influențată de variabilitatea spațială a utilizării eficiente a radiației (UER) și a apei (UEA). În acest scop, se evaluează la scări de timp zilnice și sezoniere impactul pantei și expoziției asupra acumulărilor de biomasă și a recoltei, deci:

- UER în funcție de variația zilnică a procentului fluxului radiației directe R_b interceptate;
- UEA (biomasa recoltei în funcție de consumul de apă) ca fiind afectată de pantă și expoziție;
- Variabilitatea spațială a raportului dintre evapotranspirația reală și cea potențială.

Obiectivul 3. Integrarea și agregarea algoritmilor pentru calculul bilanțului de energie și de apă în funcție de parametrii Modelului Digital de Teren (MDT)

Parametrii derivați din modelare trebuie sintetizați în indicatori la nivelul bazinelor hidrografice. Agregarea parametrilor depinde de precizia modelului numeric al terenului. În acest scop, trebuie dezvoltat un instrument pentru a evalua acești parametri pornind de la variabilele topografice și de sol ale terenului respectiv.

Activitatea 3.1 Regimul de radiație și temperatură

Utilizând datele meteorologice existente, se extrapolează câmpurile scalare și fluxurile de energie, utilizând parametrii furnizați de MDT. În fiecare sub-bazin hidrografic, variabilele meteorologice dintr-o stație meteorologică de referință sunt modificate (adaptate) pentru fiecare din celulele de grid MDT pe baza caracteristicilor MDT (altitudine, pantă, expoziție). În acest scop sunt utilizate metode geostatistice și programe existente în software-ul dedicat MDT (spre exemplu: TAPES-G utilizat pentru calculul radiației în funcție de caracteristici de teren). Este ales un studiu de caz pentru zona Subcarpaților de curbură, pe care sunt aplicate metodele alese și care este utilizat și în următoarele activități ale proiectului.

Activitatea 3.2 Redistribuiția apei în zonele colinare

Conținutul actual al apei din sol este o funcție a infiltrației actuale (precipitație +/- scurgere) și fluxul de apă drenată. Scopul acestei activități este de a identifica utilizând indicatori furnizați de MDT acele zone care sunt cele mai susceptibile la deficitul sau excesul de apă.

Activitatea 3.3 Analize de sensibilitate pentru evaluarea efectelor pantei asupra agregării datelor

Această activitate urmărește să dezvolte o procedură de identificare a valorii de prag pentru datele de intrare pentru care se mai pot obține rezultate semnificative cu ajutorul informațiilor agregate. Sunt delimitate zonele în care regimurile de temperatură și umiditate din soluri sunt variabile semnificativ iar recoltele potențiale sunt afectate.

Pentru sensibilitate sunt testați parametri și variabile din următoarele domenii:

- Topografie (pantă, expoziție, latitudine, elevație; rata zonă/pantă)
- Proprietățile solului (conductivitate, adâncimea profilului, textura, albedo)
- Climatice (temperatură, umiditate relativă, precipitație, iradiere, viteza vântului)
- Meteorologie (suprafață rezistență, rezistențe aerodinamice, înălțimea recoltei)

3. Rezumatul fazei

În termeni spațiali, agricultura este una dintre cele mai importante folosințe ale terenurilor în Europa. Managementul acestor terenuri are impact profund asupra calitatii mediului în ansamblu prin, de exemplu, dinamica nutrienților, resursele de apă și diversitatea biologică. În etapa anterioară, a fost prezentat modelul utilizat în cadrul proiectului IAGINT pentru a simula micrometeorologia, creșterea plantei și pentru a calcula indicatori. Acesta a fost realizat utilizând UML (Unified Modelling Language, Rumbaugh et al., 2005) pentru a avea o definiție explicită a structurii programului în termeni de componente și relația dintre ele, permițând ușor modificarea, îmbunătățirea și întreținerea programului. Programul este scris cu un limbaj orientat obiect, Visual Basic 6.0, iar structura obiectului este produsă direct din reprezentarea UML.

Modelul de sistem de cultură ales este legat cu un model explicit de bilanț de energie și cu un model de flux și bilanț de apă din sol. Pentru a simula peisajul colinar aceste două modele trebuie să schimbe unele variabile. În același raport, s-au prezentat și variabilele climatice zilnice din modelul micrometeorologic, în punctul de referință și pentru fiecare celulă, cerute de modelul de sistem de cultură: radiația solară globală orară, temperatura aerului zilnică (maximă, minimă și medie), evapotranspirația, conținutul de apă din sol zilnic la 1 m.

Modelul de sistem de cultură furnizează modelului micrometeorologic, în punctul de referință și pentru fiecare celulă, aceste variabile: LAI, înălțimea învelișului vegetal, adâncimea de înrădăcinare. Modelul hidrologic poate fi ales fie ca o variantă bazată pe caracteristici fizice (modificată ISBA), fie ca o variantă empirică (în cascadă; Burns et al 1974 – în cascadă cu timp de călătorie, Neitsch et al. 2002). Parametrii hidraulici pentru ambele modele sunt estimate intern din parametrii van Genuchten oferți în baza de date de sol; dacă parametrii van Genuchten nu sunt accesibili, pot fi estimați din textură, materie organică și densitatea aparentă utilizând funcții de pedotransfer (de exemplu, HYPRESS – Wösten et al, 1999). Ca alternativă pentru evapotranspirația calculată ca parte a bilanțului de energie, poate fi ales un modul bazat pe FAO Irrigation și Drenaj paper No. 56 (Allen et al. 1998). Ulterior, a fost dezvoltat un modul original de germinare-răsărire, numit Modelul GEme, pentru a descrie efectul stresului de temperatură și apă asupra stabilirii culturii (Bechini et al, 2004).

În această etapă, s-a utilizat modelul GEme (Bechini et al. 2004) pentru a simula germinarea semințelor și răsărirea plantelor. Când utilizatorul alege această opțiune, poate fi calculat indicele compromiterii recoltei (CFI). CFI reprezintă raportul dintre numărul de plante răsărite și numărul de semințe semănate. De fapt modelul GEme poate calcula numărul de semințe germinate și cel al plantelor răsărite folosind o funcție deofilire. În final, s-au realizat module pentru studierea efectelor stresului hidric asupra germinației și răsăririi: module pentru germinare, răsărire, ofilirea plantulelor. Următorul pas a fost de a valida experimental GEme, evaluând cantitatea de substanță uscată a lăstarilor și de substanță uscată din rădăcină. Pentru a valida modelul GEme pentru germinarea și răsărirea grâului durum, s-au înființat o serie de experimente într-un mediu controlat. S-a realizat un experiment factorial cu 3 nivele de temperatură a solului și 3 nivele de potențial hidric al solului (cu 4 repetiții), rezultând astfel nouă variante.

Modulul dezvoltat în cadrul proiectului poate constitui un instrument de predicție a germinării semințelor și înființării culturii permite o predicție mai precisă a recoltelor finale și poate avea implicații practice pentru fermieri. Pentru a vedea dacă modelul nostru de simulare a germinației și răsăririi este important pentru a preconiza recolta finală, s-au realizat două simulări pentru grâul durum pe 30 de puncte în perioada 2006-2007 într-un bazin hidrografic cu o pantă medie de 7% și două expozitii, Nord-Vest și Sud-Est.

În cadrul activității 2.3 - Integrarea modulelor pentru a determina variabilitatea spațială a eficienței de utilizare a radiației și apei, s-au definit și simulat indicii de stres hidric pentru culturi (CWSI), pe baza căreia s-a modelat temperatura la suprafața culturilor pentru estimarea CWSI. Pentru validare, s-a monitorizat temperatura covorului vegetal la grâul de toamnă, s-a

modelat creșterea acestora și s-au discutat rezultatele legate de modelarea stresului termic și hidric la cereale, stabilindu-se concluziile pentru modelul CWSI termic:

- Prin monitorizarea continuă a temperaturii suprafeței culturii se pot observa diferențe sistematice ale dT datorate modificărilor climatice (radiație, temperatură, precipitații) sau de management (irigații, selecția varietăților).
- Se pot identifica caracteristicile optime ale sistemului și metodele de filtrare potrivite pentru detectarea diferențelor datorate proprietăților varietăților, indici pentru comportamentul fenotipic (rularea frunzei).
- Sunt necesare cercetări viitoare pentru aprofundarea metodei, care prezintă încă o variație.
- Modelarea bilanțului energiei a arătat că un singur set de coeficienți empirici ai rezistenței critice nu pot fi suficienți pentru modelarea răspunsului fluxului rezistenței vegetației și calcularea creșterii temperaturii la suprafața culturii și a CWSI.
- Este necesară o mai bună integrare în model a umidității solului (crescută în SMD) și a dinamicii fiziologice (îmbătrânirea frunzelor, încetinirea funcției stomatelor) pentru aflarea dT și CWSI.

În cadrul Obiectivului 3: Integrarea și agregarea algoritmilor pentru calculul bilanțului de energie și de apă în funcție de parametrii Modelului Digital de Teren (MDT), s-a analizat regimul de radiație și temperatură, redistribuția apei în zonele colinare și s-au efectuat analize de sensibilitate pentru evaluarea efectelor pantei asupra agregării datelor.

Utilizând datele meteorologice existente, s-au extrapolat câmpurile scalare și fluxurile de energie, utilizând parametrii furnizați de MDT. În fiecare sub-bazin hidrografic, variabilele meteorologice dintr-o stație meteorologică de referință sunt modificate (adaptate) pentru fiecare din celulele de grid MDT pe baza caracteristicilor MDT (altitudine, pantă, expoziție). În acest scop sunt utilizate metode geostatistice și programe existente în software-ul dedicat MDT (spre exemplu: TAPES-G utilizat pentru calculul radiației în funcție de caracteristici de teren). Modelele de bilanț de energie și apă stabilite la nivel de câmp s-au extrapolat la nivel regional și s-au efectuat studii pe grupa Subcarpaților de Curbură.

Primul pas a fost de a studia modurile de implementare a variabilei spațiale input în modelele ecologice: interpolare, extrapolare, agregare spațială și aplicație regională a unui model și de a stabili variabile cheie pentru creșterea plantei, deoarece recolta în terenuri ondulate și colinare sunt funcție de proprietățile solului, inclusiv textura și caracteristici de drenaj care controlează apa accesibilă din sol. Aceste proprietăți sunt legate de teren datorită dezvoltării solurilor și mișcării solului pe pante, recolta fiind semnificativ corelată cu variabile de teren. Importanța distribuției spațiale a recoltei și relația sa cu caracteristicile de sol și teren nu este stabilă în timp, și poate fi mai ridicată în anii cu stres crescut de apă. Se sugerează că efectul topografic asupra recoltei este maxim în condiții meteorologice și topografice extreme.

Următorul pas a fost de a defini și deriva indicatori utili în studierea efectelor topografice asupra dezvoltării plantei și obținerii recoltei: Indici de umiditate, de radiație, de temperatură dependenți de teren. Acești indicatori sunt apoi utilizați pentru modelarea hidrologică și agricolă, și apoi în compararea predicțiilor modelelor deterministice și de indici.

Ca studiu de caz în vederea definirii indicatorilor agro-ecologici derivați din MDT a fost considerată unitatea Subcarpaților de la Curbură, unitate colinară extrem de complexă mai ales din punct de vedere geologic, dar și a utilizării terenului, solurilor etc. Prezența barajului orografic al Carpaților creează un adăpost topoclimatic în timpul circulației predominante a maselor de aer maritim din vest și continentale din est, ceea ce face ca Subcarpații de la Curbură să prezinte un climat mai blând, determinat și de consecințele corelate ale expoziției sudice a versanților. Un rol important îl are foehnul, care se manifestă pe versanții adăpostiți față de circulația aerului de vest.

A doua activitate corespunzătoare obiectivului 3 este modelarea redistribuției apei în zonele colinare. Conținutul actual al apei din sol este o funcție a infiltrației actuale (precipitație +/- scurgere) și fluxul de apă drenată. Scopul acestei activități este de a identifica utilizând indicatori furnizați de MDT acele zone care sunt cele mai susceptibile la deficitul sau excesul de apă.

La început, s-a descris peisajul pentru analizele și activitatea în câmp, s-au inventariat datele accesibile pentru analize și s-au stabilit modelele și metodele pentru a genera parametri necesari pentru modelul determinist.

A fost analizată variabilitatea spațială a Indicilor de umiditate generați la scara câmpului și bazinului hidrografic. Indicii de umiditate au fost calculați utilizând DYNWETG. SSWI utilizează atribute de teren pure și este calculat dintr-o ieșire DEM fără depresiuni din TOPOGRID. SSWI „curăță” hărțile din afara canalelor majore de râu din zonă și că cele mai de jos valori sunt asociate cu cele mai abrupte pante din zonă. La o scară mică a sub- bazinului hidrografic, SSWI culege debitul spre centrul bazinului hidrografic, cu alte valori mai ridicate asociate cu depresiuni și canale uscate.

Apoi s-au comparat umiditatea solului măsurată cu cea estimată de modelele utilizate, prezentându-se grafice comparative cu valorile măsurate vs. Modelate..

În vederea caracterizării pluviometrice a regiunii, pentru zona Subcarpaților de Curbură, au fost analizați următorii indici: Indicele simplu al intensității pluviale, Suma celor mai mari cinci cantități de precipitații, Numărul maxim de zile consecutive fără precipitații, Perioada de revenire a cantităților lunare de precipitații, Indicele standardizat de precipitații, Cantitatea maximă de precipitații căzută în 24, 48 și 72 de ore.

Ultima activitate desfășurată în cadrul proiectului IAGINT în această etapă a fost Activitatea 3.3. Analize de senzitivitate pentru evaluarea efectelor pantei asupra agregării datelor.

Această activitate a urmărit să dezvolte o procedură de identificare a valorii de prag pentru datele de intrare pentru care se mai pot obține rezultate semnificative cu ajutorul informațiilor agregate. Au fost delimitate zonele în care regimurile de temperatură și umiditate din soluri sunt variabile semnificativ iar recoltele potențiale sunt afectate.

Pentru senzitivitate au fost testați parametri și variabile din următoarele domenii:

- Topografie (pantă, expoziție, latitudine, elevație; rata zonă/pantă)
- Proprietățile solului (conductivitate, adâncimea profilului, textura, albedo)
- Climatice (temperatură, umiditate relativă, precipitație, iradiere, viteza vântului)
- Meteorologie (suprafață rezistență, rezistențe aerodinamice, înălțimea recoltei)

A fost estimată senzitivitatea indicilor de umiditate și indicele de radiație față de dimensiunea gridului, precum și efectul dimensiunii gridului și rezoluției datelor de intrare asupra variabilității recoltei. Pentru a analiza senzitivitatea modelului la complexitatea terenului, au fost necesare bazinele hidrografice care reprezintă regiunile colinare ale peisajului. A fost rulat CAS (Behrens, 2003) pentru a selecta bazine hidrografice, care împreună reprezintă atributele topografice afișate la nivel regional. CAS a fost rulat apoi pentru SSWI, iar valorile de similaritate medie pentru fiecare sub-bazin hidrografic la aceeași scară au fost cartografiate. Au fost evidențiate bazinele hidrografice cu cele mai slabe similarități, precum și pantele cu o suprafață mai mare de 3°. A fost selectată valoarea maximă de similaritate pentru fiecare din imagini și a fost generată imaginea finală de similaritate. S-a observat că, pe măsură ce sunt adăugate alte bazine hidrografice în analize, suprafața cu cea mai bună similaritate crește. Acesta este, în particular, cazul pentru suprafața mai mare de 3°, care este suprafața de interes în acest proiect.

Pentru a testa varianta ISBA pentru ecuația de drenaj, au fost utilizate două ecuații de drenaj. Pentru a determina care din aceste variante produc estimări de recoltă mai credibile în terenuri colinare, trebuie să existe cartări extensive de recolte într-o varietate de soluri diferite și reprezentative în zone în pantă. De asemenea, analizele ulterioare ale rezultatelor de umiditate a

solului arată care din aceste soluri au avut o accesibilitate a apei mai scăzută în cel de al doilea an și prin urmare va avea recolte mai scăzute

Efectul complexității modelului asupra variabilității recoltei a fost analizat pe cele trei bazine reprezentative selectate utilizând comparațiile de similaritate din CAS, au fost comparate rezultatele pentru recoltă obținute în varianta ISBA, varianta de Indice, și, respectiv varianta de regresie. Au fost de asemenea comparate și valorile măsurate și modelate de umiditatea solului pentru aceste variante.

Analizele de sensibilitate au fost efectuate și pentru Subcarpații de Curbură, au fost determinate pantele subunităților de relief, altitudinea medie și energia de relief, precum și corelația pantei și energiei de relief medii.

În concluzie, acest studiu propune o metodă de a aplica rezultatele modelului IAGINT la nivel regional. Metoda utilizată simplifică forma modelului pentru a scădea timpul de rulare și utilizează indici ca o variantă la varianta complexă cu fundament fizic pentru a distribui variabile meteorologice în teren.

Varianta bazată pe indice prezintă corelație semnificativă cu varianta cu fundament fizic care utilizează bilanțul de energie și cu varianta ISBA pentru distribuirea variabilelor meteorologice în funcție de teren. Se constată că varianta bazată pe indice este un mod acceptabil de a modela variațiile de teren pentru indicatorii agricoli datorită abilității sale de a prognoza umiditatea solului măsurată și de a evidenția în teren zone cu răspuns diferit pentru recoltă care reflectă evaluarea de către cartatorii de sol.

Analizele de sensibilitate arată că ar trebui impuse unele limitări legate de varianta bazată pe indice, legate de dimensiunea maximă a gridului pentru o regiune, precum și de hărțile generalizate de sol, care trebuie să fie interpretate cu grijă.

Este recomandată utilizarea variantei de regresie (când problemele legate de funcția de drenaj au fost rezolvate) dacă sunt necesare predicții specifice. În orice caz, dacă scopul este de a evidenția zone cu probleme specifice, cum ar fi stresul ridicat de apă din plantă sau recolte scăzute, atunci rularea modelului de indice poate fi suficientă. Trebuie observat, de asemenea, că utilizarea unei variante de regresie prin urmare trebuie să fie adaptată pentru fiecare an.

4. Îmbunătățirea modelelor pentru descrierea interacțiunilor sol – recoltă – climat pentru diferite sisteme de agricultură – Activitățile 2.2 și 2.3

4.1. Introducere

În termeni spațiali, agricultura este una dintre cele mai importante folosințe ale terenurilor în Europa. Managementul acestor terenuri are impact profund asupra calitatii mediului în ansamblu prin, de exemplu, dinamica nutrienților, resursele de apă și diversitatea biologică. În a doua jumătate a secolului al 20-lea, peisajele europene au trecut prin schimbări rapide ale folosințelor terenurilor agricole, datorită dezvoltării tehnologiei și managementului, declansată de schimbările socio-economice și politice. Se anticipează ca aceste tendințe își vor continua cursul în viitor prin efectul reformelor Politicii Agrare Comune, largirii Uniunii Europene, globalizării, schimbărilor tehnologice și schimbării climei. Intensificarea folosinței agricole a terenurilor este de asemenea o caracteristică importantă a peisajelor europene, și a dus la fragmentare și pierderea habitatelor și a speciilor aflate în componenta lor.

În etapa anterioară, a fost prezentat modelul utilizat în cadrul proiectului IAGINT pentru a simula micrometeorologia, creșterea plantei și pentru a calcula indicatori. Acesta a fost realizat utilizând UML (Unified Modelling Language, Rumbaugh et al., 2005) pentru a avea o definiție explicită a structurii programului în termeni de componente și relația dintre ele, permițând ușor modificarea, îmbunătățirea și întreținerea programului. Programul este scris cu un limbaj orientat obiect, Visual Basic 6.0, iar structura obiectului este produsă direct din reprezentarea UML.

Modelul de sistem de cultură ales este legat cu un model explicit de bilanț de energie și cu un model de flux și bilanț de apă din sol. Pentru a simula peisajul colinar aceste două modele trebuie să schimbe unele variabile. În același raport, s-au prezentat și variabilele climatice zilnice din modelul micrometeorologic, în punctul de referință și pentru fiecare celulă, cerute de modelul de sistem de cultură:

- radiația solară globală orară [W m^{-2}]
- temperatura aerului zilnică (maximă, minimă și medie) [$^{\circ}\text{C}$]
- evapotranspirația [mm]
- conținutul de apă din sol zilnic la 1 m [$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$]

Modelul de sistem de cultură furnizează modelului micrometeorologic, în punctul de referință și pentru fiecare celulă, aceste variabile:

- LAI [$\text{m}^2 \text{m}^{-2}$]
- înălțimea învelișului vegetal [m]
- adâncimea de înrădăcinare [m]

Modelul hidrologic poate fi ales fie ca o variantă bazată pe caracteristici fizice (modificată ISBA), fie ca o variantă empirică (în cascadă; Burns et al 1974 – în cascadă cu timp de călătorie, Neitsch et al. 2002). Parametrii hidraulici pentru ambele modele sunt estimate intern din parametrii van Genuchten oferiți în baza de date de sol; dacă parametrii van Genuchten nu sunt accesibili, pot fi estimați din textură, materie organică și densitatea aparentă utilizând funcții de pedotransfer (de exemplu, HYPRESS – Wösten et al, 1999). Ca alternativă pentru evapotranspirația calculată ca parte a bilanțului de energie, poate fi ales un modul bazat pe FAO Irrigation și Drenaj paper No. 56 (Allen et al. 1998). Ulterior, a fost dezvoltat un modul original de germinare-răsărire, numit Modelul GEme, pentru a descrie efectul stresului de temperatură și apă asupra stabilirii culturii (Bechini et al, 2004).

Modelul permite selectarea ieșirilor zilnice pentru toate variabilele legate de creștere și rezumă indicatori derivați din rezultatele de simulare, stadiul de dezvoltare și biomasa culturii, variabile bilanțului de apă din sol, agro-meteorologie ca și indicatorii de stres și eficiență.

Programul care simulează creșterea plantei implementat pentru proiectul IAGINT se bazează pe asimilarea brută de CO₂ și pe menținerea și creșterea respirației pentru a atinge asimilarea carbonului finală netă. Acest tip de instrumente de simulare este cunoscut ca modelele de cultură “Scoala de Wit” (van Ittersum et al., 2003) după numele primului cercetător ce a fondat prima echipă reală de modelare în Wageningen, Olanda. Exemple de acest tip de model sunt SUCROS (Van Keulen et al., 1982) și WOFOST derivat (Van Keulen și Wolf, 1986).

Dezvoltarea culturii se bazează pe perioada termică acumulată (zilele cu suma temperaturilor active) ca în SUCROS, dar aici este generalizat la o scară zecimală numită BBCH (2001) care este o generalizare pentru toate culturile de la codul zecimal al lui Zadocks et al. (1974).

Modelul permite selectarea ieșirilor zilnice pentru toate variabilele legate de creștere și rezumă indicatori derivați din rezultatele de simulare, adică stadiul de dezvoltare și biomasa culturii, variabilele bilanțului de apă din sol, agro-meteorologie ca și indicatorii de stres și eficiență.

Similar cu SUCROS, modelul de sistem de cultură estimează fotosinteza pentru cinci poziții de-a lungul profilului vertical al învelișului vegetal, selectat pe baza integrării Gaussiene, pentru a obține o valoare integrată pentru fotosinteză a întregului înveliș vegetal. În timp ce SUCROS utilizează doar trei puncte Gaussiene în timpul zilei pentru a aproxima interceptia luminii, modulele IAGINT de fotosinteză utilizează un pas de timp de minim între 2 ore și pasul de timp de simulare. Rata de fotosinteză potențială maximă este o funcție de concentrație de CO₂ în atmosferă.

Producția vegetală este simulată în condiții de apă limitată prin legarea creșterii de bilanțul de apă din sol. În modelul IAGINT, efectele stresului de apă sunt calculate din conținutul relativ de apă în sol simplificând funcția în trepte originală propusă de Sinclair (1986) și utilizând funcția logistică (Richter et al., 2001). Factorul de stres de apă afectează fotosinteza și partiționarea rădăcinilor. Dacă este selectat modelul de germinație-răsărire GEme, modelul estimează momentul pentru stabilirea culturii și numărul de plante.

Toți parametrii de cultură, pentru toate culturile și varietățile simulate, sunt oferite într-o bază de date externă construită în format MS Access.

4.2. Perfecționarea modelelor de simulare a variabilității spațiale a productivității culturilor - Activitatea 2.2

Modelul IAGINT poate folosi modelul GEme (Bechini et al. 2004) pentru a simula germinarea semințelor și răsărirea plantelor. Când utilizatorul alege aceasta opțiune, poate fi calculat indicele compromiterii recoltei (CFI). CFI reprezintă raportul dintre numărul de plante răsărite și numărul de semințe semănate. De fapt modelul GEme poate calcula numărul de semințe germinate și cel al plantelor răsărite folosind o funcție deofilire [moarte (death)].

4.2.1 Modelarea efectelor stresului hidric asupra germinației și răsăririi

4.2.1.1 Modelarea germinației

Factorii de mediu hotărâtori în procesul de germinare sunt:

- potențialul hidric efectiv al solului (WP_{soil}) [Mpa];
- temperatura solului (T_{soil}) [°C], stabilită ca fiind egală cu temperatura aerului.

Parametrii semințelor (specfici speciei sau cultivarului) care condiționează procesul de germinare sunt:

- potențialul hidric de bază al seminței (WP_{base}) [Mpa];
- temperatura de bază a seminței (T_{base}) [°C];
- temperatura optimă a seminței (T_{opt}) [°C];
- panta funcției care leagă WP_{base} de temperatură (Kt) [Mpa °C⁻¹];
- pragul intervalului hidrotermal de începere a germinației (HTt) [Mpa °C d].

În modelul GEme efectele stresului hidric asupra germinației semințelor sunt incluse în calculul intervalului hidrotermal:

$$HTt = Ht \cdot Tt \quad (4.2.1)$$

unde

Ht – intervalul hidric [Mpa]

Tt – intervalul termal [°C]

$$\begin{aligned} Tt &= T_{soil} - T_{base} & \text{dacă} & T_{soil} > T_{base} \\ Tt &= 0 & \text{dacă} & T_{soil} < T_{base} \end{aligned} \quad (4.2.2)$$

unde

Tsoil – temperatura efectivă a solului

Tbase – temperatura de bază a seminței.

$$\begin{aligned} Ht &= WP_{soil} - WP_{base} & \text{dacă } WP_{soil} > WP_{base} \\ Ht &= 0 & \text{dacă } WP_{soil} < WP_{base} \end{aligned} \quad (4.2.3)$$

WPsoil – potențialul hidric al solului

WPbase – potențialul hidric al seminței.

Dacă Tsoil > Topt, modelul poate urma varianta Bradford (1995):

$$\begin{aligned} HTt &= \{WP_{soil} - WP_{base} - [kx(T_{soil} - T_{opt})]\} \times (T_{opt} - T_{base}) & \text{dacă } WP_{soil} > WP_{base} \\ HTt &= 0 & \text{dacă } WP_{soil} < WP_{base} \end{aligned} \quad (4.2.3)$$

4.2.1.2 Modelarea răsăririi

Factorii de mediu care influențează răsăriră sunt:

- temperatura solului (Tsoil) [°C];
- conținutul de apă al solului ($\square$);
- densitatea aparentă (ρ_s) [Mg m⁻³];
- adâncimea de semănat (D) [cm];
- rezistența solului la penetrare (SoilQ) [Mpa].

Parametrii seminței și plantulei care condiționează răsăriră sunt:

- temperatura de bază pentru alungirea lăstarilor (Tbs) [°C];
- greutatea seminței (W) [g];
- rezervele seminței (R) [g];
- coeficientul de diviziune a rădăcinii (Rc) [g g⁻¹];
- coeficientul de diviziune a lăstarilor (Sc) [g g⁻¹];
- respirația de menținere (Maintc) [g g⁻¹];
- respirația de creștere (Growthc) [g g⁻¹];

- parametru de conversie a materiei uscate din mugure în lungimea mugurelui (*CI*) [g cm^{-1}];
- parametru de calcul a alungirii lăstarilor ca funcție de potențialul hidric al solului (*C2*) [$\text{g cm}^{-1} \text{ Mpa}^{-1}$];
- GEG: greutatea echivalentă în glucoză per mol [gDM mol^{-1}];
- densitatea lăstarilor și rădăcinilor [g cm^{-3}].

În modelul GEme efectele stresului hidric asupra răsării plantelor sunt incluse în calculul:

- respirației osmotice;
- alungirii rădăcinilor

Respirația osmotică este o funcție a ratei numărului de moli din plantă care depinde de rata materiei uscate și de potențialul hidric al solului:

$$OsmoticR = GEG \cdot nMol_{rate} \cdot \frac{1}{Timestep} \quad (4.2.5)$$

$$nMol_{rate} = \left\{ \frac{Volume}{[R \cdot (T_{soil} + 273.15)]} \right\} \cdot (WP_{soil} - PsiPlantPot) \quad (4.2.6)$$

unde:

GEG – greutatea per mol de amidon echivalentă în grame [gDM mol^{-1}];

nMolrate - rata numărului de moli;

PsiPlantPot – potențialul de presiune a apei în rădăcini stabilit la -0.48 [Mpa],

R – constanta universală a gazului perfect, stabilită la 0.0083143 [$\text{Mpa } ^\circ\text{K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$]

Volume – volumul plantulei [cm^3] ca raport între rata de substanță uscată a rădăcinii și lăstarilor și densitatea lor.

Rata de alungire a lăstarilor este o funcție a ratei de creștere a plantulei și a rezistenței solului, care depinde de conținutul de apă din sol. Rezistența solului (*SoilQ*) poate fi estimată cu modelul Canarache (1990) sau poate fi stabilită drept constantă:

$$\text{Elongation rate} = \left(\frac{1}{c1 + c2 \cdot \text{SoilQ}} \right) \cdot \text{seedlingDMrate} \quad (4.2.7)$$

GEme poate simula alungirea lăstarilor urmând abordarea Dexter (1978). În acest caz, alungirea depinde de potențialul hidric al solului și rezistența solului:

$$\text{Elongationrate} = \text{Elongationmax} \times \left(-\frac{WP_{soil}}{WiltingP} \right) + \left\{ \exp \left[-a \times \left(\frac{\text{SoilQ}}{\text{SoilQhalf}} \right) \right] \right\} \quad (4.2.8)$$

unde:

a – un parametru stabilit la 0.6931,

SoilQ – rezistența solului [Mpa],

$Elongation_{max}$ – punctul de maxim al ratei de alungire a lăstarului [$cm\ d^{-1}$],

WP_{Soil} – potențialul hidric al solului [Mpa],

$WiltingP$ – potențialul hidric al solului la punctul de ofilire [Mpa],

$SoilQhalf$ – rezistența solului care înjumătățește raportul $Elongation_{rate}/Elongation_{max}$ [Mpa].

4.2.1.3 Modelarea ofilirii (morții) plantulelor

În modelul GEme, efectele stresului hidric asupra germinăției semințelor și răsăririi plantelor sunt de asemenea incluse în calculul ratei ofilirii; aceasta este funcție de zilele mai calduroase (GDD) și de potențialul hidric al solului.

Pentru a procesa mai bine datele experimentale, se poate alege între două funcții ale ofilirii, lineară și pătratică:

$$N_{Curve} = WP_{soil}^1 \cdot Deatha + WP \cdot Deathb + Deathc \quad (4.2.9)$$

unde

$Death$, $Deathb$ și $Deathc$ – coeficienți ai funcției pătratice a potențialului hidric al solului (WP_{Soil} , [Mpa])

$$N_{Lin} = WP_{soil} \cdot DRateLin + DRateC \quad (4.2.10)$$

unde

$DRateLin$ – panta funcției lineare

$DRateC$ – punctul de intersecție.

Aceste funcții se aplică numărului de semințe alături de intervalul termal acumulat (GDD): numărul de semințe vii $Nseeds$ la momentul $t+1$ este calculat ca

$$\begin{aligned} Nseeds_{t+1} &= Nseeds_t \cdot ([1 - N_{Lin}_{t+1} \cdot GDD_{t+1}]) \\ Nseeds_{t+1} &= Nseeds_t \cdot ([1 - N_{Curve}_{t+1} \cdot GDD_{t+1}]) \end{aligned} \quad (4.2.11)$$

unde $Nseeds$ – numărul de semințe vii/plante.

Respirația de menținere este estimată ca fiind o rație fixă a biomasei plantulei ($Maintc$), corectată pentru efectele de temperatură. Respirația de creștere reprezintă biomasa necesară pentru crearea de noi structuri; este simulată utilizând un coeficient fix ($Growthc$), presupunând că este relativ constantă compoziția biochimică a biomasei nou formate.

În final, plantula consumă rezerve pentru a-și menține potențialul hidric sub cel al solului.

4.2.2 Validarea experimentală a GEme

Pentru a valida modelul GEme pentru germinarea și răsăriră grâului durum, s-au înființat o serie de experimente într-un mediu controlat. S-a realizat un experiment factorial cu 3 nivele de temperatură a solului și 3 nivele de potențial hidric al solului (cu 4 repetiții), rezultând astfel nouă variante:

A = 10°C, 0.5 Mpa

B = 10°C, 0.25 Mpa

C = 10°C, 0.008 Mpa

D = 22°C, 0.5 Mpa

E = 22°C, 0.25 Mpa

F = 22°C, 0.008 Mpa

G = 30°C, 0.5 Mpa

H = 30°C, 0.25

Mpa I = 30°C, 0.008 Mpa

Pentru aceste experimente s-au adunat date la intervale de o zi sau de 6 ore. Datele experimentale adunate au fost următoarele:

- G: procentaj de semințe germinate
- E: procentaj de plante răsărite;
- DM_{sh} : substanța uscată a lăstarilor (g DM)
- DM_r : substanța uscată a rădăcinii (g DM);
- DM_{se} : substanța uscată a semințelor germinate (g DM);
- L_s : lungimea lăstarilor (cm);
- L_r : lungimea rădăcinii (cm).
- K: rata morții plantulelor.

Următoarele variabile sunt obținute direct din datele măsurate:

- DM_{rels} : substanța uscată relativă a lăstarilor raportată la greutatea inițială a seminței ($g\ g^{-1}$);
- DM_{relr} : substanța uscată relativă a rădăcinii raportată la greutatea inițială a seminței ($g\ g^{-1}$);

Pentru a estima WP_{base} și T_{base} am calculat raportul (RG) dintre semințele germinate la fiecare moment de prelevare de probe și germinația maximă la acea variantă după ce s-a aplicat o funcție Gompertz, unde variabila dependentă este RG și variabila independentă este HTt :

$$RG = Rc \times \exp \{ - \exp [-Rb \times (HTt - HTtm)] \} \quad (4.2.12)$$

HTt este calculată astfel:

$$HTt = \{ WP_{soil} - WP_{base} - [kT \cdot (T_{soil} - T_{opt})] \} \cdot (T_{opt} - T_{base}) \quad \text{if} \quad T_{soil} \geq T_{base} \quad (4.2.13)$$

unde:

Rc – punctul maxim al germinației relative,

Rb – viteza germinației relative,

$HTtm$ – intervalul hidrotermal de obținere a 50% din germinație.

Astfel, sunt aplicați șase parametri în total. Programul utilizat este NLR (regresia nelineară) din pachetul SPSS (versiunea 13.0).

Așadar, parametrii aplicați au fost:

Ψ_{BASE} , T_{BASE} , Rc , Rb , $HTtm$, kT . Valorile parametrilor sunt indicate în tabelul 3.1.

Regresia se bazează pe 84 valori medii și valoarea coeficientului R^2 este 0.56.

Coeficienții de diviziune (a_{shoot} și a_{rad}) [$g\ g^{-1}\ ^\circ C^{-1}\ h^{-1}\ Mpa^{-1}$] sunt obținuți din raportul dintre DM_{rels} și DM_{relr} și intervalul hidrotermal, ca pantă a regresiei lineare dintre HTt și DM_{rels} și DM_{relr} . Coeficientul R^2 pentru aceste două relații este 0.44 (pentru lăstar) și respectiv 0.09 (pentru rădăcină).

Alungirea specifică E_s [cm g^{-1}] se estimează cu raportul dintre lungimea măsurată a lăstarilor și substanța uscată relativă a greutateii inițiale a seminței (DM_rels)

$$E_s = \frac{1}{c_1 + c_2 \cdot Q} \quad (4.2.14)$$

unde

c_1 și c_2 – coeficienți empirici.

S-a observat că alungirea specifică este independentă de rezistența solului, așa că c_2 este stabilit ca egal cu 0, iar c_1 este inversul lui E_s .

Tabel 4.2.1

Parametri estimați cu aceste experimente

Parametru	Unitati	Grâu durum
Ψ_{base}	kPa	-796
T_{base}	°C	3.2
HTTm	°C Mpa d	0.586
kT	Mpa °C-1	3.9
a_shoot	$\text{G g}^{-1} \text{°C}^{-1} \text{d}^{-1} \text{Mpa}^{-1}$	0.0107
a_rad	$\text{G g}^{-1} \text{°C}^{-1} \text{d}^{-1} \text{Mpa}^{-1}$	0.0081
c1	G cm^{-1}	0.00555
c2	$\text{G cm}^{-1} \text{Mpa}^{-1}$	0

4.2.2.1 Substanța uscată a lăstarilor

Prezentăm mai jos comparația dintre datele din măsuratori și simularea substanței uscate a lăstarilor pentru toate variantele. Toate graficele indică pe axa y procentul din totalul substanței uscate repartizate lăstarilor:

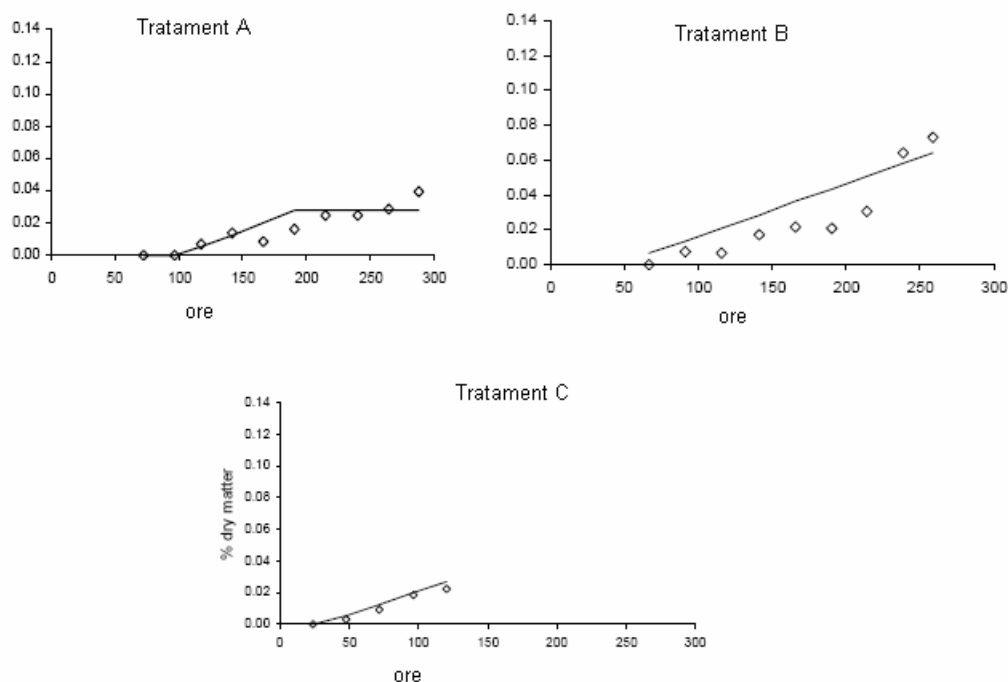


Figura 4.2.1 Greutatea măsurată și simulată a lăstarilor (% substanța uscată a greutateii inițiale a seminței) pentru plantulele de grâu răsărite la 10°C și 0.5 Mpa (A), 0.25 Mpa (B) și 0.008 Mpa (C)

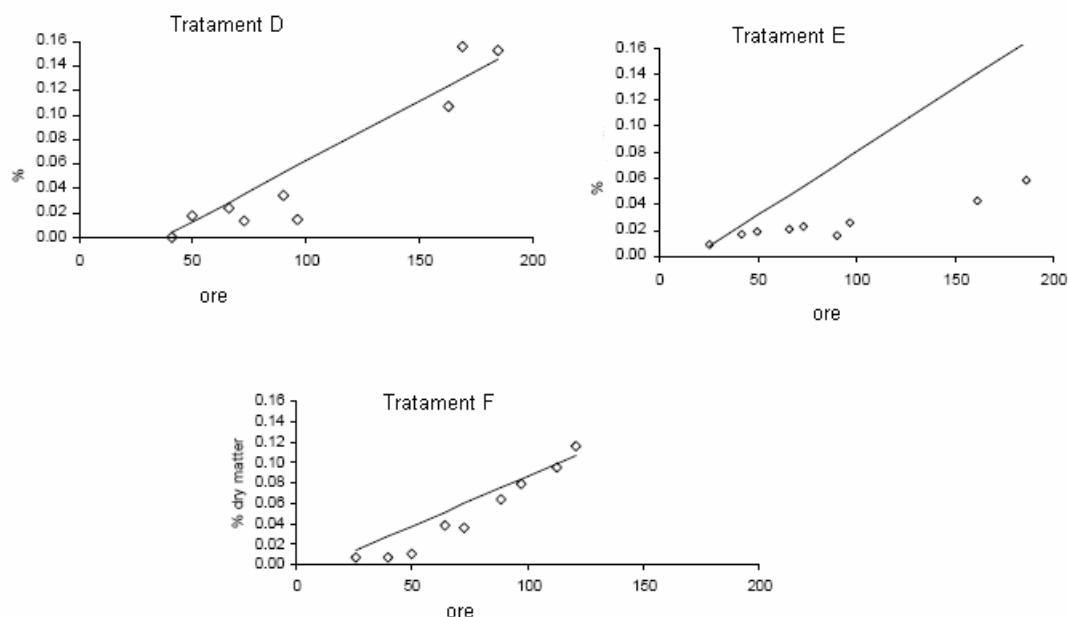


Figure 4.2.2 Greutatea măsurată și simulată a lăstarilor (% substanța uscată a greutateii inițiale a seminței) pentru plantulele de grâu răsărite la 22°C și 0.5 Mpa (D), 0.25 Mpa (E) și 0.008 Mpa (F)

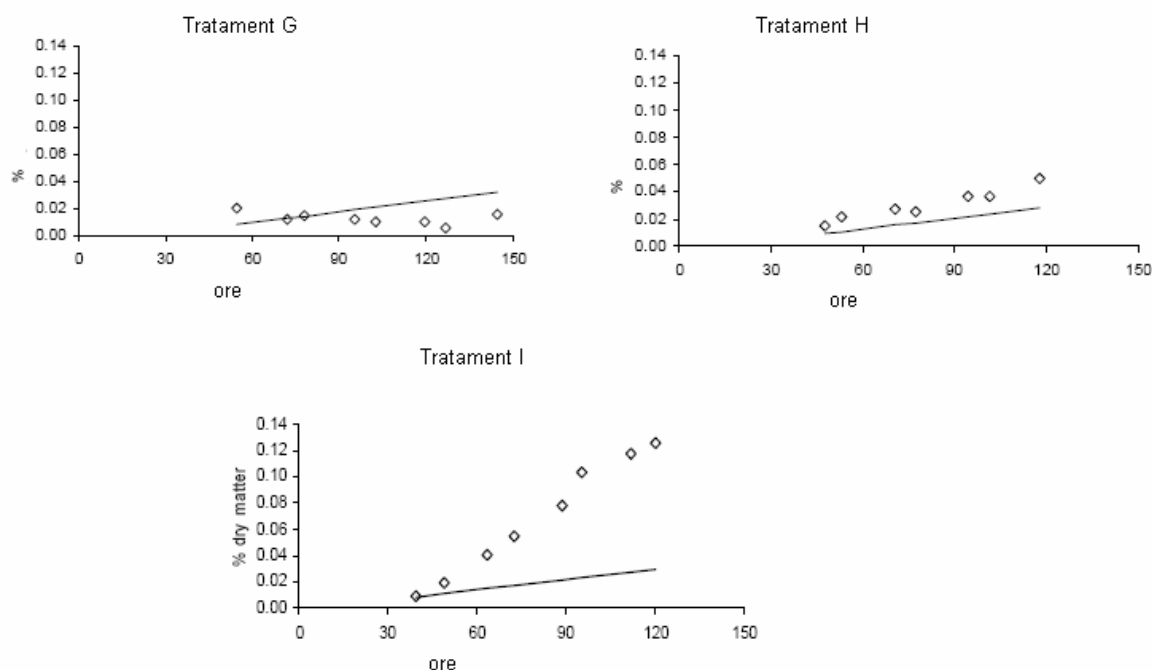


Figure 4.2.3: Greutatea măsurată și simulată a lăstarilor (% substanța uscată a greutateii inițiale a seminței) pentru plantulele de grâu răsărite la 30°C și 0.5 Mpa (G), 0.25 Mpa (H) și 0.008 Mpa(I).

Modelul poate descrie repartizarea substanței uscate lăstarilor la 10°C și, într-o mai mică măsură la 22°C, în timp ce la 30°C există o subestimare, foarte evidentă când disponibilitatea hidrică este ridicată. În aceste cazuri (tratamentele I și, respectiv, H), temperatura mai ridicată decât temperatura optimă pentru germinație nu are acțiune limitativă asupra creșterii, cum se întâmplă în general cu temperatura mai mare de 25°C (Acevedo *et al*, 2002), așa cum se întâmplă în model. Varianta B arată o tendință exponențială a repartizării substanței uscate în lăstari doar la

0.25 Mpa, ceea ce nu se poate simula prin model, chiar dacă substanța uscată a lăstarilor este corect estimată după rezervele semințelor.

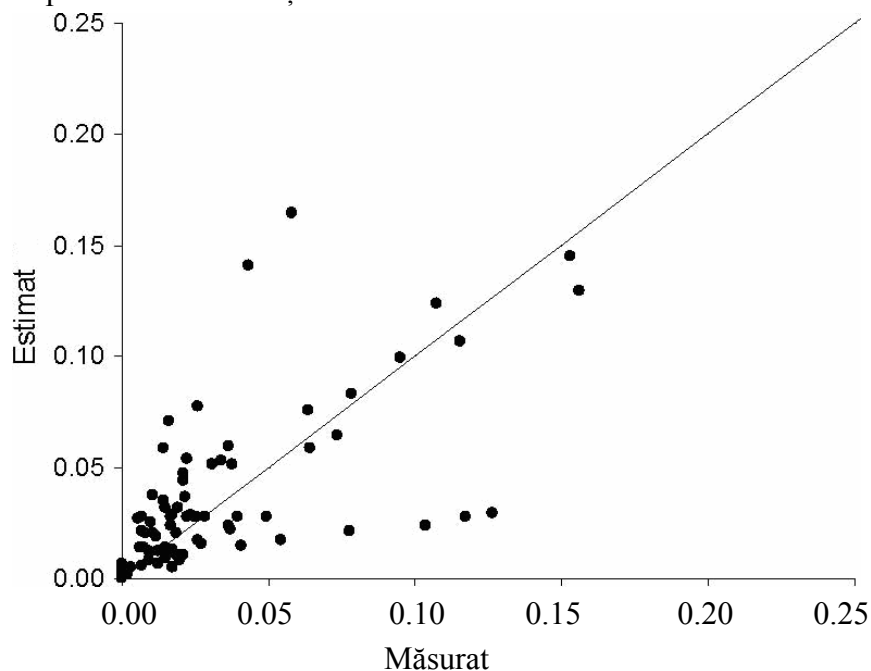


Figura 4.2.4: Valoarea simulată vs valoarea măsurată a substanței uscate a lăstarilor plantulei de grâu pentru toate variantele

Tabel 4.2.2

Indicii de fitare a estimării substanței uscate din lăstari în toate variantele

Eroarea de simulare (SB)	Eroarea medie patratică (RMSE)	GSD	Eficiența (EF)	Indicele de concordanță (d)	Coefficientul de determinare (CD)	Eroarea umana medie (MBE)	Coefficientul masei reziduale (CRM)
0.0001	0.0280	98%	0.35	0.81	0.64	0.003	0.09

Chiar dacă în unele cazuri (variantele E și I), modelul nu este în totală concordanță cu datele din măsurători, performanța de ansamblu este rezonabilă, cu un RMSE de 0.028 și o eficiență de 0.35. Dacă nu luăm în considerare variantele E și I, modelul este mai precis decât datele din măsurători, cu un RMSE de 0.012 și un GSD de 47%.

4.2.2.2 Substanța uscată din rădăcină

Comparațiile dintre valorile măsurate și estimate ale substanței uscate din rădăcină pentru variante sunt astfel:

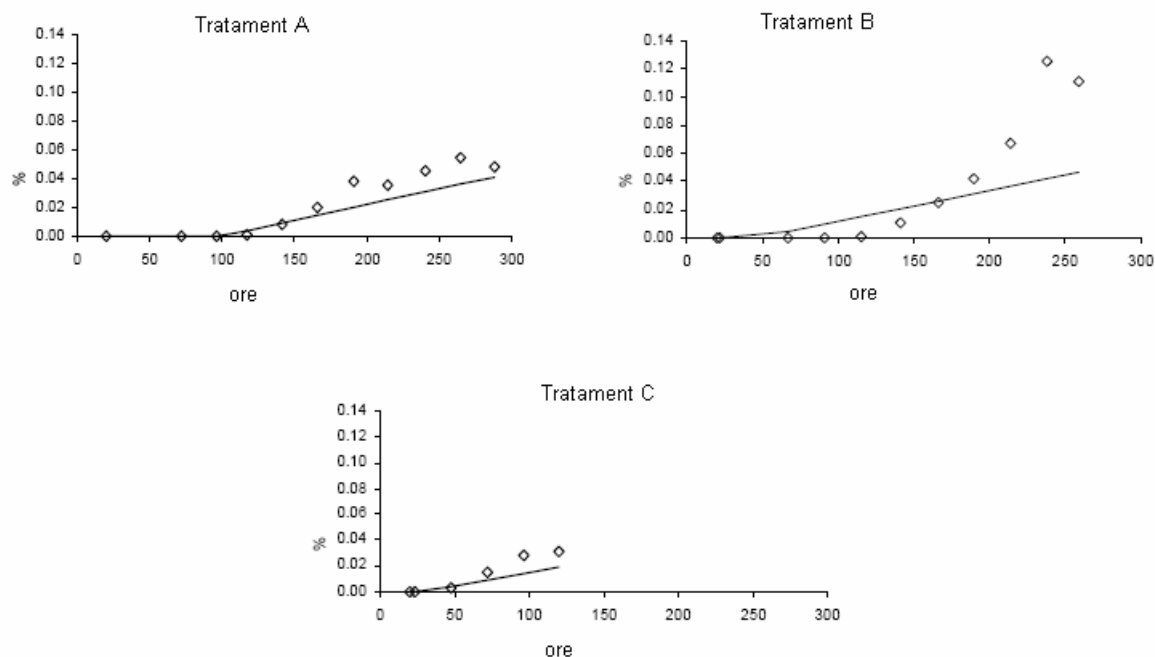


Figura 4.2.5 Valorile măsurate și simulate ale greutatei rădăcinii (% substanța uscată din greutatea inițială a seminței) pentru plantulele de grâu răsărite la 10°C și 0.5 Mpa (A) sau 0.25 Mpa (B) sau 0.008 Mpa(C)

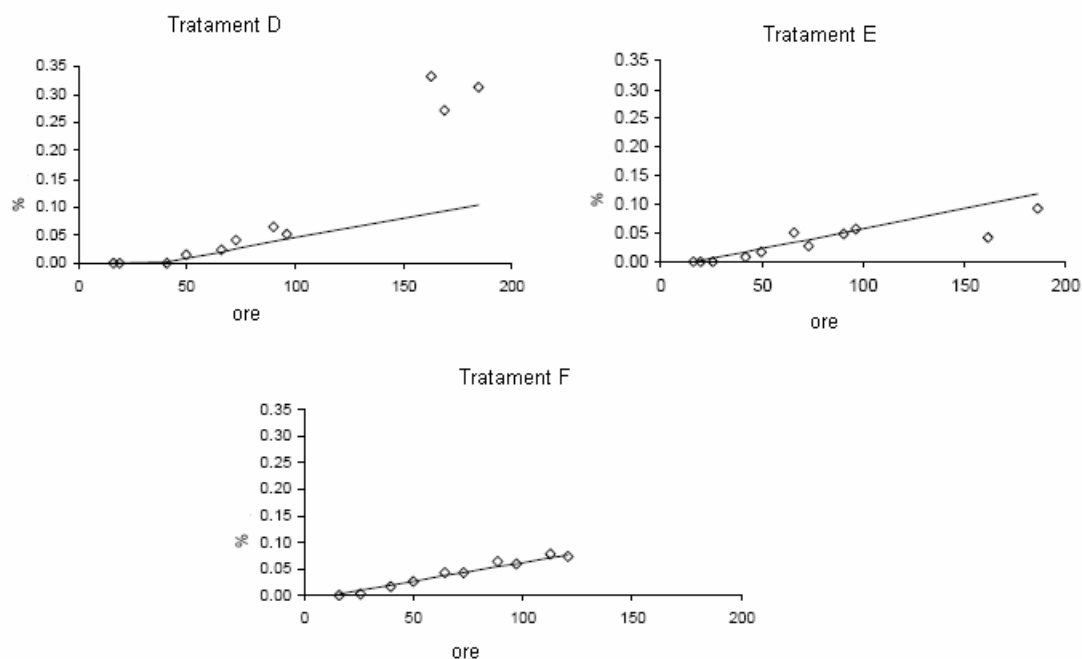


Figure 4.2.6: Valorile măsurate și simulate ale greutatei rădăcinii (% substanța uscată din greutatea inițială a seminței) pentru plantulele de grâu răsărite la 22°C și 0.5 Mpa (D) sau 0.25 Mpa (E) sau 0.008 Mpa (F)

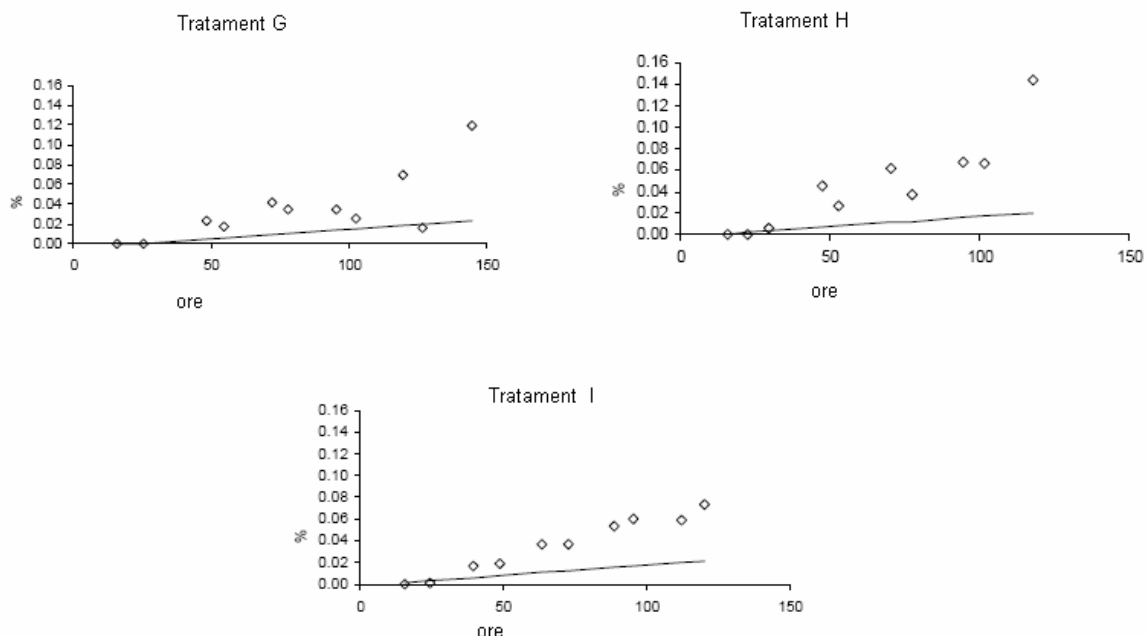


Figure 4.2.7: Valorile măsurate și simulate ale greutatei rădăcinii (% substanța uscată din greutatea inițială a seminței) pentru plantulele de grâu răsărite la 10°C și 0.5 Mpa (G) sau 0.25 Mpa (H) sau 0.008 Mpa(I).

Capacitatea modelului de a urmări datele experimentale măsurate în cazul substanței uscate din lăstari este în general cea mai puțin precisă. Cea mai defectuoasă simulare este pentru variantele D. S-a observat o creștere semnificativă a biomasei rădăcinilor între a treia și a cincea zi de la începutul experimentului, ceea ce modelul nu este capabil să simuleze. Întrucât fenomenele apar la varianta cea mai uscată, legată de cea mai mare repartizare de substanța uscată și către lăstari, (pentru această variantă se face o repartizare de 2 ori mai mare de biomasă a seminței față de celelalte variante), se poate ca această situație să se datoreze unei neglijențe legată de schimbări nesupravegheate în condițiile experimentale.

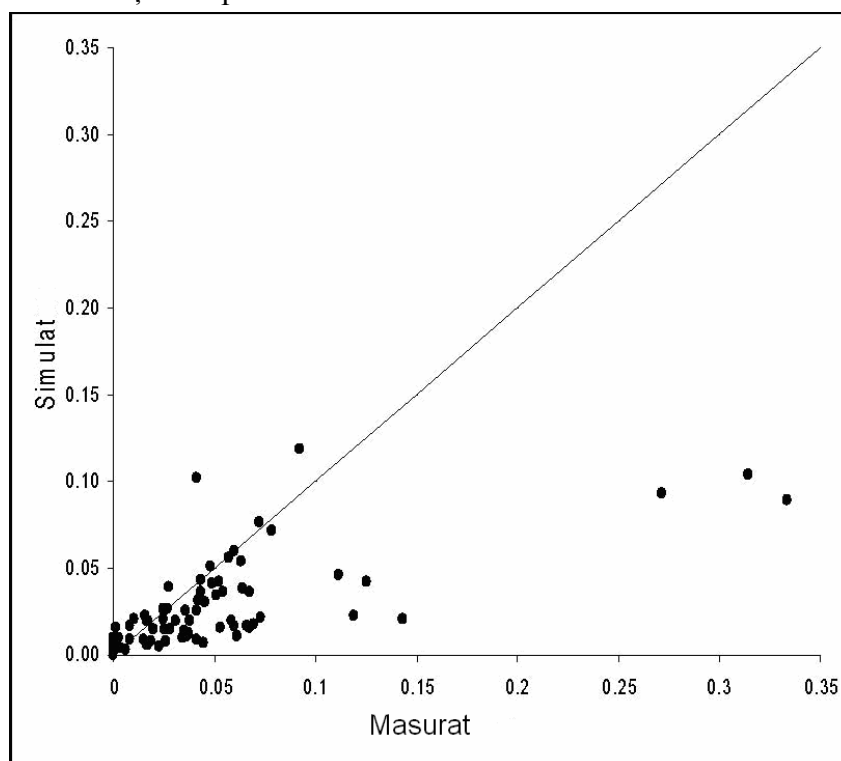


Figura 4.2.8 Valorile simulate vs. valorile măsurate ale rădăcinii plantulei de grâu pentru toate variantele

Tabel 4.2.3

Indicii de fitare a estimării substanței uscate a rădăcinii în toate variantele

Eroarea de simulare (SB)	Eroarea medie patritică (RMSE)	GSD	Eficiența (EF)	Indicele de concordanță (d)	Coeficientul de determinare (CD)	Eroarea umană medie (MBE)
0.0004	0.0486	0.3208	0.6669	0.3004	-0.0197	0.4538

Calitatea simulării substanței uscate din rădăcina este aproximativ la fel cu cea a repartizării substanței uscate din lăstari, cu un RMSE of 0.0486 și o eficiență de 0.32. Când biomasa rădăcinii devine mai mare de 10% din biomasa totală, înseamnă că acel model nu poate urmări datele reale.

4.2.3 Evaluarea înființării culturii de grâu Durum într-un bazin hidrografic cu o pantă medie de 7%

Numărul final de spice este un component important al recoltei de grâu durum, și în câteva cazuri cel mai important (Simane et al, 1998). Numărul final de spice depinde de numărul de plante răsărite și de capacitatea cultivatorului. Astfel, prin alegerea numărului de semințe, fermierul va încerca să controleze densitatea finală de spice, dar temperaturile nefavorabile, deficitul de apă disponibilă în sol și dăunătorii și bolile reduc răsărirea semințelor. Mai mult, grâul durum este foarte sensibil la stresul hidric în timpul germinației-răsării plantulelor (Rinaldi, 2004). În orice caz, nu este recomandat să se folosească un număr mare de semințe, deoarece o densitate mare a plantelor dă recoltă mare în condiții de aprovizionare bună cu apă și nutrienți în sol, dar atunci când condițiile sunt nefavorabile, competiția dintre plante reduce recolta finală.

Pentru a obține o recoltă ridicată, fermierul dorește să aibă 600-700 spice/m², care pot fi obținuți cu o densitate optimă de 400-500 semințe pe metru pătrat în condiții bune (Baldoni, 2000). În consecință, un instrument de predicție a germinării semințelor și înființării culturii permite o predicție mai precisă a recoltelor finale și poate avea implicații practice pentru fermieri. Pentru a vedea dacă modelul nostru de simulare a germinației și răsării este important pentru a preconiza recolta finală, s-au realizat două simulări pentru grâul durum pe 30 de puncte în perioada 2006-2007 într-un bazin hidrografic cu o pantă medie de 7% și două expozitii, Nord-Vest și Sud-Est.

Grâul Durum a fost semănat pe 1 noiembrie 2006 și recoltat pe 24 iulie 2007. Parametrii GEme sunt în lista următoare. Pentru a adapta GEme la condițiile experimentale exterioare, unii parametri sunt ușor modificați față de tabelul 4.2.1.

Tabel 4.2.4

Parametrii folosiți de modelul GEme

Parametru	Unități	Valoare
C1	g cm ⁻¹	0.001
C2	g cm ⁻¹ Mpa ⁻¹	0
Tcutoff	°C	36
Toptmin	°C	10
Toptmax	°C	22
Tbase	°C	0
GEG	g mol ⁻¹	9.0556
a_shoot	g g ⁻¹ °C ⁻¹ d ⁻¹ Mpa ⁻¹	0.00108
a_rad	g g ⁻¹ °C ⁻¹ d ⁻¹ Mpa ⁻¹	0.000769
Respirație de menținere	g g ⁻¹	0.03
Respirație de creștere	g g ⁻¹	0.1

kT	Mpa °C-1	0.12
HT_necesara	°C Mpa d	5.86
Greutatea semințelor	g	0.045
SoilQhalf	Mpa	1.3
Rata maximă de alungire	Mm d-1	26
Adancimea de semănat	m	0.02
Hstab	m	0.01
Factor de rezervă	%	0.88
WP_seed	Mpa	-0.9
Densitate	g l-1	100
Numărul de semințe	-	400
Curba_ratei_mortii_a	Mpa-2 °C-1 d-1	-0.0055
Curba_ratei_mortii_b	Mpa-1 °C-1 d-1	-0.00749
Curba_ratei_mortii_c	° C-1 d-1	0.00152

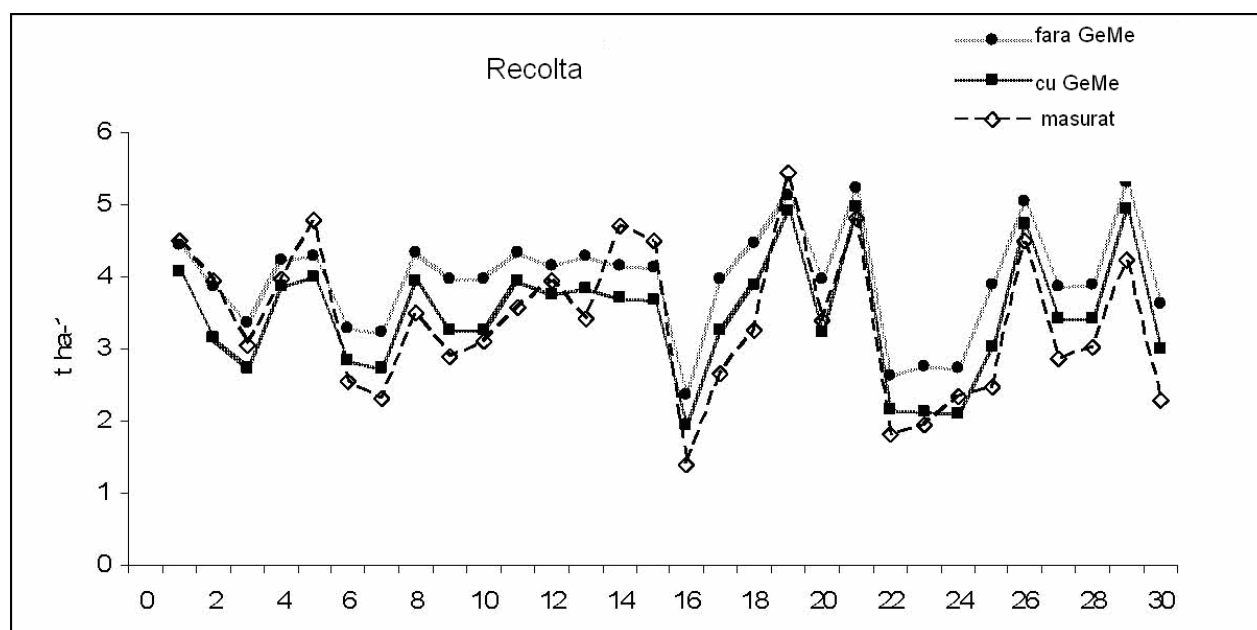


Figura 4.2.9 Valorile măsurate vs. valorile estimate ale recoltei de boabe de grâu durum (t ha⁻¹) cu sau fara GEme în 30 de puncte (2006-2007).

Graficul arată că GEme îmbunătățește rezultatele simulării, așa cum se confirmă prin indicii de fitare: (Tabel 4.2.5). Eficiența modelului este multiplicată de mai mult de 2 ori, coeficientul masei reziduale folosind GEme devine foarte apropiat de 0, și eroarea (MBE) scade de la aproximativ 0.6 t ha⁻¹ la 0.1 t ha⁻¹.

Table 4.2.5

Indicii de fitare a simulărilor efectuate cu sau fără GEme

indice	Eroarea de simulare (SB)	Eroarea medie pătratică (RMSE)	GSD	Eficiența (EF)	Indicele de concordanță (d)	Coeficientul de determinare (CD)	Eroarea umană medie (MBE)
fara GEme	801	22%	0.35	0.81	0.87	593	-0.18
cu GEme	495	14%	0.75	0.92	0.66	93	-0.03

Îmbunătățirea simulării se datorează bunei estimări a înființării culturii, și este interesant de cunoscut analogia dintre tendințele indexului de compromitere a culturii și recolta măsurată (Figura 4.2.10 și Figura 4.2.11). În acest context, este relevant să avem o variabilă în model care să reprezinte modul de răsărire a plantelor.

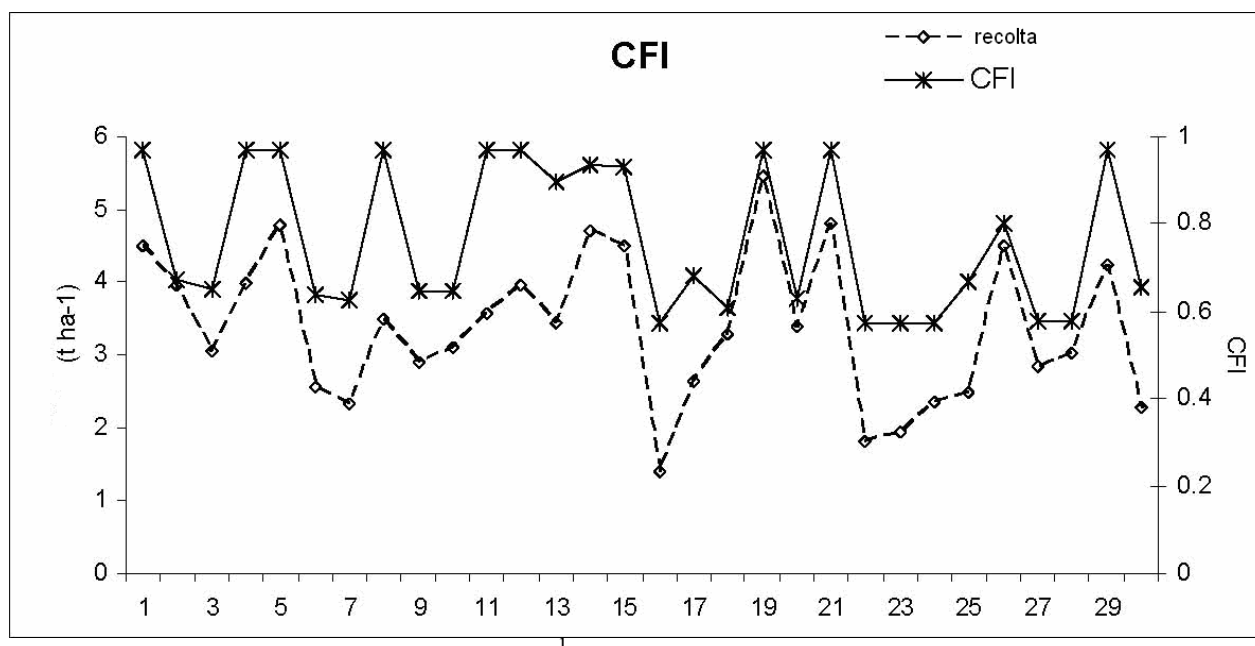


Figura 4.2.10 Producția măsurată (t ha⁻¹) și indicele compromiterii recoltei (CFI) a grâului durum în 30 puncte în perioada de vegetație 2006-2007.

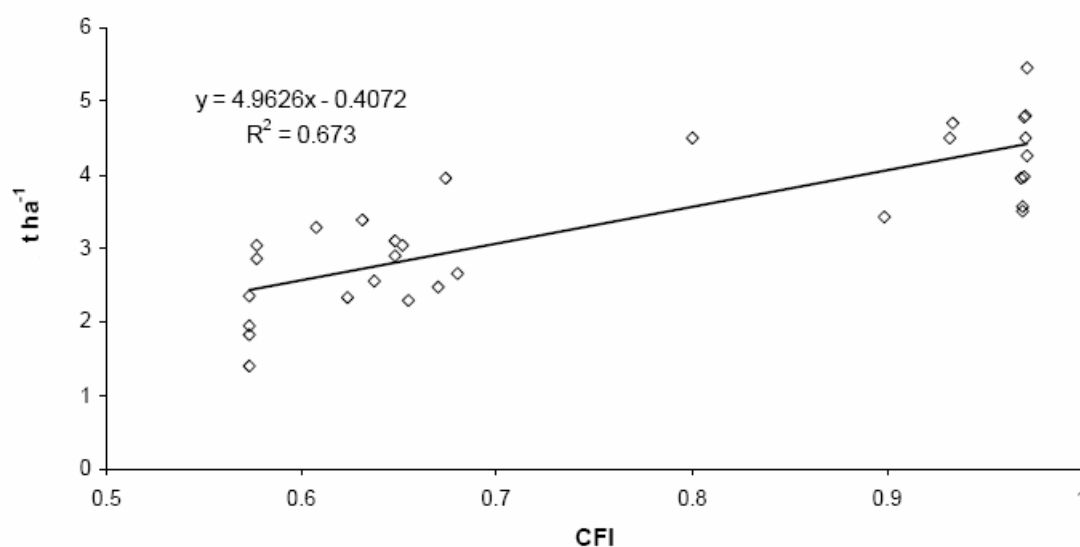


Figura 4.2.11 Regresia dintre producție și indicele compromiterii recoltei

4.3. Integrarea modulelor pentru a determina variabilitatea spațială a eficienței de utilizare a radiației și apei - Activitatea 2.3

Lipsa apei influențează regimul termic al plantelor în sensul că temperatura frunzelor crește odată cu scăderea transpirației și a raportului evapo-transpirațiilor ET (ET efectivă / ET potențială). Acest lucru poate deveni o problemă sub efectul încălzirii globale (Wheeler et al., 2000). Corelarea bilanțului apei cu cel al energiei va îmbunătăți estimarea impactului climei asupra producției, în condițiile în care stresul termic s-a bazat până în prezent numai pe temperatura aerului (Porter și Gawith, 1999; Weiss și Moreno-Sotomayer, 2006; Wheeler et al., 2000). Potențialul tehnologic actual ne permite măsurarea temperaturii la suprafața culturilor (Jones, 1999) și modelarea ei cu modelul bilanțului energiei.

4.3.1 Simularea indicelui de stres hidric pentru culturi (CWSI)

Indicele de stres hidric pentru culturi (CWSI) se bazează pe diferența de temperatură, dT , dintre vegetatie (T_c) și aer (T_a). Este raportul dintre diferența dintre temperatura maximă și cea minimă ($dT_{max}-dT_{min}$, respectiv dintre transpirația totală și cea nulă) și deficitul presiunii vaporilor, VPD (Idso *et al.*, 1981). Teoretic, dT_{max} și dT_{min} sau limita maximă (dT_u) și cea minimă (dT_l) pot deriva din ecuația bilanțului energiei (Jackson *et al.*, 1981), presupunând rezistența fluxului infinit sau zero. În medii aride, pentru aceste limite sunt folosite relații liniare simple, din care Idso (1982) a dezvoltat relații empirice pentru câteva culturi. Problema care se pune este dacă aceste relații sunt valide și în alte medii.

Obiectivele noastre generale sunt de a demonstra valabilitatea modelului temperaturii la suprafața culturii și de a estima valoarea CWSI în climate umede, în condiții de climă și management variate. Scopurile specifice sunt:

- de a măsura temperatura la suprafața culturilor și de a analiza relația sa cu variabilele meteorologice standard și cu caracteristicile ușor deductibile ale culturilor,
- de a realiza un model al temperaturii la suprafața culturii și de a testa dependența față de limitele maximă și minimă ale diferenței de temperatură frunza-aer (dT_u , dT_l) pentru regiuni umede,
- de a evalua CWSI pe baza temperaturii la suprafața culturilor (observată și calculată-rezultată prin modelare) între înflorit și recoltat, timp de doi ani, la grâu de toamnă.

4.3.1.1 Modelarea temperaturii la suprafața culturilor pentru estimarea CWSI

Indicele de stres hidric pentru culturi (Ec. 1) se bazează pe diferența dintre temperatura covorului vegetal (T_c) și cea a aerului (T_a) raportată la diferența temperaturii vegetatie-aer în condiții de stres maxim sau stres zero, T_u și, respective, T_l .

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_l - T_a)}{(T_u - T_a) - (T_l - T_a)} = \frac{(T_c - T_l)}{(T_u - T_l)} \quad (4.3.1)$$

Am pornit de la bilanțul energiei dintre radiația efectivă (R_n), fluxul de căldură sensibil (H) și căldura latentă a evaporației λE la suprafață și fluxul de căldură terestru (G):

$$R = H + \lambda E + G \quad (4.3.2)$$

Aplicarea ecuației de mai sus împreună cu formula evapotranspirației urmând modelul aproximării rezistenței al lui Penman-Monteith și după efectuarea unor calcule simple (e.g. Jones, 1986), ne conduc la exprimarea diferenței dintre temperatura la suprafața culturilor și temperatura aerului ($dT = T_c - T_a$) ca:

$$T_c - T_a = \left[1 - \frac{\gamma_{HR}(r_a + r_s)\gamma_R}{\gamma(r_a + r_s) + \Delta g_R} \right]^{-1} \left[\frac{r_{HR}(r_a + r_s)\gamma_{R_{nc}}}{\rho c_p (\gamma(r_a + r_s) + \Delta r_{HR})} - \frac{\gamma_{HR} VPD}{\gamma(r_a + r_s) + \Delta r_{HR}} \right] \quad (4.3.3)$$

Rezistența fluxului vaporilor de apă, r_{HR} , ia în calcul (include) atât rezistența aerodinamică, r_a , cât și rezistența “radiațiilor”, spre exemplu rezistența la transferul radiativ de căldură. Ținând cont de faptul că pentru calcularea rezistenței paralele sau în serie este necesară utilizarea relațiilor dintre rezistență și conductanță ($g = 1/r$), putem scrie expresiile a două dintre componentele rezistenței r_{HR} :

$$r_a = \frac{\ln\left(\frac{z-d}{z_0}\right) \cdot \ln\left(\frac{z-d}{z_{0h}}\right)}{k^2 u} \quad (4.3.4a)$$

în care

z – înălțimea (m) la care este măsurată viteza vântului, u

d – deplasarea înălțimii luată la $0.67 h_c$, care este înălțimea frunzelor,

$z_0 = 0.1 h_c$ și $z_{0h} = 0.01 h_c$, lungimea **pentru poziția în care se măsoară energia cinetică și respectiv, căldura**,

k – constanta Karman.

Ecuția 4a nu include și stabilitatea atmosferică, așa cum propuseseră Kjelgaard *et al.* (1996). Conductivitatea radiativă, gR , a fost considerată ca depinzând numai de temperatura aerului (Jones, 1986):

$$g_r = 0.0003T_{air} + 0.0516T_{air} + 3.5434 \quad (4.3.4b)$$

Parametrul combinat dintre căldură și rezistența fluxului radiativ, r_{hr} este definit ca:

$$r_{hr} = \frac{1}{\left(\frac{1}{r_a} + g_r\right)} \quad (4.3.5)$$

Pentru a realiza un model al rezistenței suprafeței covorului vegetal r_s în ecuația (3) am optat pentru aplicarea metodei dezvoltate de Katerji și Perrier, (1983) și completate de Rana *et al.*, (1997a; 1997b). Conform acestei metode, introducem rezistența climatică (Monteith, 1976), r^* , sau rezistența critică, după cum urmează:

$$r^* = \frac{\Delta + \gamma}{\Delta \cdot \gamma} \cdot \frac{\rho \cdot c_p \cdot VPD}{R_n - G} \quad (4.3.5a)$$

în care

γ – constanta psihometrică ($0.067 \text{ kPa } ^\circ\text{K}^{-1}$),

Δ ($\text{kPa } ^\circ\text{K}^{-1}$) – unghiul relației dintre presiunea vaporilor saturați și temperatură.

Pentru a simplifica, și după verificări locale, s-a considerat fluxul de căldură din sol ca fiind 10% din radiația efectivă, ceea ce reprezintă un prag al evaporației care crește sau scade odată cu viteza vântului.

În lucrările mai vechi (Rana *et al.*, 1997a; 1997b) s-a arătat că relația dintre rezistența fluxului suprafeței covorului vegetal r_s , (r_s/r_a) poate fi exprimată de coeficienții a și b , ale căror valori s-au calibrat pentru diferite culturi.

$$\frac{r_s}{r_a} = a \cdot \frac{r^*}{r_a} + b \quad (4.3.5b)$$

Valorile coeficientului a variază între 0.16 și 0.94, iar valorile lui b între 0 și 1.2 (Rana *et al.*, 1997a, b). Acești coeficienți țin cont de conținutul de apă din plantă și sunt dependenți numai de cultură. Cu alte cuvinte, coeficienții a și b odată calculați pentru o cultură, la un anumit conținut de apă în plantă și într-o locație dată, sunt valabili și pentru alte locații, fără alte verificări locale (Rana *et al.*, 1997b; 2001). VPD reprezintă deficitul presiunii vaporilor, iar Rnc este radiația efectivă pentru suprafețele acoperite cu vegetație, calculată ca (Norman *et al.*, 1995):

$$R_{nc} = R_n \cdot [1 - e^{-0.45 \cdot LAI}] \quad (4.3.6)$$

Considerând LAI egal cu 5 pentru grâu după faza de burduf R_{nc} reprezintă aproximativ 90% din radiația efectivă, R_n .

După Jackson, (1982), diferența de temperatură a covorului vegetal este o funcție de trei variabile derivate din intrările meteorologice standard și parametrii biofizici

Derivația teoretică a lui $dT = (T_c - T_a, ^\circ\text{C})$ este:

$$T_c - T_a = X_1 \cdot X_2 - X_3 \quad (4.3.7a)$$

$$X_1 = r_a \cdot \frac{R_n - G}{\rho \cdot C_p} \quad (4.3.7b)$$

$$X_2 = \frac{\gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)} \quad (4.3.7c)$$

$$X_3 = \frac{VPD}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)} \quad (4.3.7d)$$

în care toți termenii sunt definiți mai sus, iar Δ poate fi calculată după Jackson *et al.* (1981) ca:

$$\Delta = (45.03 + 3.014 \cdot T_{ca} + 0.05345 \cdot (T_{ca}^2) + 0.00224(T_{ca}^3)) \cdot 10^{-3} \quad (4.3.8)$$

unde T_{ca} reprezintă media dintre temperatura covorului vegetal și cea a aerului ($^\circ\text{C}$).

Chiar și simplificând ecuația 19, temperaturile aerului și a covorului vegetal tot apar în ambele părți ale ecuației 4.3.1.7, deci este necesară o iterare pentru a obține o soluție.

Ecuația 4.3. 7 poate fi acum folosită pentru a obține limita superioară și inferioară pentru CWSI. Pentru limita superioară (culturi fără transpirație) rezistența covorului vegetal va tinde la infinit, deci ecuația 4.3. 7 se reduce la:

$$dT_u = r_a \cdot \frac{R_n - G}{\rho C_p} \quad (4.3.9)$$

În cazul unei culturi fără stress termic, considerând r_c ca fiind 0 rezultă:

$$dT_1 = \left[\frac{r_a (R_n - G)}{\rho C_p} \right] \cdot \left[\frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \right] - \left[\frac{VPD}{\Delta + \gamma} \right] \quad (4.3.10)$$

Acum ecuațiile 4.3.1.9 și 4.3.1.10 pot fi utilizate pentru a determina CWSI așa cum este dat în ecuația 4.3.1.2. În unele cazuri măsurătorile fluxului de căldură în sol nu sunt disponibile, deci în condițiile închiderii covorului vegetal, se presupune că 10% din radiația efectivă este transferată în sol sau $(R_n - G) = 0.9 R_n$.

4.3.1.2 Monitorizarea temperaturii covorului vegetal la grâul de toamnă

Condițiile de mediu și intrările pentru siturile cu grâu

Serii de date pentru dezvoltarea și evaluarea modelului. Redam două serii de date localizate în sud-estul țării. Solurile întâlnite au textură luto-nisipoasă și, respectiv, lutoargiloprăfoasă.

Seriile arată variația condițiilor meteorologice, respectiv o vară relativ umedă în 2006 și una uscată și călduroasă în 2007. Ambele serii de date, care conțin întreaga serie de măsurători și includ perioade cu valori ridicate și scăzute ale evaporăției însoțite de precipitații intermite unde deficitul de umiditate potențială a solului crește de la 40 la cca 160, respective 180 mm.

Înregistrarea datelor climatice s-a efectuat utilizând o stație meteo Delta-T DL2, la intervale de o jumătate de oră, pentru toată gama de parametri standard: precipitații (mm), temperatura aerului (T_a , la 2 m deasupra solului), umiditatea relativă, radiația globală și cea efectivă, viteza (m/s) și direcția vântului. În tabelul de mai jos sunt cuprinse sumele și valorile medii pentru perioada de umplere a bobului în perioada cuprinsă între faza de burduf și recoltat.

Tabel 4.3.1

Valorile medii ale parametrilor climatici între faza de burduf și recoltat la grâu de toamnă în 2006 și 2007

	Suma Precipitații mm	Viteza vântului m/s	Media zilnică		RH %	Rs MJ/m ²	VPD kPa	Amiaza	
			T _{aer} °C	T _{sol} °C				EM ir. °C	EM usc
2006	175.4	1.34	16.1	17.8	69.7	801	0.63		1.97
2007	88.6	2.3	20.8	16.7	62.1	1156	1.4	1.26	2.28

Metoda utilizată pentru măsurarea temperaturii covorului vegetal

Instalarea și selecția senzorilor

S-au folosit două tipuri de senzori de transmisie în infraroșu de la Exergen Corporation (Watertown, Massachusetts, USA): cu un singur termocuplu (de tip K; IRt/c.01) și cu două termocupluri (tipul EM, IRt/c.01.EM). Ultimul măsoară, de asemenea, și temperatura corpului senzorului, ca referință, și citește/serie direct variația (amplitudinea) dT a acesteia ca semnal, în timp ce la senzorul de tip K dT trebuie calculat din formula $IRT-K - T_a$.

Răspunsul fiecărui senzor a fost calibrat folosind o baie de apă agitată ca un „corp negru” și crescând succesiv temperatura de la -20 la +20 °C, respectiv diferența de temperatură a mediului actual.

Citirile au fost transformate într-o ecuație polinomială de gradul 2, pe baza căreia citirile în mV au fost transformate în valori de temperatură. Abaterea față de valoarea “0” a fost în medie sub 0,005°C. Diferența dintre doi senzori diferiți a fost de maximum 0.025 mV la 20 °C, ceea ce corespunde unei abateri de cca. 0.006 mV la temperatura 5°C, echivalentă cu 0.7 °C.

Ambii senzori sunt protejați cu ajutorul unei carcase de PVC auto-ventilante și a unei “umbrelă” de aluminiu, pentru a evita radiația solară directă. Temperatura de referință (cea a senzorului) a fost măsurată cu ajutorul senzorului de tip K.

Senzorii au fost așezați pe o tijă de cca. 2 m înălțime, unul îndreptat spre nord, iar celălalt spre sud. Câmpul de acțiune al senzorilor trebuie menținut constant, ajustând înălțimea tijei; în momentul efectuării acestor măsurători, înălțimea suprafeței culturii ajunsese la nivelul maxim.

Poziționarea și alegerea senzorului

Prima întrebare a fost în ce direcție ar trebui așezat senzorul. Valorile filtrate pentru prima parte a după-amiezei (ora 14, figura 4.3.2) au fost ușor mai ridicate la senzorul (a), poziționat spre nord, decât la senzorul (b), poziționat spre sud. Putem spune că diferența între senzorii (a) și (b), dată de orientare, este de 16-17%. Diferența medie, dT , din momentul probelor a fost de cca. 0.7 °C.

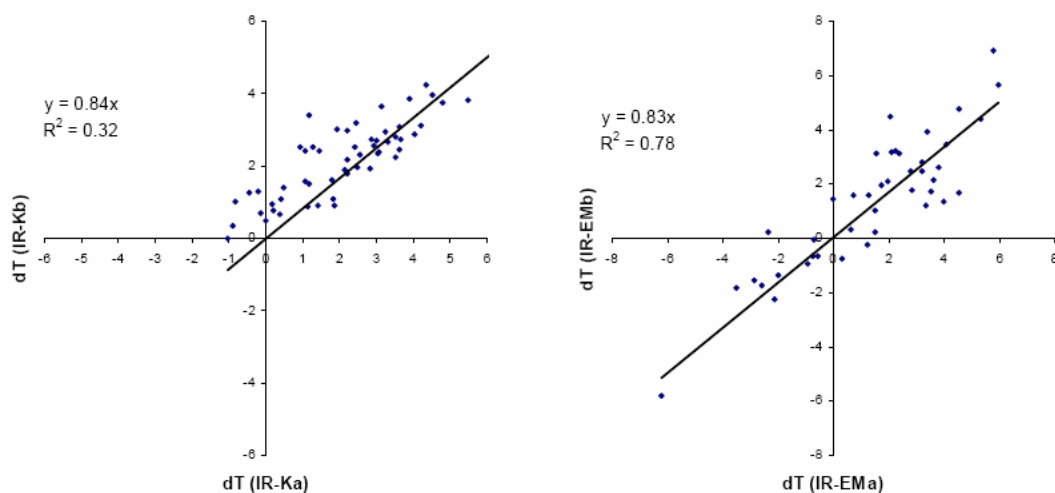


Figura 4.3.2 Comparatia dintre senzori orientati in diferite directii (a=nord, b=sud) pentru doua tipuri diferite de senzori infra-rosu (tip K si tip EM)

Ce tip de sensor ar trebui folosit? După aplicarea corecțiilor legate de temperatura senzorului, valorile T_a înregistrate la cei doi senzori n-au mai înregistrat diferențe mari. În medie, în timpul coacerii (după 13 iulie), senzorul de tip EM a măsurat o temperatură cu 10-20% mai mare (**figura 4.3.3**), respective cu 0.5 °C. Diferențele au fost similare în faza de burduf, dar au înregistrat oscilații mari, față de faza de coacere, când nu s-au sesizat oscilații.

În general, diferențele dintre cele două tipuri de senzori au fost la fel de mici ca și cele dintre orientări (vezi tabel 4.3.3). În cazul utilizării în câmp, senzorul de tip EM are avantajul folosit fără a înregistra temperatura aerului. În anul 2006 au fost prelucrate mai multe date provenite de la senzorul de tip K, însă senzorul de tip EM a fost considerat mai practic, și a fost utilizat exclusiv în anul 2007.

Tabel 4.3.3

Valoarea mediată pentru dT în timpul fazei de maturitate a plantei cu diferite tipuri de senzori (K si EM) si cu orientari diferite (a=cu fața la nord, b=cu fața la sud)

Senzor	Ka	Kb	EMa	EMb
dT(°C)	2.82	2.17	3.39	2.61

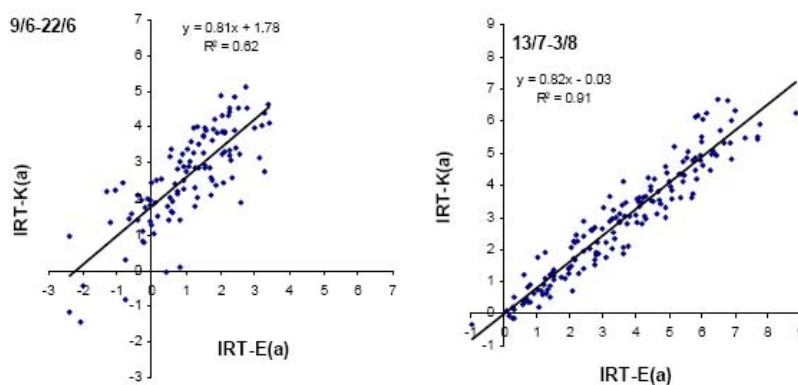


Figura 4.3.3 Comparația dintre tipuri diferite de senzori infra-rosu (tip K si tip EM) – valori orare

Evaluarea metodei de derivare a CWSI din măsurătorile dT

Măsurătorile continue ale datelor meteo și ale temperaturii suprafeței culturii au arătat o dinamică zilnică (**figura 4.3.4a**). Acest lucru permite

- eliminarea datelor nerelevante, spre exemplu cele înregistrate la trecerea norilor,
- selectarea ferestrei optime pentru măsurători.

Exemplul dat reprezintă o zi caldă, senină (T_a , max of 23 °C) din apropierea fazei de burduf. crește aproape liniar cu creșterea VPD după prânz (**figura 4.3.4b**) și atinge maximum la 5 C, când radiația global este maximă (70% din radiația cosmică, R_x). În jurul prânzului (orele 11-15) media dT (4.3 ± 0.6 C) poate fi folosită pentru a calcula CWSI din ecuația 1.

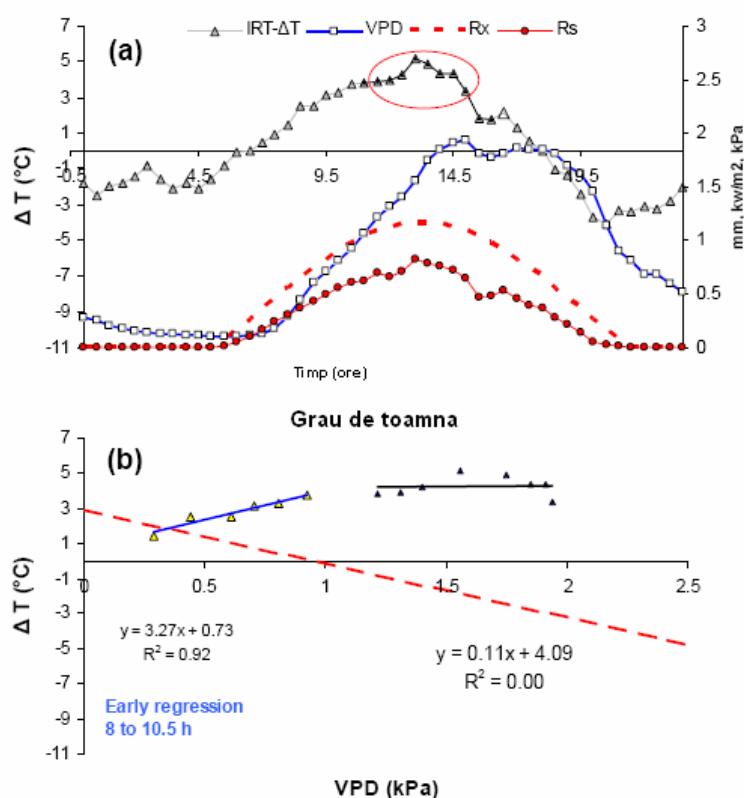


Figura 4.3.4: (a) Măsurarea și estimarea pe baza de senzori infraroșu a temperaturii covorului vegetal în comparație cu radiația globală (R_s) radiația extra-terestră

Temperaturile ridicate, de fapt, nu rezultă din nivelul ridicat al stresului hidric al culturii, deoarece componenta teoretică dTu (ecuația 4.3.20) a fost, de asemenea, foarte mare (19 °C). Se pune întrebarea dacă derivata teoretică (ecuația 4.3.20) este un bun indicator al limitei superioare (dTu). Din analiza bobului matur, care are o rată foarte scăzută a transpirației și o rezistență mare a suprafeței culturii, putem vedea că valoarea observată a lui dTu este egală cu 0,4 dTu derivată din teorie. Rezultă că, în teorie, se ignoră efectul capacității calorice a obiectului, care poate fi considerabil, pentru cerealele mature: elementele cu capacitate calorică mare vor fi mai reci decât cele cu capacitate calorică redusă, spre exemplu frunzele. Senzorii măsoară, bineînțeles, o medie a temperaturilor suprafeței.

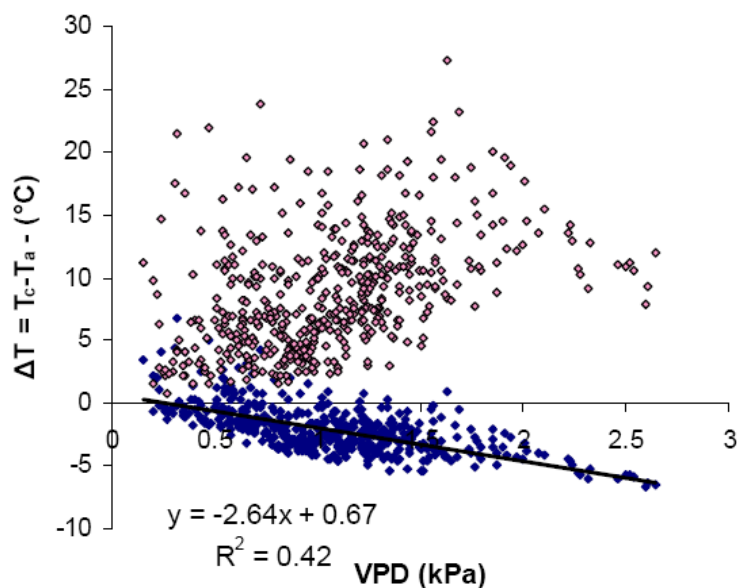


Figura 4.3.5 dTu (roz) și dTl (albastru) estimat folosind ecuațiile 4.3.8 și 4.3.9

Din analiza limitelor inferioară și superioară a dT (**figura 4.3.5**) rezultă două concluzii: în primul rând, limita superioară, dTu , are valori cuprinse între 1 și 27 °C, distribuite asimetric, iar mediana este de numai 8.1 °C. În cealaltă serie de date observăm că limita superioară, dTu , în zilele calme, cu radiație crescută, este foarte mare, prin urmare valorile CWSI nu sunt mari. În al doilea rând, limita inferioară, dTl , este mai scăzută decât cea dată în literatură, iar echidistanța este mai mică. Datorită formulării sale teoretice unice, dTl trebuie să fie stabil în timp ce valorile empirice variază între fazele fenologice.

Temperatura covorului vegetal la grâu de toamnă, observată în anul 2006

În figura 4.3.6 sunt redate temperaturile medii ale aerului și covorului vegetal al culturii de grâu de la apariția frunzei standard (01/06) până la recoltat. T_c a fost măsurată cu ajutorul (a) senzorului tip EM și (b) senzorului tip K, orientați spre nord. La începutul lui iunie, T_c a fost mai redusă decât T_a , datorită intensificării transpirației și evaporației în urma furtunilor. În faza de burduf, observată în perioada 10-18 iunie, T_c a fost în medie cu 2 °C mai mare decât T_a , semnalul fiind mai puternic la senzorul de tip K. În timpul coacerii (maturării), temperatura suprafeței culturii, înregistrată la ora 14 a fost, în medie, cu 2,5-3 °C mai mare decât T_a , semnalele ambilor senzori fiind de intensitate egală. În anul 2004, T_c a depășit 30 °C numai de câteva ori, în perioada de înaintea recoltării.

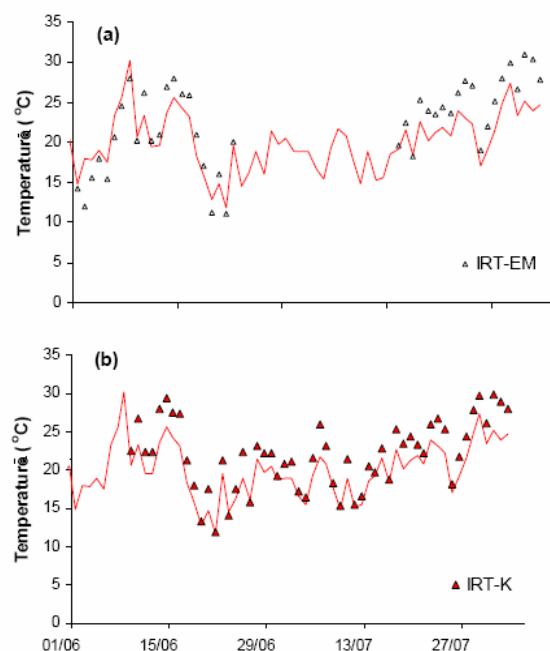


Figura 4.3. Temperatura covorului vegetal Δ si a aerului (—) masurate la 14 ore cu senzori indreptati catre sud folosind doua tipuri de senzori (a) IRT-EM si (b) IRT-K

Tabel 4.3.5

Temperatura medie a aerului (T_a) si a covorului vegetal (T_c) la grâu de toamnă măsurate cu două tipuri de senzori

Media	T_a	T_c	T_c
Perioada:		(tipul K)	(tipul EM)
Faza de burduf	19.5	22.1	20.8
Coacere	22.1	24.6	25.1

Temperatura la suprafața culturii de grâu de toamnă, observată în anul 2007

În anul 2007 am repetat măsurătorile la grâu de toamnă, încercând să descoperim dacă există diferențe între varietăți, (**figura 4.3.7a**), comparativ cu diferențele existente în cadrul unei varietăți (**figura 4.3.7b**). Diferența de temperatură este puțin mai mare după faza de burduf și coincide cu temperaturile de peste 30 °C ale aerului. Cu câteva excepții, dT înregistrată la culturile parțial irigate a fost mai scăzută, însă, din nefericire, sistemul de irigații a încetat să funcționeze, iar valorile dT nu au putut fi folosite pentru a calcula dTu din ecuația 4.3.20.

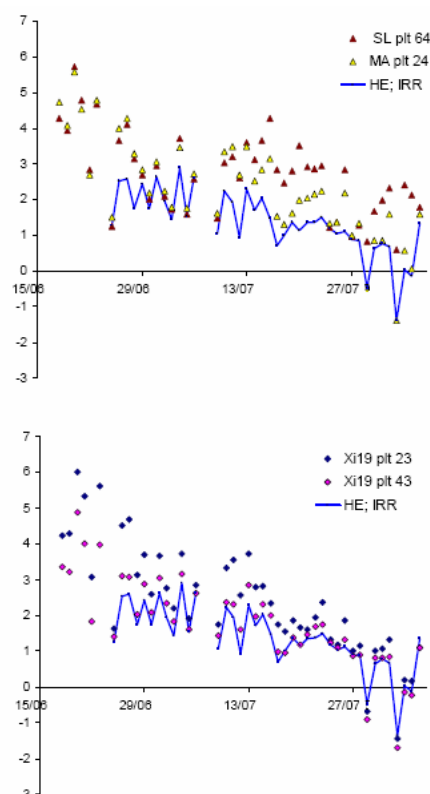


Fig. 4.3.7. Diferența de temperatură aer-vegetație dT la diferiți hibrizi în 2007

Analiza statistică a arătat diferențe semnificative între varietăți, atunci când au fost alăturate toate datele, însă trebuie înlăturate măsurătorile din perioadele cu valori ridicate ale temperaturii și radiației. Măsurătorile efectuate între orele 12 și 14 au arătat un efect puternic pozitiv al temperaturii și radiației și un efect negativ al vântului ($p < 0.001$). Valorile din culturile parțial irigate au fost cu $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$ mai mici decât Xi19. Trebuie excluse datele înregistrate în timpul furtunilor și a perioadelor cu radiație scăzută.

4.3.2 Modelarea creșterii temperaturii covorului vegetal la grâu de toamnă

Modelul empiric a fost implementat ca o soluție de a testa algoritmi prezentați în capitolul 4.3.1. Acesta nu permite repetarea ecuației 4.3.19, care necesită media T_{ca} . Soluția de utilizare a modelului permite o primă aproximare a răspunsului T_c la valorile radiației și temperaturii aerului. Utilizând un singur set de coeficienți empirici (ecuația 4.3.5b), modelul nu evidențiază la fel de bine diferențele temperaturilor măsurate la începutul perioadei de umplere a bobului precum arată variațiile și gradul de creștere a temperaturii la sfârșitul sezonului (Figura 4.3.8).

Diferențele de temperatură modelate ale covorului vegetal din anul 2006 nu se aseamănă cu cele măsurate. Rezultate mai bune s-au înregistrat la senzorul de tip EM (cu posibilitate de măsurare a temperaturii proprii), însă seria de măsurători este incompletă (**Figura 4.3.9**). Utilizând parametrii optimi pentru modelul CWSI în ecuația 5b, a rezultat un RSME de aproape $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Aceste concluzii sunt rezultate în urma primei noastre analize, fiind necesară reevaluarea datelor.

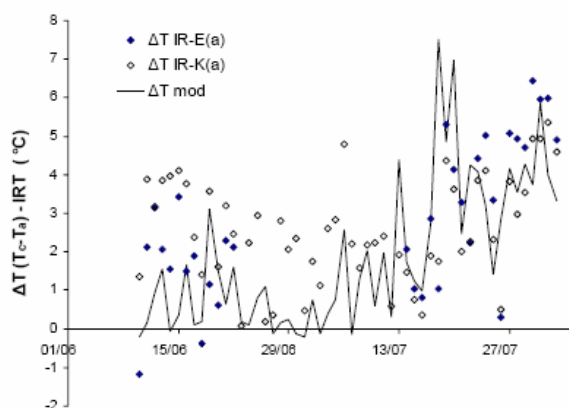


Fig. 4.3.8. Serii de timp ale observațiilor diferențelor de temperatură aer-covor vegetal (ΔT °C) pentru grâul de toamnă în sezonul 2007 si a diferențelor estimate (ΔT_{mod} °C) folosind un singur set de coeficienți empirici.

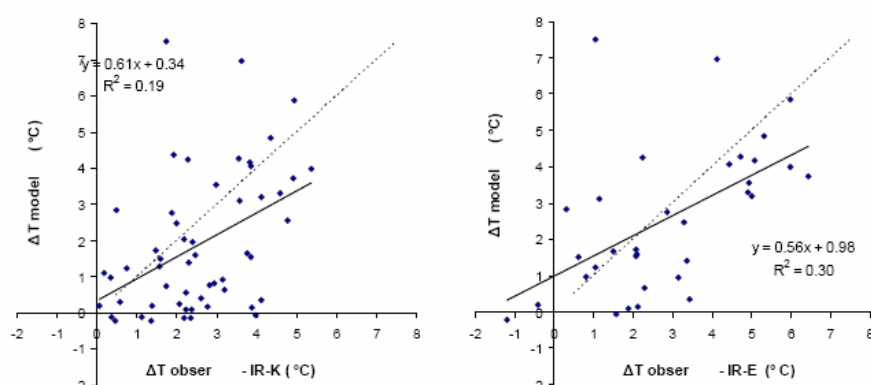


Fig. 4.3.9. Compararea diferențelor de temperatură aer-covor vegetal (ΔT °C) observate si simulate pentru grâul de toamna în sezonul 2007 folosind senzori infraroșu (a) de tip K si (b) de tip E (—) linia de regresie si (- - -) prima bisectoare

Tabel 4.3.6

Indicatori statistici pentru evaluarea modelului de simulare a dT măsurat în două serii de timp diferite prezentate în Fig. 4.3.8. si 4.3.9.

	dT IR-K	dT IR-E
r = Coeficientul de corelație	0.433	0.544
RMSE =	75.1	66.4
MD = Diferența medie (°C)	0.67	0.29
RMSE * Obar/100 (°C)	1.92	1.90
Numărul de valori	54	33

Pentru cultura de grâu din anul 2006, am calibrat mai întâi un singur set de coeficienți (a , b) și am realizat cea mai bună potrivire pentru dT , folosind 1.55, respectiv 0.9. Calibrările au fost repetate utilizând mediile zilnice pentru valorile observate și modelate ale dT și CWSI. Media dT a avut 2°C eroare, iar CWSI a fost supraestimat la începutul sezonului, în timp ce, folosind coeficienți mai mici, dT s-a determinat cu mai mare precizie în prima parte a sezonului, dar CWSI a fost subestimat la sfârșitul sezonului.

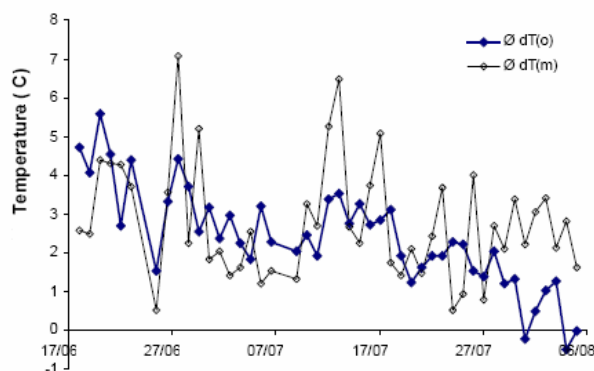


Figura 4.3.10: Serii de timp ale mediilor observațiilor diferențelor de temperatură dintre aer și vegetație [$dT(o)$] și estimarea lor [$dT(m)$] folosind un singur set de coeficienți empirici

Aplicând această metodologie la datele din anul următor, nu au rezultat diferențe sistematice între faza de burduf și coacere, iar modelul estimat este foarte asemănător cu fluctuațiile sezoniere. Coeficienții diferă ușor pentru varietăți și loturi diferite. Dispersia valorilor observate și modelate ale dT din anul 2005 a fost mare (**figura 4.3.12a**). În general, RSME a fost cca 1.5 °C, iar eroarea a fost mică ($MD < 0.5$ °C). Putem spune că, pentru cel de-al doilea an, aplicația modelului simplu a fost mai bună decât în 2006, când eroarea pentru temperatură a fost mult mai mare.

4.3.3 Rezultate pentru modelul CWSI

Este interesant faptul că în anul 2006 cele mai bune rezultate în predicția CWSI au fost realizate cu un set de coeficienți (a , b), diferit față de modelarea dT , utilizând 0.5 și, respectiv 0.75. Folosind diferiți coeficienți pentru perioade diferite ale sezonului de vegetație, CWSI urmează aproximativ cursul 1:1 (**figura 4.3.11**). Acest exemplu arată evoluția mediilor zilnice observate și estimate ale CWSI (11-15 h), bazate pe temperaturile măsurate ale aerului și suprafeței culturii de grâu de toamnă din 2004 (**figura 4.3.11**). CWSI pare să fie negativ înaintea apariției frunzei standard și a spicului și variază mult de la o zi la alta. În medie, CWSI la grâu de toamnă a fost de cca 0.4 în timpul sezonului. Pentru aceste zile CWSI, pe baza datelor obținute cu senzorul tip K a fost mai scăzut în faza de burduf (0.29) decât în fazele de umplere a bobului și coacere (0.45, respectiv 0.54). La senzorul tip EM, valorile CWSI pentru fazele de umplere a bobului și coacere au fost de 0,54 și 0,61.

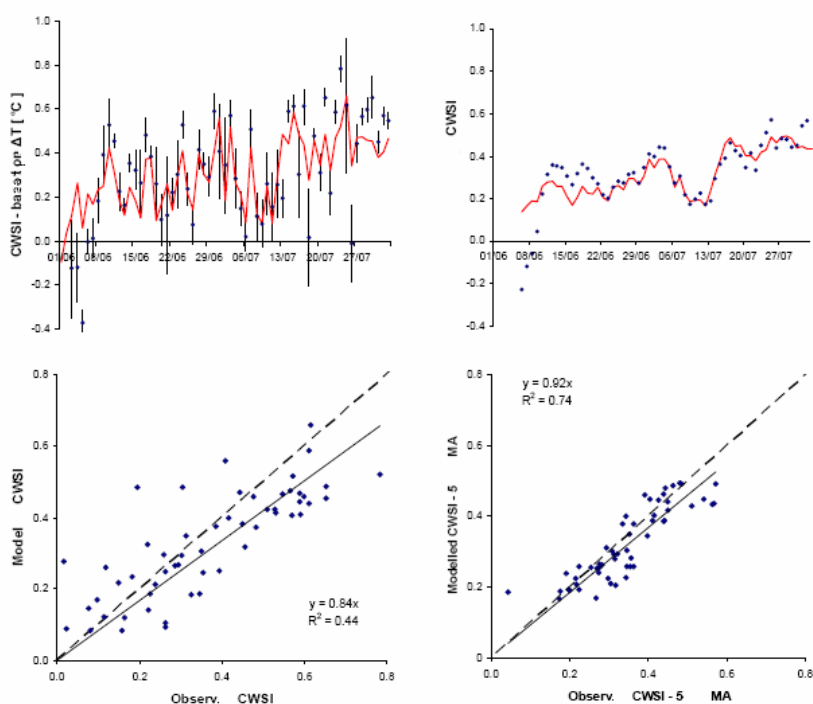


Figura 4.3.11: Comparația dintre CWSI observat ($\diamond$) și modelat (—) bazat pe diferența de temperatură aer – covor vegetal și parametrii balanței energetice; media zilnică în stânga și media mișcată cu 5 zile în dreapta.

Observațiile au variat foarte mult în anul 2006. De asemenea, am propus utilizarea mediei celei de-a 5-a zile, care va introduce un efect de memorie în calcul. Va rezulta o reprezentare mult mai lină a observațiilor (figura 4.3.11; partea de sus) și potrivire mult mai bună a modelului (tabel 4.3.8).

Tabel 4.3.8

	<i>Media (z)</i>	<i>Media (5 z)</i>
r =	0.770	0.845
R²	0.593	0.714
RMSE	35.3	20.1
Diferența medie (eroarea)	0.032	0.019
RMSE * Ø Obs/100	0.127	0.068

Pentru anul 2007 a fost utilizat un singur set de coeficienți (ecuația 4.3.5b) pentru reprezentarea valorilor observate ale CWSI, nefiind necesară calibrarea pentru diferitele părți ale sezonului. Verificările efectuate au arătat o eroare sistematică a modelului, exprimată prin supraestimarea stresului hidric ($CWSI < 0.4$) și subestimarea CWSI (figura 4.3.12b).

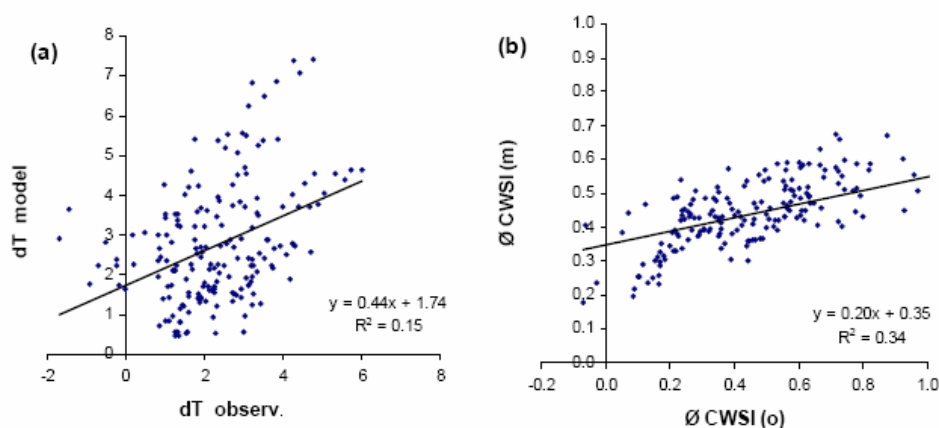


Figura 4.3.12: Comparația între mediile observate și modelate (a) a diferenței de temperatură dintre aer – covorul vegetal și (b) CWSI după calibrarea individuală a parametrilor « a » și « b » (Ec.5b) pentru grâu de toamnă.

4.3.4 Discuții asupra modelării stresului termic și hidric la cereale

Măsurătorile efectuate în primul an au arătat că pot rezulta diferențe de cca 10%, datorate

- unui anumit tip de senzor și caracteristicilor sale generale
- orientării senzorului.

De asemenea, este important să menținem umbrat senzorul care măsoară și temperatura proprie, pentru a evita subestimarea creșterii temperaturii.

Rezultatele noastre au arătat că în condiții umede este importantă monitorizarea continuă în timpul perioadelor înnorate și a furtunilor. Creșterea redusă a temperaturii suprafeței culturii, dT , din timpul prânzului (ora 13) arată că mai multe varietăți rezistente la secetă și arșiță, cu potențial de producție ridicat, precum Xi19, răspund condițiilor de mediu prin rularea frunzei și captarea unei cantități reduse de energie.

Evident, datele experimentale necesită o temperatură de referință pentru a verifica limitele maximă și minimă sau aplicabilitatea metodei bilanțului energiei. În condiții umede se pare că amplitudinea dT este apropiată de zero, în contrast cu zonele aride unde valorile empirice sunt

mai mari decât zero. Limita superioară teoretică, dT_u , este mult mai mare decât cea observată spre sfârșitul fazei de coacere, fapt care poate fi corelat cu capacitatea mare calorică a culturii.

Este limpede că modelul empiric nu poate “memora” apariția furtunilor și aprovizionarea cu apă a plantelor. Aceste momente pot fi imitate prin aplicarea unei medii pentru perioada umedă din anul 2006; pentru sezonul uscat din 2007 nu se impune testarea modelului.

Pentru îmbunătățirea modelului CWSI pentru cereale se poate aplica un model alternativ pentru r_s . În particular, simularea diferenței de temperatură (3) și a CWSI poate fi făcută cu ajutorul modelului propus de Jarvis (1976), în care rezistența suprafeței culturii este modelată utilizând variabile ale culturii, dependente de varietate, sau conținutul de apă din sol, pentru a ține cont de apa din plantă. Pentru o eventuală publicare a datelor prezentate ar fi utilă compararea rezultatelor modelului nostru pentru r_s (ecuația 5) cu cele obținute prin aplicarea modelului lui Jarvis.

4.3.5 Concluzii pentru modelul CWSI termic

- Prin monitorizarea continuă a temperaturii suprafeței culturii putem observa diferențe sistematice ale dT datorate modificărilor climatice (radiație, temperatură, precipitații) sau de management (irigații, selecția varietăților).
- Putem identifica caracteristicile optime ale sistemului și metodele de filtrare potrivite pentru detectarea diferențelor datorate proprietăților varietăților, indiciatori pentru comportamentul fenotipic (rularea frunzei).
- Variația inerentă a metodei necesită cercetări viitoare.
- Modelarea bilanțului energiei a arătat că un singur set de coeficienți empirici ai rezistenței critice nu pot fi suficienți pentru modelarea răspunsului fluxului rezistenței vegetației și calcularea creșterii temperaturii la suprafața culturii și a CWSI.
- Este necesară o mai bună integrare în model a umidității solului (crescută în SMD) și a dinamicii fiziologice (îmbătrânirea frunzelor, încetinirea funcției stomatelor) pentru aflarea dT și CWSI.

5. Integrarea și agregarea algoritmilor pentru calculul bilanțului de energie și de apă în funcție de parametrii Modelului Digital de Teren (MDT) – Activitățile 3.1, 3.2 și 3.3

5.1. Regimul de radiație și temperatură – Activitatea 3.1

Utilizând datele meteorologice existente, se extrapolează câmpurile scalare și fluxurile de energie, utilizând parametri furnizați de MDT. În fiecare sub-bazin hidrografic, variabilele meteorologice dintr-o stație meteorologică de referință sunt modificate (adaptate) pentru fiecare din celulele de grid MDT pe baza caracteristicilor MDT (altitudine, pantă, expoziție). În acest scop sunt utilizate metode geostatistice și programe existente în software-ul dedicat MDT (spre exemplu: TAPES-G utilizat pentru calculul radiației în funcție de caracteristici de teren). Este ales un studiu de caz pentru zona Subcarpaților de curbură, pe care sunt aplicate metodele alese și care este utilizat și în următoarele activități ale proiectului.

5.1.1 Moduri de implementare a variabilei spațiale input în modelele ecologice

Procesul de aplicare a modelelor la o scară mai mare este numit “up-scaling” (generalizare). Acest termen este utilizat de asemenea în aplicarea datelor de câmp rezultate în afara scării la care au fost măsurate. Există controverse în literatură legate de definiția exactă a termenului up-scaling. O definiție este modificarea în dimensiunea suportului sau gridului utilizând diferite metode de agregare (McBratney, 1998). Bierkens *et al.*, 2000 subliniază trei modificări specifice asupra scării (Figura 5.1.1).

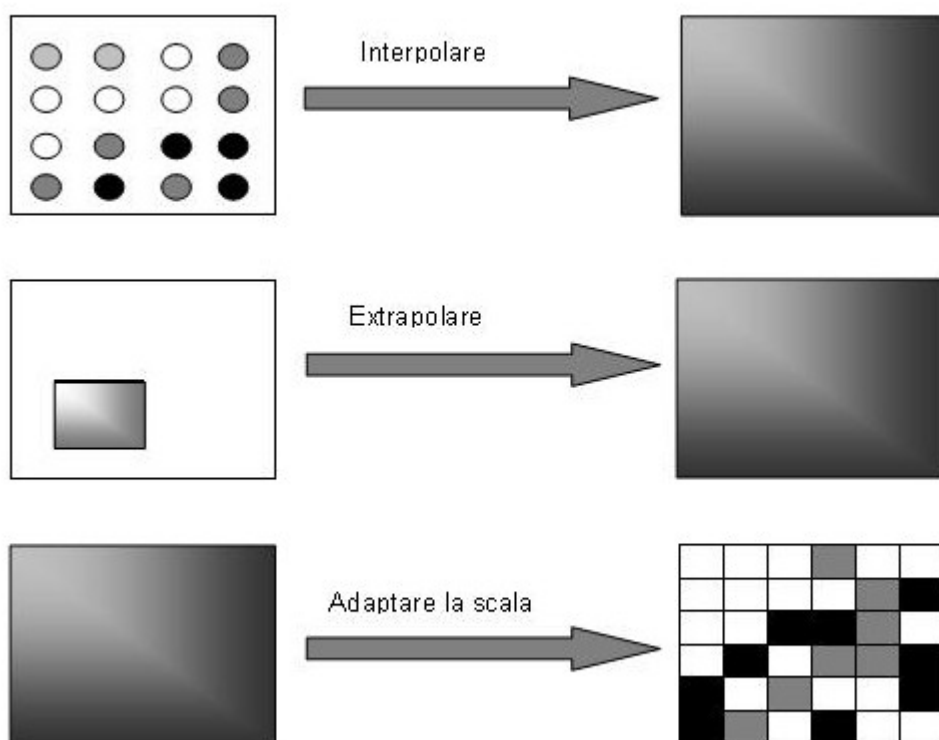


Figura 5.1.1: Reprezentarea schematică a metodelor de modificare de scară: interpolarea, extrapolarea și generalizarea (după Bierkens *et al.*, 2000)

În această discuție, nu va fi utilizat termenul up-scaling datorită ambiguității sale, ci termeni mai specifici: interpolare, extrapolare, agregare spațială și aplicație regională a unui model. În acest studiu, este căutată o metodă prin care rezultatele unui model care rulează pe suprafețe mici poate fi aplicat în mod continuu la nivel regional. Metodele evidențiate sunt toate modurile posibile prin care acest lucru ar putea fi realizat, dar fiecare are cerințe specifice legate de forma modelului și de datele necesare. În continuare, se examinează fiecare din metode și se subliniază potențialul de utilizare în aplicația regională a modelului IAGINT, care este un model de tip ISBA (Interacții între Sol, Biosferă și Atmosferă - Interactions between Soil, Biosphere and Atmosphere).

Prima metodă evidențiată, **interpolarea**, necesită autocorelația între probe (Bierkens *et al.*, 2000). În contextul modelării agricole cu date de sol, există limite ferme în orice set de date de sol la care se așteaptă o modificare în răspunsul modelului. În cazul nostru, modelul se bazează pe date de sol și prin urmare interpolarea nu este o metodă potrivită pentru aplicarea regională a modelului.

Metoda extrapolării necesită ca o suprafață de studiu de caz sau o suprafață mică să fie modelate pentru a avea caracteristici reprezentative ale regiunii în care modelul trebuie extrapolat. Dacă pot fi dezvoltate relații logice între rezultatele modelului, sau datele de câmp, pe o suprafață mică și variabile continue la nivel regional, cum ar fi MDT (Modele Digitale de Teren), nu există motiv teoretic pentru care nu pot fi aplicate pe suprafață mai mare. Această afirmație se bazează pe ideea că procesele care acționează pe suprafață mică sunt aceleași cu cele care acționează într-un context mai larg (Bierkens *et al.*, 2000).

Agregarea intrărilor modelului, în acest caz a dimensiunii gridului MDT, va descrește timpul de rulare al modelului IAGINT când rulează pe o serie de celule. Când se utilizează un MDT, în orice caz, dimensiunea gridului nu poate crește peste un anumit punct. O creștere în dimensiunea gridului peste această valoare va însemna faptul că MDT nu va mai fi reprezentativ pentru structura peisajului (Kienzle, 2004). În studiile de peisaj, se sugerează că maximum absolut pentru dimensiunea gridului, și punctul în care informațiile sunt pierdute este lungimea tipică a pantei colinei (Brassington & Richards, 1998). Când intrările modelului sunt agregate va fi luat în considerare procentul de teren dintr-o suprafață de referință cu un anumit atribut și frecvența distribuțiilor de variabile, pentru a ne asigura că nu se modifică semnificativ cu creșterea dimensiunii gridului (De Vries *et al.*, 1998; Kienzle, 2004).

În cazul unui model aplicat la nivel regional va fi necesar nu doar să agregăm intrările modelului și să dezvoltăm relații pentru a extrapola rezultatele modelului, dar și să **simplificăm** modelul (Bierkens *et al.*, 2000). Lark & Stafford (1998) sugerează că orice model regionalizat sau schemă de clasificare trebuie să mențină capacitatea de a prognoza variabile corect într-un punct de referință. În legătură cu modelarea, acest enunț trebuie să fie luat în considerație cu atenționarea că cel mai complex model proiectat pentru rularea la scară mică este adesea mai puternic calibrat și validat. Trebuie să fie utilizat cu grijă atunci când forma modelului este modificată deoarece procesele reprezentate în cele două versiuni pot să nu fie aceleași. În acest caz, predicțiile celor două modele pot varia într-un punct de referință dat. Această variație poate fi utilizată în interpretare prin aceea că poate evidenția locul în care modelarea diferitelor procese prezice mai precis starea în orice punct dat.

O metodă propusă pentru adaptarea rezultatelor variantei simplificate este a utiliza o regresie, **sau meta-model** ca cel utilizat în proiectul MARS (Taylor *et al.*, 1997). Această metodă va utiliza cele mai specific calibrate rezultate ale variantei complexe (cu fundament fizic) combinată cu aplicarea regională a modelului simplificat. Această variantă este aplicabilă doar dacă există o relație semnificativă între cele două ieșiri ale modelului în zone care reprezintă terenul la nivel regional.

O considerație majoră în regionalizarea oricărui model este accesibilitatea datelor la orice scară. În cazul studiului efectuat în cadrul proiectului, accesibilitatea datelor Modelului Digital de Teren (MDT) nu sunt o problemă. Există un strat național la o dimensiune a gridului de 10 m

sau mai mică, iar datele de sol pentru întreaga țară sunt disponibile în baza de date a coordonatorului, la nivel național la scara 1:200 000 sau 1:1 000 000.

Modelul agricol IAGINT se bazează de asemenea pe datele meteorologice, care sunt accesibile doar pentru stații meteorologice regionale cu un pas de timp zilnic. Dacă modelul IAGINT trebuie aplicat la nivel regional trebuie să fie într-o formă în care poate utiliza seturile de date, atât meteorologice cât și pedologice, accesibile la această scară (King *et al.*, 1998). Stein *et al.* (2001) de asemenea observă că atunci când rezultatele unui model regionalizat sunt interpretate, scara la care sunt reprezentate trebuie să fie luată în considerație.

5.1.2 Variabile cheie pentru creșterea plantei

Recolta în terenuri ondulate și colinare sunt funcție de proprietățile solului, inclusiv textura și caracteristici de drenaj care controlează apa accesibilă din sol (Imrak *et al.*, 2001; Pachepsky *et al.*, 2001). Aceste proprietăți sunt legate de teren datorită dezvoltării solurilor și mișcării solului pe pante. Diferite fracții granulometrice sunt mișcate la diferite rate care conduc la dezvoltarea unei catene de sol, cu modificarea proprietăților solului pe pantă. Aceasta înseamnă că recolta ar trebui să fie semnificativ corelată cu variabile de teren (Zeleeke & Si., 2004; Pachepsky *et al.*, 2001). Iqbal *et al.* (2005) au arătat că până la 80% din variabilitatea recoltei la scara câmpului este explicată de combinația între proprietățile de sol și teren.

Importanța distribuției spațiale a recoltei și relația sa cu caracteristicile de sol și teren nu este stabilă în timp. Se observă că, în zona depresională și la baza pantelor colinare, excesul de apă poate cauza recolte foarte scăzute în anii umezi (Kaspar *et al.*, 2004; Kravchenko & Bullock, 2002; Pachepsky *et al.*, 2001) și totuși acestea pot fi cele mai productive în anii uscați, și viceversa pentru o zonă convexă (Jaynes *et al.*, 2003)

Variabilitatea recoltei în câmp pare a fi mai ridicată în anii cu stres crescut de apă (Kravchenko *et al.*, 2005) și se sugerează că efectul topografic asupra recoltei este maxim în condiții meteorologice și topografice extreme (Kravchenko & Bullock, 2002).

5.1.3 Definiția și derivarea indicatorilor utili

5.1.3.1 Indici de umiditate fundamentați pe teren

Câțiva indici de umiditate fundamentați pe proprietățile terenului au fost dezvoltați în încercarea de a evidenția distribuția umidității solului, pe baza reprezentărilor simplificate ale proceselor fizice care apar în teren, inclusiv factorii cheie care o controlează (Barling *et al.*, 1994). Înțelegerea faptului că terenul este semnificativ în explicarea variației în umiditatea solului este fundamentul pentru dezvoltarea indicilor topografici (Moore *et al.*, 1991).

Au fost dezvoltați doi indici similari. Primul se bazează pur și simplu pe premiza că terenul este variabila cheie de control pentru redistribuția laterală a apei din peisaj (Beven & Kirkby, 1979).

Ecuatia 5.1.1 se bazează pe a reprezentarea grid a peisajului (Beven & Kirkby, 1979):

$$\omega = \ln \left(\frac{a}{\tan \beta} \right) \quad (5.1.1)$$

Unde:

ω – Indice de umiditate topografic

a – suprafața ascendentă drenând spre un punct

β – Panta suprafeței

Principalele ipoteze sunt:

gradientul hidraulic al fluxului de apă din stratul de subsuprafață este paralel cu suprafața terenului

un strat de subsuprafață uniform care se scurge per unit area drenând spre un punct dat (Beven, 1997)

Acest indice este implementat în analizele de teren pentru științele de mediu (de tip grid) (TAPESG) ca Indice de umiditate al stării staționare (SSWI) (Wilson & Gallant, 2000)

Al doilea set de indici, pe baza unor ipoteze similare, este dezvoltat de O'Loughlin *et al.* (1981) (ecuația 5.1.2) și include unii parametri, care definesc caracteristicile hidraulice ale solului. Ecuația se bazează pe un grid neregulat derivat din contururi (O'Loughlin *et al.*, 1981)

$$W_i(x, y) = \frac{1}{MbT} \int qdA \quad (5.1.2)$$

Unde:

W – Indice de umiditate al stării staționare

M – Pantă

b – Lungimea conturului elementului

T – Transmisivitatea locală

q – fluxul de drenaj net din stratul de subsuprafață

A – Suprafața ascendentă a bazinului hidrografic

Cea mai importantă ipoteză este similară cu cea din SSWI:

că pânza freatică este paralelă cu suprafața pământului (O'Loughlin *et al.*, 1994)

Ambii indici se bazează pe ipoteza stării staționare. Aceasta este realizată în practică rar datorită ratelor de reîncărcare dintr-un bazin hidrografic care nu sunt spațial uniforme (Beven, 1997). În orice caz, Wilson & Gallant (1998) sugerează că ipoteza stării staționare poate fi luată în considerare în condiții aride sau semi-aride.

Ulterior, au fost dezvoltați acești indici și au fost propuse versiuni aplicabile unei stări nestăționare. Barling *et al.* (1994) au propus un indice cvasi-dinamic de umiditate pe baza indicelui de umiditate al stării staționare a lui Beven *et al.* (1979), iar Nandakurma *et al.* (1994) au propus un indice tranzient de umiditate pe baza activității lui O'Loughlin (1981, 1986), ambii indici utilizând conceptul de suprafață ascendentă efectivă, suprafața drenată într-o perioadă dată de timp (ecuațiile 5.1.3a și 5.1.3b). Pe măsură ce crește pasul de timp, acești indici vor tinde spre a prognoza SSWI.

$$t_{EF} = \int_F^F \frac{\eta}{K_s \tan \beta} ds \quad (5.1.3a)$$

$$A_c = \frac{A_l}{b} \quad (5.1.3b)$$

unde:

t_{EF} – Timpul necesar pentru ca apa să se deplaseze din E în F de-a lungul unei linii de flux

K_s – Conductivitatea hidraulică saturată

η – Porozitatea efectivă

β – Panta limitei impermeabile (presupusă a fi panta suprafeței solului)

s – Distanța orizontală între E și F $\frac{3}{4}$

A_e – Suprafața specifică a pantei

Ai – Suprafața efectivă (Determinată urmărind fiecare linie a pantei pentru drenaj și perioada acumulată de drenaj până când atinge un anumit timp)

B – lățimea fluxului

Indicele cvasi-dinamic de umiditate (DYWI) propus de Barling et al. (1994) este implementat în modulele TAPES-G DYNWETG (Wilson și Gallant, 2000).

5.1.3.2 Indici de radiație fundamentați pe teren

Se pot defini indici care reprezintă distribuția de temperatură și radiație în teren. În afară de câteva pachete care calculează indici de umiditate, suita de programe TAPES-G calculează, de asemenea, radiația și temperatura pentru suprafețe în pantă. Acestea pot fi utilizate în varianta modelării pentru a distribui radiația globală și temperatură măsurate la stația meteorologică de bază. În continuare, se subliniază principiile din spatele indicelui de temperatură și radiația de undă scurtă pe o suprafață în pantă calculate de modulul SRAD din TAPES-G.

Varianta utilizată pentru a calcula radiația de undă scurtă incidentă pe o suprafață în pantă este evidențiată în Wilson și Gallant, 2000. Atât radiația solară în flux direct, cât și cea în flux difuz, sunt calculate din iradianța solară extra-terestră incidentă în afara atmosferei pământului (ecuația 5.1.4). Acestea sunt adaptate pentru transmitanța atmosferei utilizând fie o variantă echivalentă a transmisiei (ecuațiile 5.1.5a și 5.1.5b), fie calcule care țin cont în mod separat de împrăștierea și absorbția de către vaporii de apă și alte molecule din atmosfera pământului.

$$R_{dirh} = (0.271 - 0.294\tau^m)R_{oh} \quad (5.1.4)$$

$$R_{oh} = \frac{1}{r^2} \cos \Phi \cos \delta + \cos \Phi \sin \delta \cosh \quad (5.1.5a)$$

$$R_{dirh} = R_{oh} (\tau_{SL} + (t_{lapse} \cdot elev))^m \quad (5.1.5b)$$

unde:

R_{oh} – Cantitatea de lumină solară incidentă pe un punct chiar în afara atmosferei pământului

r – Procentul din distanța pământ-soare față de media sa

Φ – Latitudinea observatorului

δ – Declinația soarelui

h – Unghiul orar al soarelui față de amiaza solară

R_{dirh} – Iradianța de undă scurtă în flux direct incident pe o suprafață plană sub cer clar

R_{difh} – Iradianța de undă scurtă în flux difuz incident pe o suprafață plană

T_{SL} – Procentul din radiația incidentă în partea superioară a atmosferei față de cea incidentă pe suprafața pământului (Coeficient de transmisie la nivelul mării)

m – Procentul din lungimea căii în direcția soarelui la unghiul de zenit față de lungimea în direcția verticală

t_{lapse} – Rata de scădere a transmisivității

Datele accesibile pentru acest proiect conduc la selectarea variantei echivalente de transmisie. Există două părți din radiația difuză, una care vine într-un fascicul de 5° din fluxul direct și prin urmare variază cu mișcarea soarelui pe cer și a doua care vine egal din toate părțile cerului. Pentru a prognoza cât mai precis radiația pe o suprafață în pantă, partea care vine din cele 5° din fluxul direct trebuie adăugată înapoi la fluxul direct din radiația solară și scăzută din radiația difuză izotropă. Acest lucru este realizat utilizând fracțiunea circumsolară care specifică procentul din radiația difuză care vine din fasciculul de cinci grade ale fluxului direct și este un parametru de intrare (input)

Iradianța totală de undă scurtă incidentă pe o suprafață în pantă este suma radiațiilor difuze, directe și reflectate adaptate la efectul pantei. Radiația solară directă este ajustată la pantă pe baza unghiului între flux și normala la pantă (ecuația 5.6) și la efectul umbririi pe baza obstrucției fluxului direct de către terenul înconjurător.

$$R_{\text{dirs}} = R_{\text{dirh}} \cos i \quad (5.1.6)$$

R_{dirs} – Iradianța directă pe o suprafață în pantă fără umbrire

i – Funcție de δ , β , Φ , ψ și h

Acest efect de umbrire este calculat utilizând fracțiunea de cer vizibil. Radiația difuză și reflectată sunt de asemenea ajustate pe baza fracțiunii de cer vizibil. Aceasta este partea vizibilă a cerului (ecuația 5.7) și este calculată pe baza unghiurilor cu orizontul din profilele din teren. Acestea sunt mediate, pentru 16 unghiuri discrete, în jurul unei celule date.

Radiația reflectată (ecuația 5.8) pe un teren în pantă este primită din site-uri de lângă o celulă dată și este o funcție, nu doar de partea vizibilă a cerului dar de asemenea de albedo, sau proprietățile reflective ale suprafeței.

$$v = \frac{1}{n} \sum_{\Phi=1}^n \cos H_{\Phi} \quad (5.1.7)$$

$$R_{\text{ref}} = (R_{\text{dirh}} + R_{\text{difh}}) \cdot (1 - v) \cdot \alpha \quad (5.1.8)$$

v - Părțile vizibile ale cerului

H_{Φ} – Unghiul cu orizontul

n – Cosinusul unghiului

Φ - Direcții la care unghiul cu orizontul este calculat

α - Frațiunea din lumina solară reflectată de suprafață (Albedo)

R_{ref} – Radiația reflectată de alte suprafețe

Toate aceste fluxuri definite presupun un cer clar. SRAD le adaptează apoi pe baza mediilor lunare pe termen lung pentru datele de transmisie a nebulozității și fracțiunea de strălucire a soarelui pentru suprafața modelată (ecuația 5.9). Pe site-urile în pantă, transmitanța nebulozității este de asemenea adaptată pentru fracțiunea de cer vizibil și reflecțiile multiple care apar între suprafața terenului și nori (ecuația 5.10).

$$R_{\text{th}} = R_{\text{dirh}} + R_{\text{difh}} \left[\frac{n}{N} + \left(1 - \frac{n}{N} \right) \beta \right] \quad (5.1.9)$$

$$\beta_s = \beta v \left(\frac{R_{\text{tsns}}}{R_{\text{tss}}} \right) \quad (5.1.10)$$

R_{th} – radiația solară incidentă zilnică pe site-urile orizontale

n/N – Raportul dintre durata de strălucire a soarelui observată față de cea maximă posibilă pentru acel loc și timp (Frațiunea de strălucire a soarelui)

β - Frațiunea de radiație de cer clar primită când cerul este acoperit (Transmitanța norului)

β_s - Transmitanța norului adaptată pentru reflecțiile multiple între suprafața pământului și nori

R_{tsns} – radiația de undă scurtă zilnică totală fără umbrire

R_{ts} – radiația de undă scurtă zilnică totală pe site-urile în pantă

Aceste fluxuri de radiație de undă scurtă sunt calculate instantaneu la intervale de 12 minute, simetric în jurul amiezei și apoi însumate pe o zi. Fișierul de ieșire grid este apoi mediat pe toate zilele în perioada de timp specificată în care SRAD rulează. **Detalii ulterioare asupra calculelor și parametrilor pot fi găsite în Anexa 5.1.**

5.1.3.3 Indici de temperatură dependenți de teren

Temperatura în teren este modelată în SRAD utilizând medii pe termen lung ale temperaturilor maxime și minime la suprafața solului și aerului și ratele de scădere (ecuația 5.1.11). Temperatura este funcție de Elevație, Indicele de Suprafață Foliară (LAI) și procentul de radiație primit într-un punct dat din peisaj față de cel pe o suprafață orizontală (ecuația 5.1.12).

$$T = T_b - \frac{T_{lapse} \cdot (z - z_b)}{1000} + C \cdot \left(S - \frac{1}{S} \right) \cdot \left(1 - \frac{LAI}{LAI_{max}} \right) \quad (5.1.11)$$

$$S = \frac{R_{ts}}{R_{th}} \quad (5.1.12)$$

T – Temperatura într-un punct grid

T_{lapse} – Rata lunară de scădere a temperaturii

T_h – Temperatura în stația de referință

z – Elevația celulei grid

z_b – Elevația stației de referință

LAI – Indicele de suprafață foliară în celula grid

C – constantă

S – procentul de radiație de undă scurtă în fiecare punct

R_{ts} – Iradianța totală zilnică de undă scurtă pe site-urile în pantă

R_{th} – Iradianța totală zilnică de undă scurtă pe site-urile orizontale

Ecuațiile și definițiile simbolurilor utilizate sunt elaborate de Wilson & Gallant (2000).

5.1.4 Utilizarea indicatorilor fundamentați pe teren pentru modelarea hidrologică și agricolă

Există discuții în literatură legate de ipoteza că terenul poate fi utilizat ca predictor singular pentru umiditatea solului la suprafață. Se sugerează că simpla utilizare în literatură nu dovedește total relația simplă între umiditatea din sol și indicii de umiditate (Western *et al.*, 2004). Acești indici au fost aplicați în încercarea de a prognoza variațiile în umiditatea solului, în unele cazuri, cu grade limitate de success. Beven (1997) pledează împotriva utilizării unor astfel de indici și a modelelor elaborate pe baza lor atunci când ipotezele nu sunt satisfăcute. Barling *et al.* (1994) sugerează că indicii s-au comportat bine în aplicațiile pentru care au fost dezvoltați, de exemplu în modele hidrologice cum ar fi TOPMODEL (Beven & Kirkby, 1979). Beven (1997) pe de altă parte argumentează că o fitare bună pentru un model hidrologic cu date despre flux nu înseamnă neapărat că modelul reprezintă procesele bine sau este potrivit de a fi utilizat pe o suprafață dată. Orice indice dat de umiditate poate servi scopului său pentru o ieșire generală a modelului, dar nu poate reprezenta natura distribuită a condițiilor de umiditate a solului din bazinul hidrografic.

Burt & Butcher (1985) trag concluzia că o combinație între un indice topografic și suprafața de-a lungul pantei, panta și curbura planului prognozează distribuția de umiditate a solului mai bine decât fiecare în parte. Se observă de asemenea că rezultatele pe setul de date din Tarrawarra (un bazin hidrografic intensiv studiat din Australia) arată că indicii de radiație solară domină

explicația variației în condiții uscate, și că o combinație între indicele de umiditate al stării staționare și radiația solară prezice o variație în condiții mai umede (Western *et al.*, 1999).

Wilson *et al.* (2005) sugerează că algoritmi utilizați pentru prognoza umidității solului ar trebui să fie adaptați în funcție de umiditatea solului medie din profile. În acest studiu este de asemenea sugerat că modelele reziduale provin din proprietățile solului și caracteristicile de vegetație, dar nu există suficiente date de sol la o scară suficient de fină pentru a fi capabili să cuantifice aceste efecte sau traseze concluzii datorită limitării lor. Ulterior acestei discuții se sugerează că proprietățile solului sunt un factor major în distribuția de umiditate a solului, iar creșterea detaliilor pentru datele de sol conduce la îmbunătățirea estimărilor umidității solului (Lin *et al.*, 2006).

Toate aceste studii subliniază că este importantă asigurarea că dimensiunea gridului utilizat pentru model este mai puțin semnificativă decât lungimea minimă a pantei, astfel încât procesele pot fi complet reprezentate (Brasington & Richards, 1998). Dacă dimensiunea gridului este egală cu lungimea maximă a pantei, atunci informațiile despre curbura pantei, despre fluxul convergent și divergent vor fi pierdute. În lumina acestor descoperiri și a faptului că acumularea spațială de apă din teren este o cheie de control asupra dezvoltării culturii (Kaspar *et al.*, 2004; Kravchenko & Bullock, 2002; Patchesky *et al.*, 2001; Jaynes *et al.*, 2003), se sugerează că indicii de umiditate pot fi utilizați pentru a identifica zonele din teren care va primi mai multă sau mai puțină apă decât un punct de referință. Așa cum se va vedea, există câteva limitări ale acestei variante. Se așteaptă de asemenea ca varianta să funcționeze cu diverse grade de succes în diferite părți ale terenului, în funcție de geologia, terenul și solurile din zonă. În orice caz varianta reprezintă traseul fluxului în teren, un factor care nu este inclus în modelul IAGINT, bazat fizic pe ISBA. Se sugerează că un indice de umiditate poate fi utilizat pentru a distribui precipitații în teren deoarece alte influențe, cum ar fi solul și vegetația, sunt reprezentate în dinamica modelului.

5.1.5 Similaritatea terenului și utilizarea sa în compararea predicțiilor modelelor deterministice și de indici

În contextul acestui studiu, versiunea deterministă a modelului poate rula doar pe mici zone din teren, care trebuie să fie reprezentative pentru caracteristicile unui teren mai larg. Acest lucru va permite comparații între modelele deterministe și cele bazate pe indici și utilizarea unei variante de regresie pentru a adapta rezultatele modelului de indice pe baza celor ale modelului deterministic. Este necesară o variantă prin care zonele din teren pot fi clasificate pe baza similarității lor sau diferențelor față de zona vecină. Zonele, care sunt apoi identificate ca fiind diferite, pot fi selectate pentru utilizarea concurentă a celor două variante de modelare. În continuare se subliniază unele din variantele utilizate pentru a defini zonele de teren pe baza caracteristicilor specifice pre-definite sau a atributelor numerice, care despart în grupuri distincte o trăsătură spațială.

Clasificările ierarhice originale ale elementelor de forme de teren s-au bazat pe caracteristici geomorfologice și dezvoltarea peisajului. Baza acestor clasificări inițiale a fost terenul, geologia, solurile și vegetația (Howard & Mitchel, 1980). Poate fi importantă, de asemenea, caracterizarea peisajului pentru anumite scopuri pe baza unui set de caracteristici fizice distincte (Shreier & Lavkulich, 1978; Thwaites & Slater, 2000). Acești descriptori nu pot corespunde direct unităților geomorfologice, și deci sunt importante schemele de clasificare numerice (Shreier & Lavkulich, 1978).

Metodele care au fost dezvoltate pentru a ține cont de aceste clasificări de peisaj au fost inițial foto interpretarea și clasificarea manuală, care au fost orientate spre variante mai numerice care combină diferite seturi de date (Shreier & Lavkulich, 1978). Multe studii asupra clasificării terenului sunt centrate pe utilizarea tehnicilor de tip cluster, și mai recent utilizarea clustering fuzzy. Acesta este procesul prin care ieșirile din clasificare nu sunt ferm clasificate într-o anumită clasă, dar unde fiecare pixel este clasificat în termenii diferitelor grade de apartenență de fiecare din clasele definite (Lagacherie *et al.*, 1997; MacMillan *et al.*, 2000; Burrough *et al.*,

2000; Irvin et al., 1997; De-Bruin & Stein, 1998; Lui & Samal, 2002; Thwaites & Slater, 2000). Metoda de clustering divide pur și simplu peisajul în regiuni similare și, deși acest lucru ar putea fi utilizat în proiect, nu spune cât este de reprezentativ un subset al regiunii din diferite locații.

În contextul acestui studiu, trebuie să fie definite elementele de peisaj care sunt diferite de altele, dar care împreună reprezintă caracteristicile geomorfologice ale regiunii care este modelată. Este important de evaluat vizual orice clasificare sau rezultatele unui proces prin care sunt definite suprafețe similare sau diferite. Această evaluare trebuie să țină cont de cunoștințele despre caracteristicile geomorfologice cum ar fi bazinele hidrografice majore sau modificări în geologia superficială sau soluri. Aceste zone pot să nu fie evidențiate într-o clasificare numerică pură.

Există două piese de software, care ambele utilizează principiul de definire a zonelor similare peisajului pe baza similarității histogramelor cu proprietățile terenului într-o suprafață dată cu cele într-o fereastră care se mișcă în peisaj. Cele două pachete de programe, CAS (Computer Aided Sampling) (Behrens, 2003) și CLAPAS (CLassement de Paysages et Segmentation) (Robbez-Msson, 1994) au fost comparate ca parte a unei teze (Skinder, 2005) pentru suprafața utilizată în acest studiu. Concluzia a fost că au rezultate similare, dar CAS a fost mai simplu de utilizat. CAS este utilizat în acest caz pentru a selecta sub-bazine hidrografice reprezentative mici care împreună reprezintă caracteristicile topografice ale zonei. Două principale comparații de similaritate sunt utilizate în CAS. Prima este o versiune modificată a testului χ^2 (ecuația 5.1.13), care compară frecvențele relative ale variabilei în harta de bază față de cele ale zonei de referință. Al doilea este un indice de distribuție nou cumulativ pe baza distribuțiilor de frecvență cumulate (Behrens *et al.*, sub tipar).

$$\chi_m^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(rO_i - rP_i)^2}{rP_i} \quad (5.1.13)$$

$\chi^2 - \chi^2$ modificat pe baza procentelelor și ajustat pentru cazul în care nu sunt date

rO_i – Frecvență relativă în harta de referință

rP_i – Frecvență relativă în fereastra din harta de bază

Rezultatele indicelui de distribuție de frecvență cumulativ sunt aplicate pe fiecare celulă din teren. Valoarea dată pentru fiecare celulă este baza comparației între histograma de valori în fereastra din jurul său, de dimensiune definită de utilizator, și histograma de valori din zona de referință. Valorile sunt între zero și unu, 1 pentru cele mai asemănătoare cu suprafața de referință și 0 pentru cele mai puțin asemănătoare.

5.1.6 Varianta cu aplicație regională a modelului

În modelul IAGINT, varianta care s-a utilizat cere să se aplice modelul determinist complex la nivel regional, în timp ce se mențin controale cheie asupra creșterii plantei în teren. Modelul utilizează varianta complexă cu fundament fizic pentru a distribui controalele majore pe ET (evapotranspirație), Radiația Globală, Viteza vântului, Direcția vântului și Temperatură ca o funcție de teren. Modelul IAGINT nu poate rula în forma în care este la nivel regional datorită timpului necesar pentru a rula pentru un număr mare de celule grid. Dacă dimensiunea gridului a crescut pentru a reduce numărul de celule, va fi afectată reprezentarea peisajului, inclusiv mici zone care au caracteristici topografice semnificative.

Pentru a aplica modelul IAGINT la nivel regional, varianta aleasă este de a presupune că acele controale cheie asupra creșterii plantei (dezvoltării culturii) care vor varia în teren sunt: accesibilitatea apei, radiația globală și temperatura. Anterior au fost evidențiate metode pentru aplicarea unui model la nivel regional și cheile de control asupra creșterii plantei. Metoda selectată pentru IAGINT este de modifica forma părții micrometeorologice a modelului pentru o

variantă bazată pe un indice. În mod curent, această parte a modelului IAGINT utilizează ecuații deterministe complexe pentru a distribui parametrii meteorologici în peisaj în funcție de teren. Se propune o metodă care ține cont de fluxul și acumularea de apă în teren și de variabilitatea în radiația solară și temperatură, dar care presupune că viteza vântului, direcția vântului și umiditatea sunt constante ca funcție de teren.

Apoi poate fi utilizată o variantă bazată pe un indice, în care partea micro-meteorologică a modelului este înlocuită cu o adaptare simplă la scară a variabilelor meteorologice: precipitații, radiația globală și temperatura pe baza SSWI, SWRSS și, respectiv, temperatura medie calculată utilizând TAPES-G. Un proces de scalare va divide fiecare din ieșirile din TAPES-G cu valoarea în punctul unde sunt măsurate variabilele meteorologice. Acest lucru asigură valoarea indicelui în acest punct de referință ca fiind unu. Acești parametri meteorologici adaptați pot fi apoi introduși direct în modelul de creșterea plantei. Pentru ca modelul să utilizeze datele de la stația meteorologică de la nivel regional, care înregistrează variabile meteorologice zilnice este necesară varianta în cascadă pentru a distribui apă pe profilul de sol, deoarece varianta ISBA are nevoie de datele meteorologice de intrare orare (Figura 5.1.2).

De asemenea se propune să se combine atât varianta deterministă, cât și cea bazată pe indice, utilizând o variantă de regresie ca în Taylor *et al.* (1997). Acest lucru va fi realizat utilizând CAS pentru a selecta zonele reprezentative, în care ecuațiile de regresie pot fi apoi dezvoltate și aplicate la rezultatele bazate pe indicele regional.

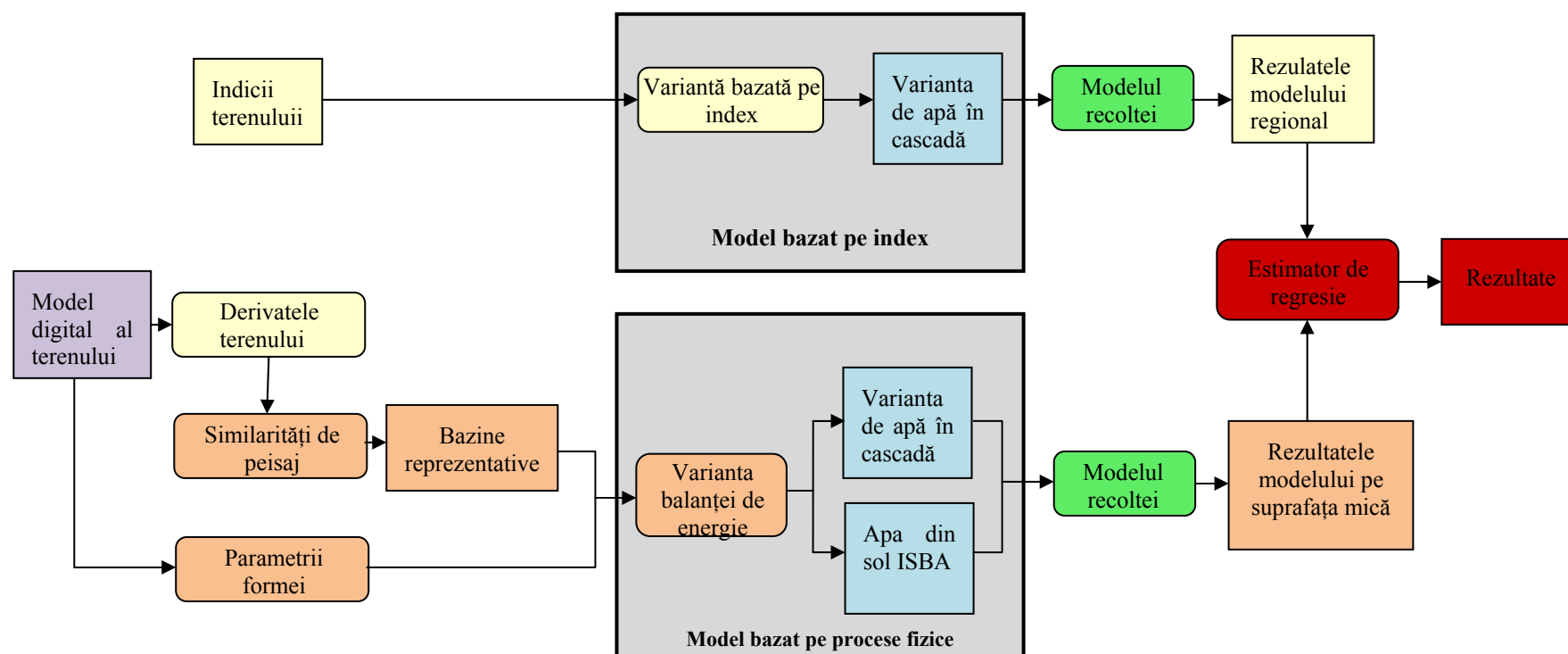


Figura 5.1.2 Cadrul pentru metoda propusă pentru obținerea estimărilor regionale în IAGINT.

5.1.7 Aplicație pe SubCarpații de Curbură

Ca studiu de caz în vederea definirii indicatorilor agro-ecologici derivați din MDT a fost considerată unitatea Subcarpaților de la Curbură, unitate colinară extrem de complexă mai ales din punct de vedere geologic, dar și a utilizării terenului, solurilor etc.

Subcarpații de la Curbură se caracterizează prin asocierea mai multor fragmente de ulucuri depresionare (fie de contact între dealurile subcarpatice și munte, fie transversale, formate în jurul luncilor și teraselor principalelor râuri care traversează unitatea geografică) și șiruri de dealuri intercalate, dispuse paralel. În general, cele interne, de lângă munte, sunt mai vechi (miocene, paleogene și chiar cretacice), iar cele externe, mio-pliocene. O altă particularitate este o accentuată fragmentare transversală, urmare directă a mișcărilor de subsidență din câmpie și a înălțărilor din Carpați. La creșterea gradului de complexitate morfologică a acestei zone, un rol important îl are diapirismul precum și pătrunderea flișului carpatic în molasa neogenă. Diferențierile morfologice mari permit individualizarea a trei subunități: Subcarpații Prahovei, Buzăului și Vrancei.

Prezența barajului orografic al Carpaților creează un adăpost topoclimatic în timpul circulației predominante a maselor de aer maritim din vest și continentale din est, ceea ce face ca Subcarpații de la Curbură să prezinte un climat mai blând, determinat și de consecințele corelate ale expoziției sudice a versanților. Un rol important îl are foehnul, care se manifestă pe versanții adăpostiți față de circulația aerului de vest. Acest fenomen este datorat curburii Carpaților, masele de aer vestic umede producând precipitații pe versantul vestic și generând efecte de foehn, pe cel estic, adăpostit.

Masele de aer oceanice de pe direcție vestică și nord-vestică, încărcate cu o mare cantitate de vapori de apă, întâlnind bariera carpatică provoacă, prin ascensiune și răcire adiabatică, căderea de precipitații începând de la baza versanților până la o anumită altitudine după care, săracite în vapori de apă, își continuă ascensiunea fără a mai produce precipitații. La coborâre pe pantele estice ale Carpaților masele de aer se încălzesc rezultând astfel fenomenul de foehn.

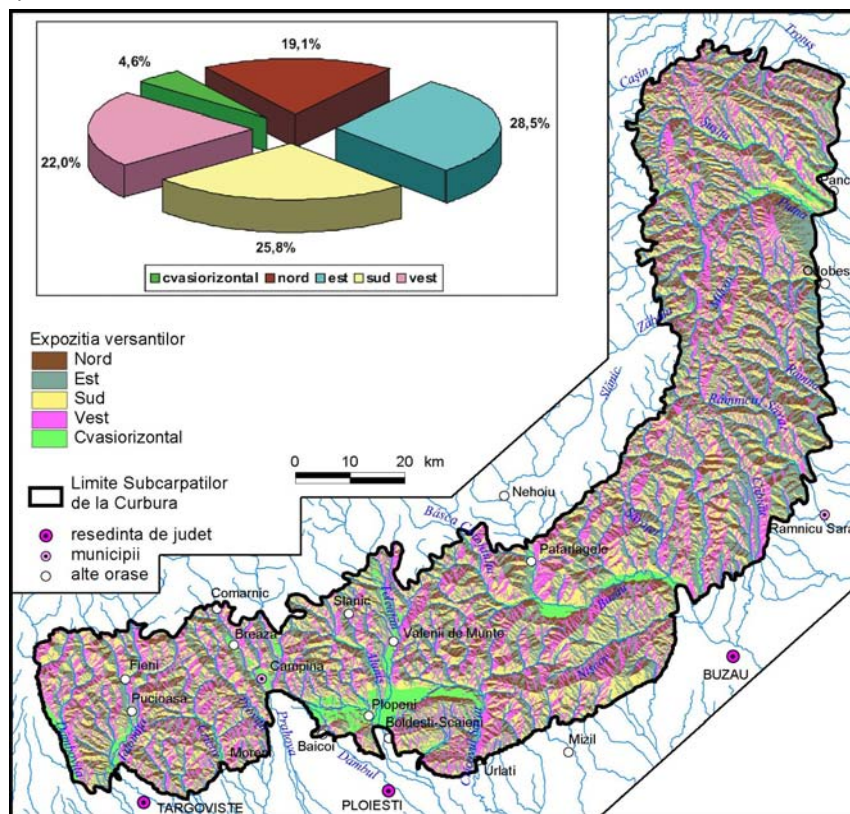


Fig. 5.1.3 - Harta expoziției versanților în Subcarpații de la Curbură

Fără efectul de foehn, climatul local al regiunii ar fi fost mai aspru. Ca urmare a barajului Carpatic însă, în regiunea subcarpatică există un climat mai blând, cu contraste termice mai mici între zi și noapte, iarnă și vară, cu fenomene de iarnă și inversiuni de temperatură diminuate ca intensitate, durată și frecvență, dar cu o frecvență mai mare a fenomenelor de îngheț-dezghet și cu frecvente perioade calde de iarnă etc. Întrucât foehnul este un vânt cald și uscat, acesta determină o scădere a precipitațiilor, în schimb crește durata de insolație și radiația solară, care, la rândul lor determină creșterea temperaturii și diminuarea frecvenței și intensității fenomenelor de iarnă, reducerea umezelii relative și apariția fenomenelor de uscăciune și secetă. Un rol important îl are și expoziția versanților care fie determină o creștere a proceselor de insolație pe versanții cu expunere sudică și sud-vestică, fie determină un adăpost față de circulația aerului de vest pe cei cu expunere estică, situați „sub vânt” (fig. 5.1.3).

Șirul temperaturilor medii lunare se corelează mult mai bine între diferite stații în comparație cu precipitațiile. De exemplu în cazul corelației șirurilor de date de la stațiile Titu și Ploiești, coeficienții de corelație a temperaturilor medii lunare sunt peste 0,97 pentru fiecare dintre lunile anului, media celor 12 coeficienți fiind de 0,986 (fig. 5.1.4).

În schimb coeficientul de corelație în cazul precipitațiilor este mult mai slab, media celor 12 valori fiind de doar 0,842. Corelația este mai bună în lunile de toamnă – iarnă (peste 0,85), dar în timpul primăverii – verii, acestea sunt prost corelate, scăzând până la 0,7 pentru seria de valori a lunii iunie. Acest lucru poate fi explicat prin intensificarea ploilor care au un caracter local în timpul verii și a circulației atmosferice foarte variată.

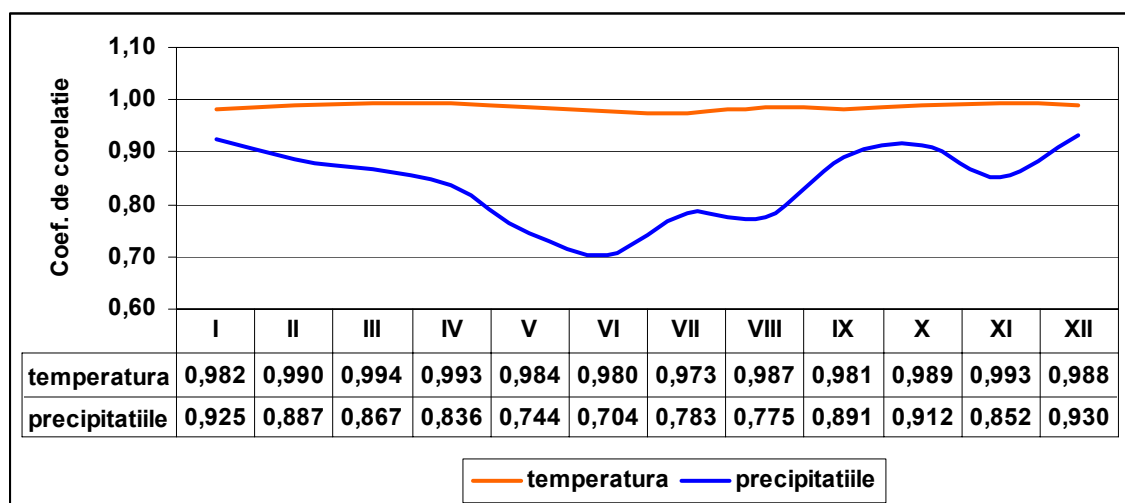


Fig. 5.1.4 - Evoluția coeficienților de corelație în cazul șirurilor de valori lunare ale temperaturilor și precipitațiilor pentru stațiile Titu și Ploiești

Analiza corelației mediilor multianuale ale temperaturii anului cu altitudinea scoate în evidență în primul rând abaterea stației Întorura Buzăului, aceasta având o valoare mult mai coborâtă cu circa 0,7° C în raport cu altitudinea acesteia de 707 m. Explicația constă în poziția acesteia, într-o depresiune intramontană tipică formată pe cursul superior al Buzăului. Aceasta fiind înconjurată de munți înalți, fără culoare de văi transversale care să permită evacuarea aerului rece, mai greu, staționat aici, favorizează producerea frecventă a inversiunilor de temperatură.

Corelația $T = f(H)$ sugerează existența a două areale relativ diferite, chiar dacă și o corelație unică este destul de bună ($R^2 = 0,98$) – fig. 5.1.5a.

Prima relație (fig. 5.1.5b) prezintă pentru aceeași altitudine temperaturi ceva mai mici în raport cu media pe întreaga zonă analizată, fiind caracteristică atât arealului montan de pe rama nordică și nord vestică (stațiile Vf. Omu, Predeal, Lăcăuți) dar și marilor culoare de vale cum este Trotușul (indicat de stația Târgu Ocna). De asemenea aici se încadrează și unitățile de relief situate în estul Subcarpaților de la Curbură (Culoarul Siretului și Podișul Bârladului) care resimt influența maselor de aer nordic (stațiile Adjud, Tecuci și Focșani), influență resimțită de altfel

chiar și de două stații aflate în Câmpia Română, la sud de Buzău (Făurei și Grivița) dar nebeneficiind de adăpostul arcului carpatic și subcarpatic, așa cum este cazul stațiilor Râmnicu Sărat sau Buzău spre exemplu.

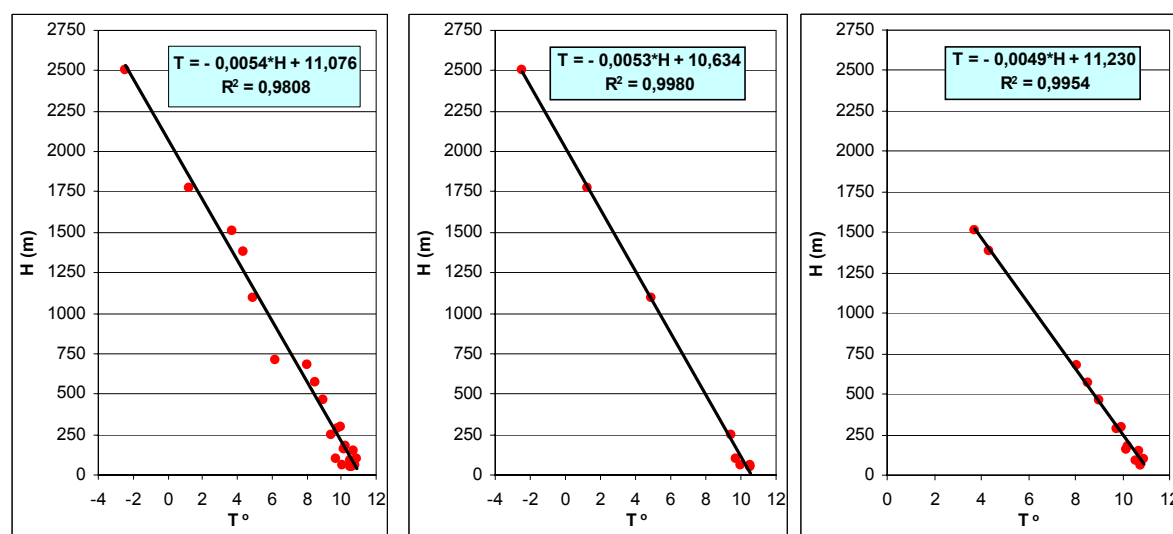


Fig. 5.1.5 - Corelația temperaturii medii multianuale cu altitudinea : a) pentru întregul areal ; b) pentru relația I ; c) pentru relația II

Cea de-a doua relație (fig.5.1.5c), caracterizată prin temperaturi mai ridicate, îmbracă atât câmpia situată la adăpostul unui relief mai înalt, Subcarpații de la Curbură aproape în întregime, dar și versanții montani sudici și estici, mai ales cei situați de o parte și de alta a culoarelor de vale deschise atât spre nord cât și spre sud (stațiile Sinaia 1500 și Fundata). Acest lucru poate fi explicat prin creșterea radiației solare la altitudini mai mari ca urmare a creșterii duratei de insolație, condiționată de situarea lor deasupra stratului de inversiune termică caracterizat prin aer cețos, ceață și nebulozitate stratiformă.

Diferențele între cele două corelații sunt destul de importante având în vedere că sunt valori medii multianuale pe șir lung de date (0,6 - 0,7° la sub 200 m altitudine, în câmpie, 1° C la 1000 m și 1,4 – 1,5° C la peste 2000 m) – tabel 3. Însă cele două corelații sunt aproape paralele, ambele fiind caracterizate de o reducere graduală a temperaturii medii anuale direct proporțională cu creșterea altitudinii, conform unui gradient termic vertical de 0,5°C/100 m, ajungând la valori de circa 6 - 7° C spre contactul cu muntele, de 1,3°C pe cele mai înalte culmi și vârfuri situate la est de Valea Prahovei (Lăcăuț) și de -2,5° C pe cele situate la vest (Vf. Omu).

Stațiile care definesc cele două corelații au fost asociate suprafețelor caracteristice, rezultând harta regionalizării corelațiilor $T = f(H)$, respectiv 3 areale distincte (fig. 19):

T1 este arealul caracterizat de prima corelație, $T = -0,0053 \cdot H + 10,634$;

T2 este arealul caracterizat de cea de a doua corelație, $T = -0,0049 \cdot H + 11,230$;

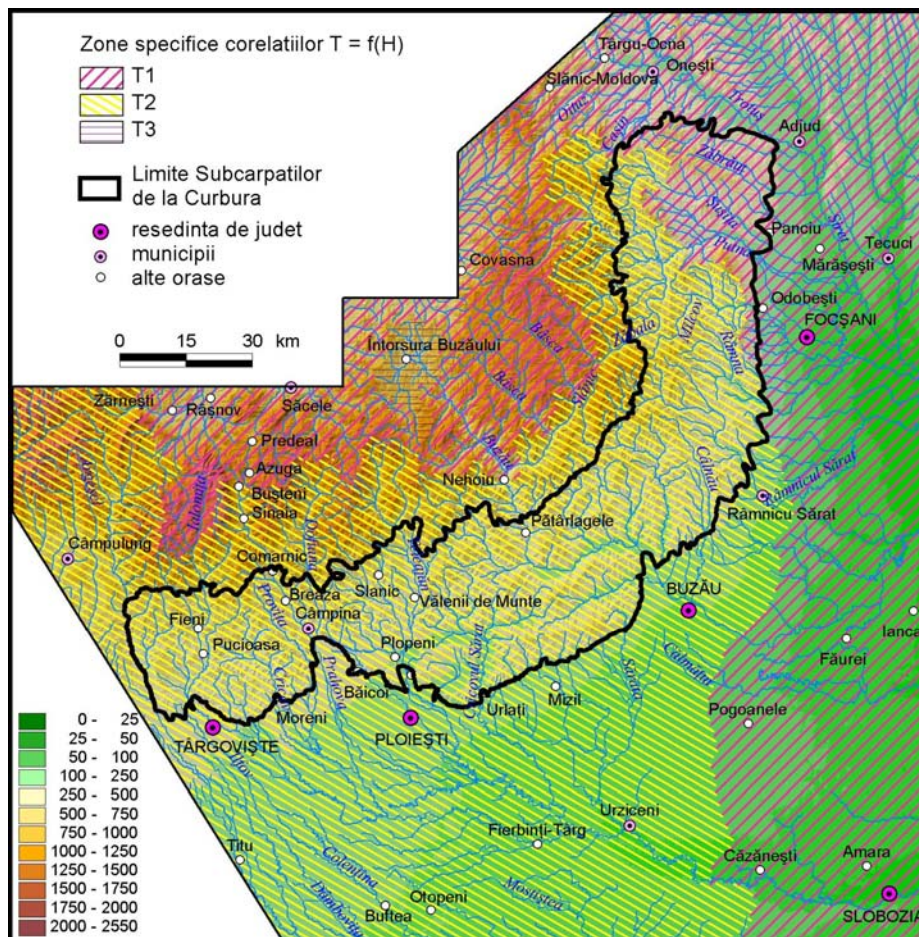


Fig. 5.1.6 - Regionalizarea corelațiilor temperatură – altitudine

T3 reprezintă suprafața caracteristică stației Întorsura Buzăului. Deoarece această stație prezintă o temperatură medie multianuală mai mică cu circa $0,7^{\circ}\text{C}$ față de valoarea rezultată din corelația T1 pentru altitudinea ei (707 m), pentru această suprafață se poate adopta funcția:

$$T3 = T1 - 0,7 = (-0,0053 \cdot H + 10,634) - 0,7 = -0,0053 \cdot H + 9,934.$$

Pe baza acestor 3 funcții a putut fi generat un grid al temperaturilor medii multianuale (fig. 5.7). Rezultatul fiind de tip grid, este extrem de util în diferite calcule care presupun existența acestei valori în fiecare punct al grilei. Sintaxa utilizată a fost:

$$\begin{aligned} ([\text{Reg_123}] = 1.\text{AsGrid} * (-0.0053.\text{AsGrid} * [\text{Dtm_ext3}] + 10.634.\text{AsGrid})) + \\ ([\text{Reg_123}] = 2.\text{AsGrid} * (-0.0049.\text{AsGrid} * [\text{Dtm_ext3}] + 11.230.\text{AsGrid})) + \\ ([\text{Reg_123}] = 3.\text{AsGrid} * (-0.0053.\text{AsGrid} * [\text{Dtm_ext3}] + 9.934.\text{AsGrid})) \end{aligned}$$

unde Reg_123 reprezintă gridul zonelor aferente corelațiilor și care are valoarea 1 pentru zona T1, 2 pentru zona T2 și 3 pentru zona T3

Valorile medii pentru cele 3 subunități ale Subcarpaților de la Curbură sunt:

Subcarpații Prahovei: 9.0 Subcarpații Buzăului: 9.3 Subcarpații Vrancei: 8.7

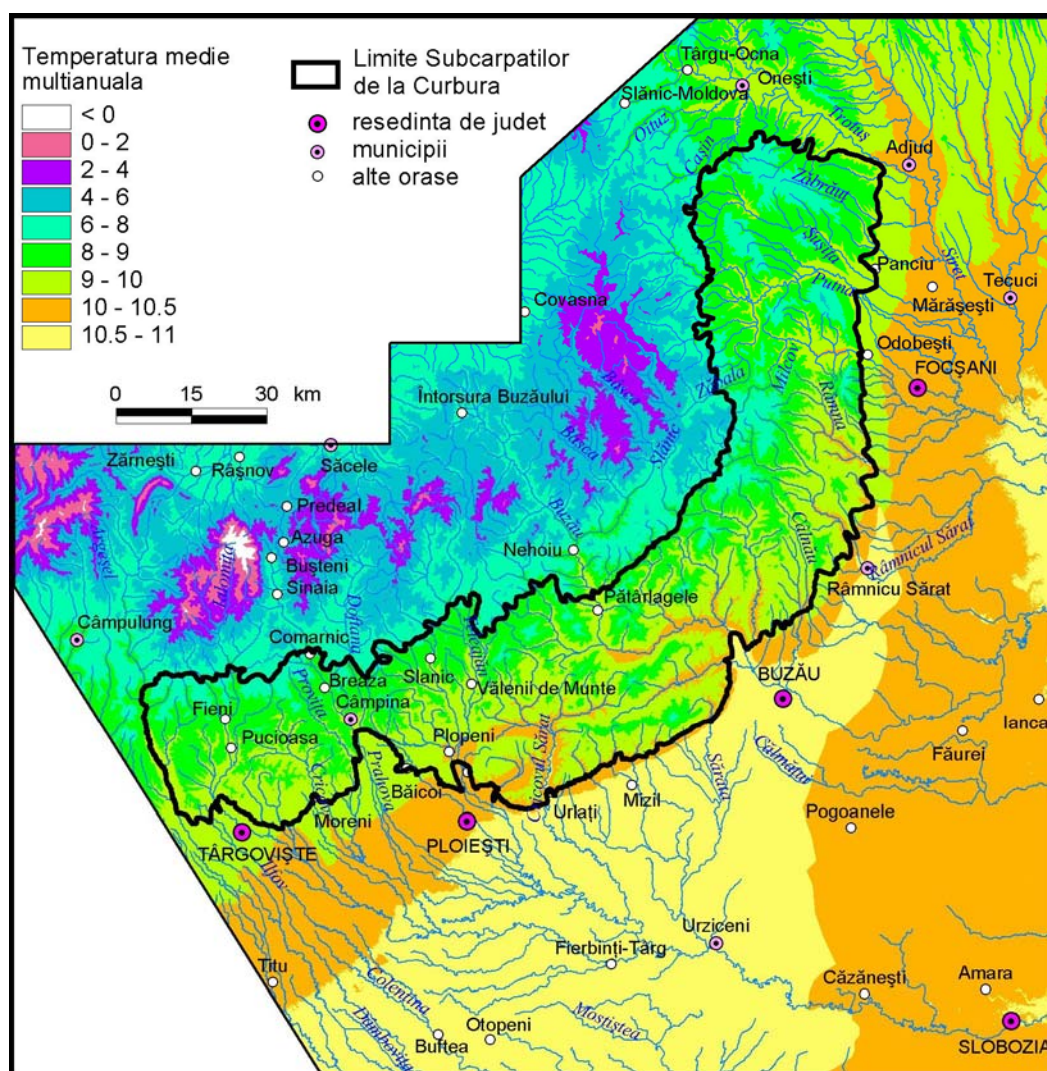


Fig. 5.1.7 - Rasterul temperaturilor medii multianuale

Au fost determinate și valorile statistice pentru fiecare subunitate de relief, rezultatele fiind prezentate în tabelul următor.

Tabel 4

Temperatura medie multianuală a subunităților de relief

Subunitatea de relief	Min	Max	Min-Max	Media	Abaterrea
Subcarpații Prahovei					
D. Bucovelului	9,25	10,67	1,41	9,97	0,24
D. Țintei	9,26	10,36	1,10	9,83	0,20
D. Ocnitei	8,26	10,01	1,75	9,32	0,33
D. Filipești	8,20	9,84	1,64	9,15	0,34
D. Trestioarei	7,96	9,92	1,96	9,13	0,31
D. Doftanețului	8,19	9,95	1,76	9,09	0,33
D. Vulcaniei	7,81	9,62	1,81	8,82	0,35
D. Teișului	7,69	9,66	1,97	8,81	0,34
D. Bughei	7,21	9,83	2,62	8,68	0,46
D. Proviței	7,68	9,53	1,85	8,62	0,33
D. Miercani	7,62	9,57	1,95	8,62	0,35
D. Măceșu	7,27	9,67	2,40	8,48	0,41
D. Sultanu	7,11	9,42	2,30	8,43	0,45
D. Pietriceaua	6,87	9,24	2,37	8,20	0,47
D. Câmpiniței	7,21	9,06	1,85	8,18	0,38
D. Bertei	7,18	9,06	1,88	8,17	0,40
D. Bărbulețului	6,76	9,32	2,56	8,14	0,53

Subunitatea de relief	Min	Max	Min-Max	Media	Abaterea
D. Bezdeadului	6,79	9,27	2,48	8,12	0,55
D. Făcăienilor	7,18	8,58	1,40	8,08	0,26
D. Giurcului	6,75	8,96	2,20	7,89	0,41
D. Talei	6,77	8,99	2,22	7,87	0,39
Depr. Plopu - Bucovel	9,75	10,49	0,74	10,24	0,13
Depr. Mislea Podeni	9,17	10,57	1,40	9,97	0,23
Depr. Slănic - Ocnîța	9,11	10,00	0,89	9,74	0,16
Depr. Glodeni	9,17	9,76	0,58	9,54	0,12
Depr. Cosmina	8,80	10,00	1,20	9,50	0,27
Depr. Valea Lungă - Cul. Cricov	8,64	9,93	1,30	9,38	0,26
Depr. Doftăneț	8,34	9,68	1,34	9,28	0,28
Cul. Teleajăn - Văleni	7,33	9,92	2,58	9,09	0,49
Depr. Telega	8,42	9,36	0,94	9,02	0,21
Cul. Ialomița - Vulcana	7,15	9,73	2,58	8,96	0,55
Cul. Aluniș-Slănic	6,81	9,94	3,13	8,96	0,55
Cul. Provița	7,65	9,52	1,87	8,86	0,37
Cul. Dâmbovița - Râul Alb	6,76	9,69	2,94	8,86	0,62
Depr. Țonțești	8,24	9,22	0,98	8,82	0,23
Depr. Câmpina - Cul Doftana	7,34	9,45	2,11	8,73	0,38
Subcarpații Buzăului					
D. Cepturei	8,61	10,60	1,99	9,69	0,37
D. Piscul Cerbului	8,99	10,45	1,46	9,64	0,26
D. Matîtei	8,42	10,46	2,04	9,62	0,38
D. Păcelele	8,34	10,62	2,28	9,48	0,43
D. Istrița	7,57	10,53	2,96	9,40	0,56
D. Lapoș-Ciolanu	7,58	10,47	2,89	9,21	0,55
D. Salcia	7,72	10,19	2,47	9,15	0,38
D. Botanu	7,37	10,43	3,05	9,10	0,58
D. Ursoaia	7,56	10,21	2,65	9,00	0,58
D. Breazu	7,87	9,95	2,08	8,86	0,35
D. Lazuri	7,46	9,87	2,40	8,79	0,50
D. Pârscovelu	8,12	9,26	1,14	8,62	0,20
D. Manta-Muscel	7,00	9,79	2,79	8,62	0,55
D. Blidișel	7,26	9,81	2,56	8,58	0,51
D. Bocu	7,21	9,86	2,64	8,47	0,50
D. Priporu	7,16	9,36	2,20	8,40	0,42
D. Leordeanu	7,10	9,23	2,14	8,32	0,40
Cul. Buzău - Depr. Cislău	8,76	10,62	1,87	10,04	0,32
Cul. Sărata	9,14	10,61	1,46	10,04	0,37
Cul. Cricovul Sărat - Salcia	8,73	10,64	1,91	9,99	0,36
Cul. Bălana	9,32	10,40	1,08	9,96	0,23
Depr. Păcelele	9,49	10,36	0,88	9,93	0,16
Depr. Nișcov	8,85	10,59	1,74	9,92	0,34
Cul. Budureasa-Tohănenca	9,23	10,45	1,22	9,87	0,29
Cul. Năianca	8,80	10,42	1,61	9,82	0,34
Cul. Ghighiu	8,96	10,47	1,51	9,79	0,31
Depr. Policiori	8,20	10,47	2,27	9,75	0,39
Cul. Slănic	7,70	10,58	2,88	9,68	0,52
Depr. Matîța - Lopatna	8,67	10,21	1,55	9,65	0,30
Cul. Bălăneasa-Murătoarea	8,11	10,27	2,16	9,49	0,41
Cul. Bâsca Chiojdului - Zeletin	8,58	9,97	1,40	9,49	0,27
Depr. Trestia-Odăile	8,07	9,85	1,78	9,16	0,33
Depr. Drajna - Chiojd	7,48	9,52	2,04	8,75	0,33
Subcarpații Vrancei					
D. Căpățâna	8,31	10,71	2,40	9,67	0,42
D. Blăjani	8,16	10,43	2,26	9,46	0,37
D. Budei	8,19	10,31	2,13	9,35	0,38
D. Deleanu	6,96	10,70	3,73	9,10	0,67
D. Momâia	7,30	9,68	2,38	8,56	0,46

Subunitatea de relief	Min	Max	Min-Max	Media	Abaterea
Plaiul Zăbrăuț	6,84	9,78	2,95	8,49	0,55
Măgura Odobești	5,37	10,15	4,78	8,40	0,90
D. Răiuț	5,68	9,88	4,20	8,51	0,59
D. Tiharele	6,97	9,28	2,32	8,43	0,45
D. Ghergheleu	6,08	9,72	3,63	8,22	0,63
D. Bisoca	6,38	9,94	3,56	8,60	0,69
D. Oușoru	6,41	9,30	2,89	7,88	0,52
D. Gârbova	6,42	10,25	3,83	8,49	0,68
D. Răchitașu	5,83	9,28	3,46	8,04	0,66
Cul. Râmna	9,03	10,52	1,49	9,90	0,32
Cul. Milcov	8,87	10,36	1,49	9,82	0,26
Cul. Râmnicul Sărat	8,70	10,41	1,71	9,80	0,35
Cul. Popeni	7,61	9,12	1,51	8,43	0,32
Depr. Vrancea	6,13	9,92	3,79	8,58	0,67
Depr. Soveja	6,81	9,11	2,29	8,34	0,37
Depr. Neculele	6,92	9,23	2,31	8,27	0,42

Mediile multianuale reduc foarte mult evidențierea spațială a diferențelor termice, acestea fiind puse mult mai bine în evidență prin analiza mediilor lunare multianuale, chiar dacă coeficientul de corelație cu altitudinea este mai slab.

Astfel, pentru luna ianuarie sunt specifice 3 tipuri de corelații:

T_{ian1} este corelația $T = -0,0033 \cdot H - 1,967$ (fig. 5.1.8a) și este specifică arealului cu temperaturile cele mai mici. Pe parcursul lunii Ianuarie întreaga Câmpie Română, Culoarul Siretului și Podișul Bârladului sunt afectate de inversiuni termice și geruri mari, fiind caracterizat de temperaturi foarte scăzute ca urmare a circulației nordice. Pe aceeași corelație se încadrează și stațiile situate în arealul montan, neadăpostite (Vf. Omu și Lăcăuți);

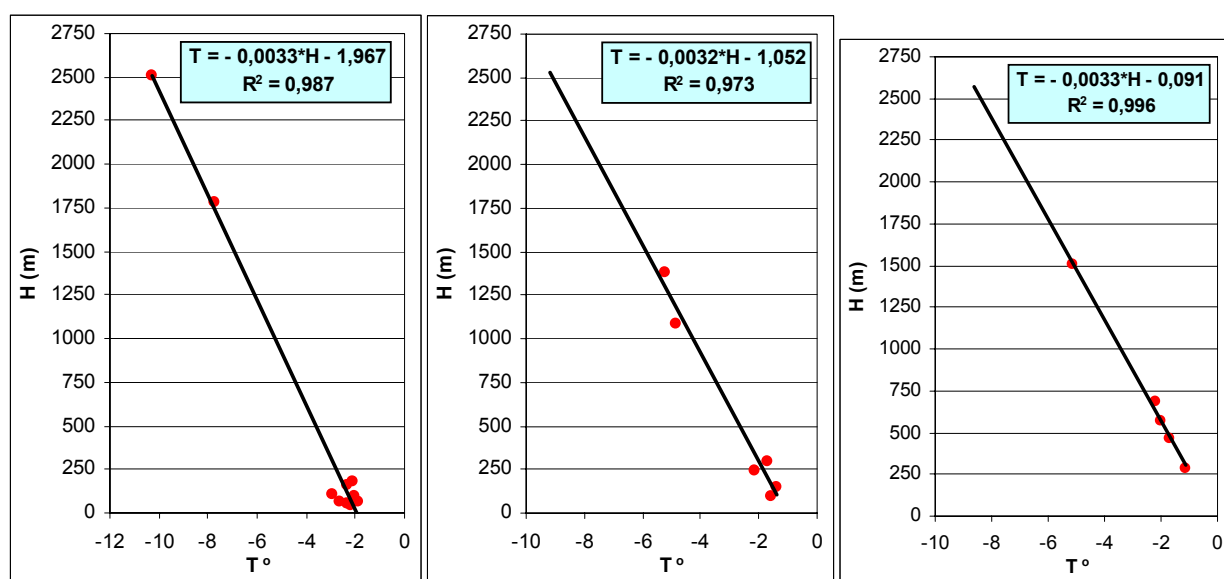


Fig. 5.1.8 - Corelația temperaturii medii multianuale a lunii ianuarie cu altitudinea:

a) T_{ian1} ; b) T_{ian2} ; c) T_{ian3}

T_{ian2} este corelația $T = -0,0032 \cdot H - 1,052$ (fig. 21.b) specific unor areale ceva mai adăpostite, cum sunt câmpiile limitrofe sau versanții dinspre Depresiunea Brașov – fig. 22. Câmpiile limitrofe, aflate la un oarecare adăpost al arcului carpatic, sunt caracterizate de temperaturi mai mari decât în câmpie (pentru aceeași altitudine) cu circa $0,9 - 1^\circ \text{C}$ mai mari (Fundata, Predeal. Râmnicu Sărat, Târgoviște, Buzău, Târgu Ocna);

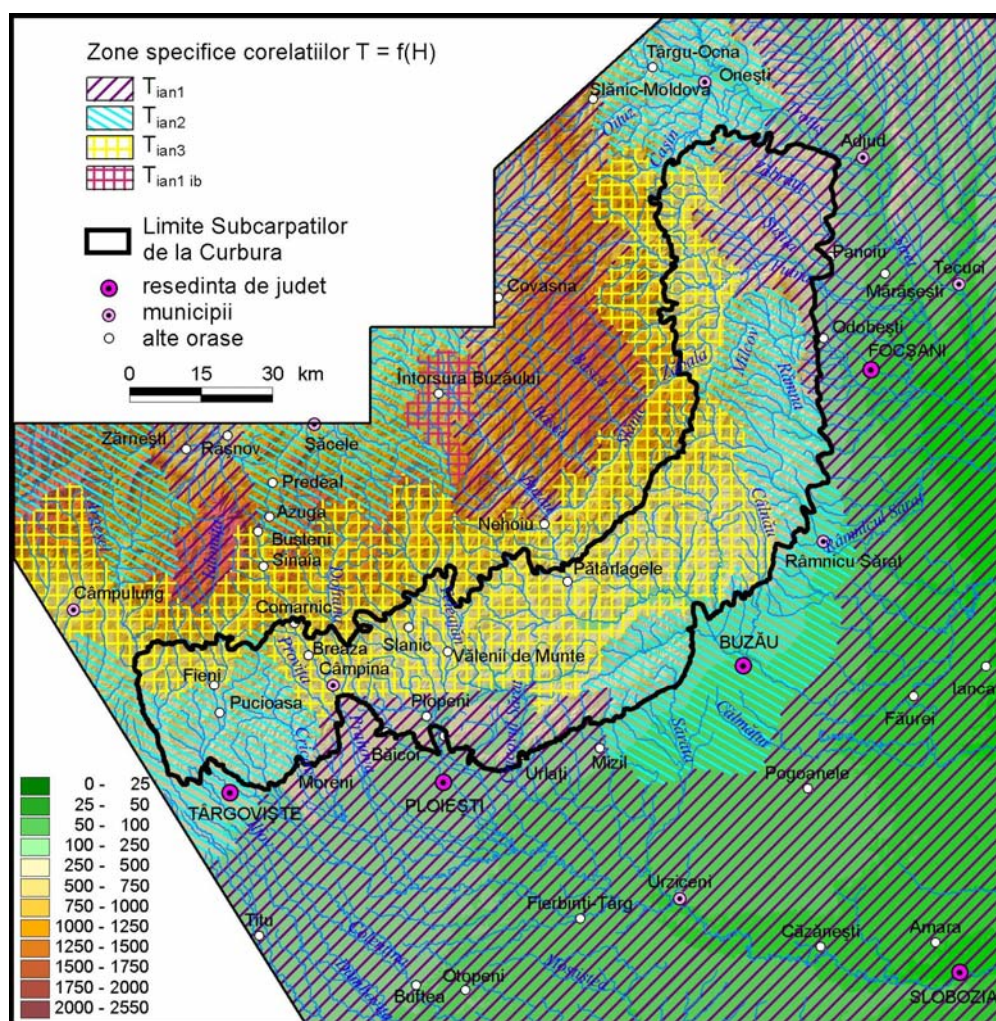


Fig. 5.1.9 - Regionalizarea corelațiilor T_{ian1} , T_{ian2} , T_{ian3} și $T_{ian1\ ib}$

T_{ian3} este corelația $T = -0,0033 \cdot H - 0,091$ (fig. 21.c) și delimitează cel mai bine insula termică de iarnă, mult mai bine pusă în evidență decât cea sugerată de mediile multianuale (fig. 22). Pe versanții Subcarpaților de la Curbură, mai ales pe cei situați la contactul cu muntele, mai adăpostiți, temperatura medie a acestei luni se caracterizează prin izotermie, fiind chiar cu 2°C mai ridicată pentru aceeași altitudine (Tulnici, Câmpulung Muscel, Sinaia 1500, Câmpina, Pătârlagele). Efectele de foehn din semestrul rece al anului determină temperaturi mai mari de -2 , $-2,5^\circ \text{C}$ în interiorul Subcarpaților, în special pe Culoarul Buzăului peste care se suprapune linia de maximă intensitate a foehnului, respectiv în depresiunile subcarpatice Pârscoș, Cislău, Pătârlagele ($-1,1^\circ \text{C}$); Nehoiu, Depr. Vrancei ($-2,0^\circ \text{C}$ la Tulnici) etc.

Acest fenomen este pus în evidență și de graficul mediilor lunare multianuale (fig. 5.1.10). Astfel, la Pătârlagele temperatura medie este mai mare față de Câmpia Română în lunile XII, I și II, însă diferențe net mai mari se observă între Pătârlagele și Adjud, care înregistrează temperaturi mai mici față de prima pe un interval mai lung (XI, XII, I, II, III) și cu diferențe mai mari. Regimul temperaturilor la stația Pătârlagele este efectul reliefului ce prezintă în Subcarpații Buzăului cele mai mari energii de relief, astfel creând un bun adăpost, dar și a culoarului Buzăului, deschis atât spre sud cât și spre nord și care permite drenarea aerului rece.

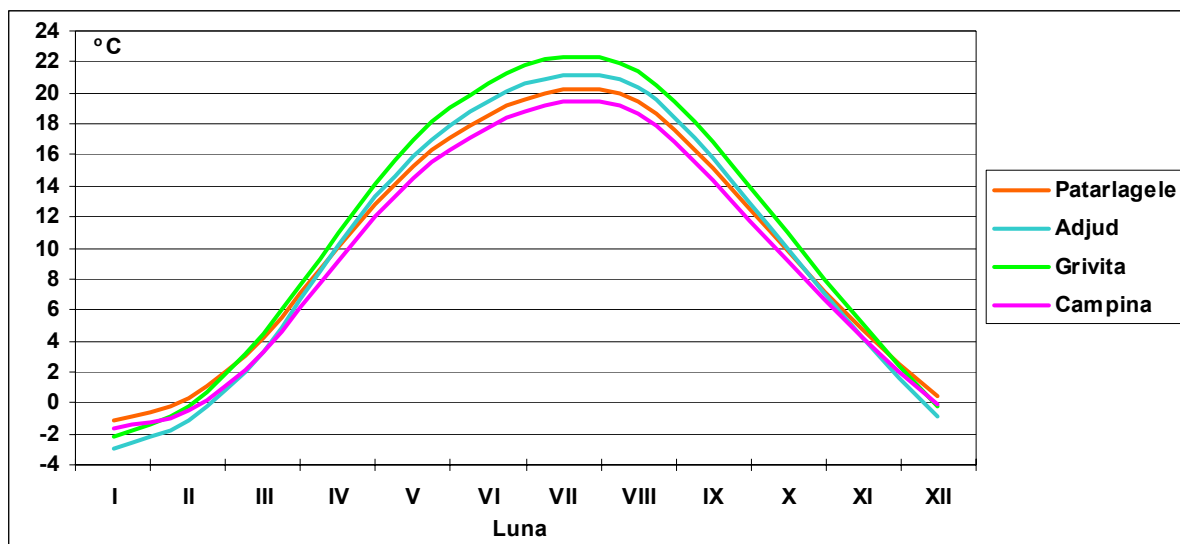


Fig. 5.1.10 - Evoluția temperaturilor lunare medii multianuale.

În Depresiunea Întorsura Buzăului efectul inversiunilor termice este mult mai accentuat în această lună, diferența dintre media lunii ianuarie înregistrată la stația de aici ($-5,3^{\circ}\text{C}$) și cea caracteristică altitudinii acesteia pe relația T_{ian1} (având temperaturile cele mai mici) fiind de 1°C . Pentru acest areal ($T_{\text{ian1 ib}}$), ca și în cazul mediilor multianuale, s-a dedus o altă relație, și anume $T = -0,0033 \cdot H - 2,967$

În ArcView a fost calculată temperatura medie multianuală a lunii ianuarie (fig. 24). Pentru aplicarea celor 4 corelații s-a utilizat următoarea sintaxă:

```
([Reg_123ian] = 1.AsGrid * (-0.0033.AsGrid * [Dtm_ext3] - 1.967 .AsGrid)) +
([Reg_123ian] = 2.AsGrid * (-0.0032.AsGrid * [Dtm_ext3] - 1.052 .AsGrid)) +
([Reg_123ian] = 3.AsGrid * (-0.0033.AsGrid * [Dtm_ext3] - 0.091 .AsGrid)) +
([Reg_123ian] = 11.AsGrid * (-0.0033.AsGrid * [Dtm_ext3] - 2.967 .AsGrid))
```

unde Reg_123ian reprezintă gridul zonelor aferente corelațiilor lunii ianuarie și care are valoarea 1 pentru zona T_{ian1} , 2 pentru zona T_{ian2} , 3 pentru zona T_{ian3} și 11 pentru zona $T_{\text{ian1 ib}}$

Analiza hărții temperaturii lunii ianuarie arată că cea mai ridicată valoare medie este caracteristică Subcarpaților Buzăului ($-1,7^{\circ}\text{C}$), în timp ce celelate două subunități au o medie cu cel puțin $0,7^{\circ}\text{C}$ mai mică ($-2,3^{\circ}\text{C}$ în Subcarpații Prahovei, respectiv $-2,5^{\circ}\text{C}$ în cei ai Vrancei). Valorile statistice pentru fiecare subunitate de relief sunt prezentate în tabelul 5.

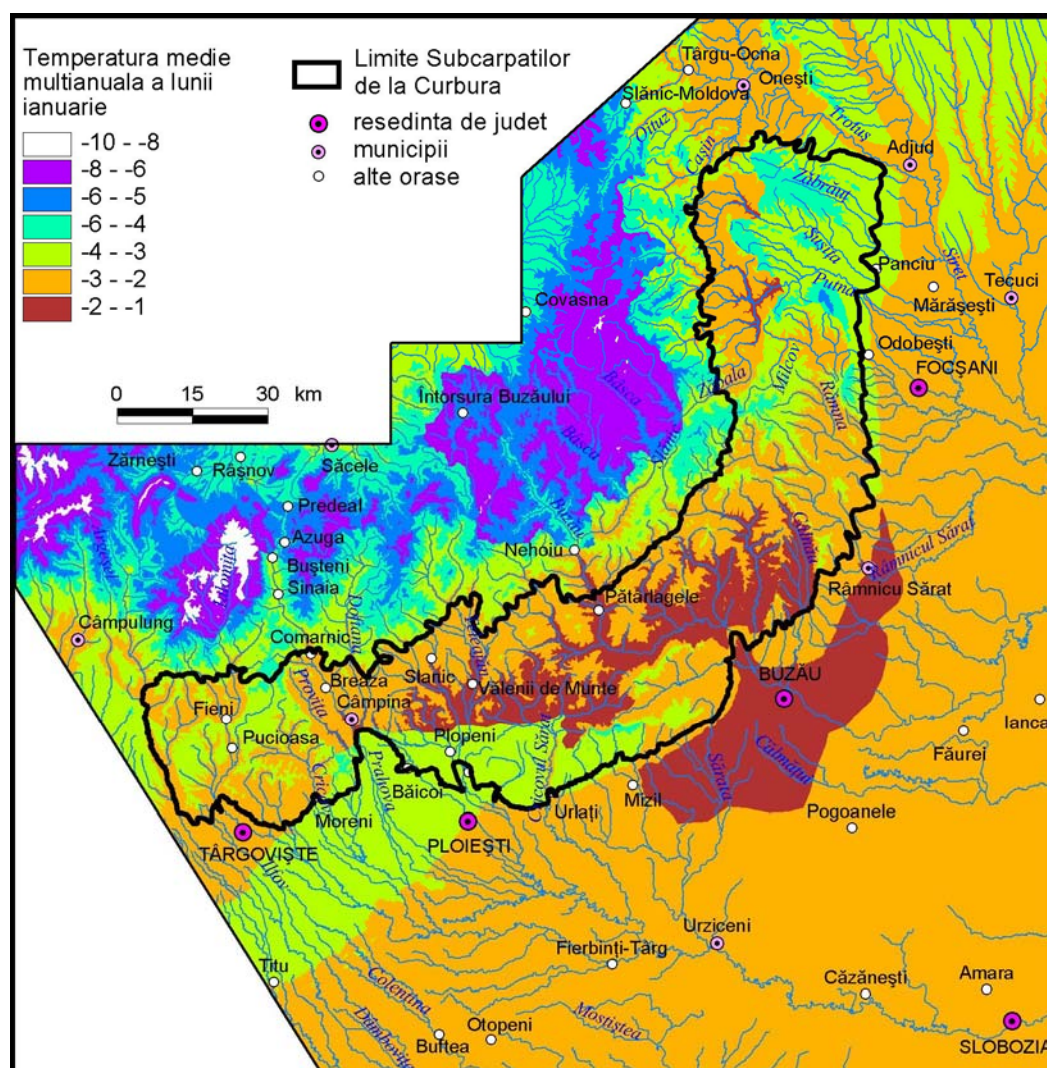


Fig. 5.1.11 - Temperatura medie multianuală a lunii ianuarie generată în ArcView

Tabel 5

Temperatura medie multianuală a lunii ianuarie pentru subunitățile de relief

Subunitatea de relief	Min	Max	Min-Max	Media	Abaterea
Subcarpații Prahovei					
D. Bucovelului	-3,30	-2,35	0,95	-2,81	0,16
D. Țintei	-3,29	-2,55	0,74	-2,91	0,14
D. Ocniței	-2,99	-1,85	1,14	-2,30	0,21
D. Filipești	-4,01	-1,66	2,35	-3,11	0,41
D. Trestioarei	-2,92	-0,99	1,93	-1,50	0,22
D. Doftanețului	-3,75	-1,02	2,73	-1,82	0,65
D. Vulcaniei	-3,28	-1,60	1,68	-2,57	0,26
D. Teișului	-3,67	-1,44	2,23	-2,38	0,41
D. Bughei	-2,94	-1,04	1,90	-1,81	0,31
D. Proviței	-2,19	-1,42	0,77	-1,85	0,13
D. Miercani	-3,41	-2,14	1,27	-2,76	0,23
D. Măceșu	-2,76	-1,14	1,62	-1,95	0,28
D. Sultanu	-3,74	-1,67	2,07	-2,67	0,40
D. Pietriceaua	-3,03	-1,43	1,60	-2,13	0,32
D. Câmpiniței	-2,80	-1,55	1,24	-2,15	0,26
D. Bertei	-2,82	-1,55	1,27	-2,15	0,27
D. Bărbulețului	-3,15	-1,57	1,59	-2,33	0,32
D. Bezdeadului	-3,95	-1,63	2,32	-2,88	0,48
D. Făcăienilor	-2,82	-1,88	0,94	-2,21	0,18
D. Giurcului	-3,10	-1,62	1,48	-2,34	0,27

Subunitatea de relief	Min	Max	Min-Max	Media	Abaterea
D. Talei	-3,97	-1,75	2,21	-2,60	0,48
Depr. Plopu - Bucovel	-2,96	-2,47	0,50	-2,63	0,09
Depr. Mislea Podeni	-3,36	-0,66	2,70	-2,71	0,44
Depr. Slănic - Ocnița	-2,44	-1,86	0,58	-2,03	0,10
Depr. Glodeni	-2,40	-2,01	0,38	-2,16	0,08
Depr. Cosmina	-3,01	-0,92	2,08	-1,27	0,21
Depr. Valea Lungă - Cul. Cricov	-3,07	-1,90	1,17	-2,27	0,18
Depr. Doftăneț	-2,04	-1,14	0,90	-1,40	0,19
Cul. Teleajăn - Văleni	-2,71	-0,97	1,74	-1,53	0,33
Depr. Telega	-1,98	-1,35	0,63	-1,58	0,14
Cul. Ialomița - Vulcana	-3,68	-1,55	2,13	-2,31	0,38
Cul. Aluniș-Slănic	-3,07	-0,96	2,11	-1,62	0,37
Cul. Provița	-3,57	-1,30	2,27	-1,88	0,51
Cul. Dâmbovița - Râul Alb	-3,10	-1,49	1,62	-2,22	0,28
Depr. Țonțești	-2,11	-1,44	0,66	-1,72	0,15
Depr. Câmpina - Cul Doftana	-3,19	-1,29	1,90	-1,78	0,25
Subcarpații Buzăului					
D. Cepturei	-3,71	-0,69	3,02	-2,46	0,81
D. Piscul Cerbului	-1,60	-0,62	0,98	-1,16	0,18
D. Matitei	-3,00	-0,66	2,35	-1,25	0,38
D. Pâclele	-2,22	-0,67	1,56	-1,36	0,30
D. Istrița	-3,94	-0,86	3,08	-2,37	0,59
D. Lapoș-Ciolanu	-3,38	-0,64	2,74	-1,92	0,58
D. Salcia	-2,46	-0,79	1,66	-1,49	0,26
D. Botanu	-2,69	-0,63	2,06	-1,52	0,39
D. Ursoaia	-2,56	-0,78	1,78	-1,59	0,39
D. Breazu	-2,35	-0,95	1,40	-1,69	0,24
D. Lazuri	-2,63	-1,01	1,62	-1,73	0,33
D. Pârscovelu	-3,74	-1,29	2,45	-2,06	0,52
D. Manta-Muscel	-2,94	-1,06	1,88	-1,85	0,37
D. Blidișel	-2,77	-1,05	1,72	-1,87	0,35
D. Bocu	-2,80	-1,01	1,78	-1,95	0,33
D. Priporu	-2,83	-1,35	1,48	-2,00	0,28
D. Leordeanu	-2,87	-1,44	1,44	-2,05	0,27
Cul. Buzău - Depr. Cislău	-1,76	-0,56	1,20	-0,94	0,25
Cul. Sărata	-2,41	-1,46	0,95	-1,83	0,24
Cul. Cricovul Sărat - Salcia	-2,79	-0,66	2,13	-1,39	0,67
Cul. Bălana	-3,25	-2,52	0,73	-2,82	0,15
Depr. Pâclele	-1,26	-0,67	0,59	-0,97	0,11
Depr. Nișcov	-2,57	-0,84	1,72	-1,83	0,31
Cul. Budureasa-Tohănenca	-3,32	-2,50	0,82	-2,88	0,19
Cul. Năianca	-2,64	-1,58	1,05	-1,98	0,22
Cul. Ghighiu	-3,50	-1,74	1,76	-2,72	0,40
Depr. Policiori	-2,13	-0,60	1,53	-1,09	0,26
Cul. Slănic	-2,47	-0,57	1,90	-1,16	0,35
Depr. Matita - Lopatna	-1,82	-0,78	1,04	-1,16	0,20
Cul. Bălăneasa-Murătoarea	-2,19	-0,74	1,45	-1,27	0,27
Cul. Bâsca Chiojdului - Zeletin	-1,88	-0,94	0,94	-1,27	0,18
Depr. Trestia-Odăile	-2,22	-1,02	1,20	-1,48	0,22
Depr. Drajna - Chiojd	-2,62	-1,24	1,38	-1,76	0,22
Subcarpații Vrancei					
D. Căpățâna	-2,96	-1,39	1,57	-2,07	0,28
D. Blăjani	-2,68	-0,70	1,97	-1,38	0,37
D. Budei	-3,01	-0,71	2,30	-1,90	0,54
D. Deleanu	-4,25	-1,40	2,85	-2,58	0,60
D. Momâia	-4,04	-2,56	1,48	-3,26	0,29
Plaiul Zăbrăuț	-4,33	-2,50	1,83	-3,30	0,34
Măgura Odobești	-5,24	-1,76	3,48	-3,18	0,69
D. Răiuț	-5,05	-1,20	3,85	-2,77	0,67

Subunitatea de relief	Min	Max	Min-Max	Media	Abaterea
D. Tiharele	-3,27	-1,40	1,86	-2,10	0,44
D. Ghergheleu	-4,80	-1,11	3,69	-2,85	0,90
D. Bisoca	-3,36	-1,17	2,19	-2,10	0,40
D. Oușoru	-4,58	-1,39	3,19	-3,13	0,75
D. Gârbova	-4,19	-1,46	2,73	-2,68	0,48
D. Răchitașu	-4,96	-1,40	3,56	-2,70	0,95
Cul. Râmna	-2,49	-1,52	0,97	-1,92	0,21
Cul. Milcov	-2,82	-1,62	1,20	-2,03	0,26
Cul. Râmnicul Sărat	-2,51	-1,21	1,30	-1,88	0,23
Cul. Popeni	-3,85	-2,91	0,94	-3,34	0,20
Depr. Vrancea	-4,20	-0,97	3,23	-2,28	0,61
Depr. Soveja	-3,06	-1,52	1,54	-2,04	0,25
Depr. Neculele	-2,99	-1,44	1,56	-2,08	0,28

Luna iulie, luna cu cele mai ridicate temperaturi medii, prezintă valori mai omogene pe corelația $T = f(H)$. Totuși, pot fi delimitate două areale, caracterizate de două relații diferite.

Prima corelație (T_{ian1}) înglobează nord-estul unității subcarpatice începând din bazinul median al Putnei, o mare parte a Subcarpaților Buzăului, ce are ca stație de referință Pătârlagele, precum și o suprafață importantă a arealului montan, pentru care au fost selectate șase din 23 de stații analizate ce definesc corelația T_{ian1} (Pătârlagele, Târgu Ocna, Adjud, Tecuci, Predeal și Lăcăuți). Față de această corelație, arealul caracteristic stației Întorsura Buzăului (T_{iul1ib}) prezintă temperaturi mai mici cu aproape 1°C în această lună. Celelalte stații definesc corelația T_{ian2} ce prezintă temperaturi mai mari cu circa $0,5^{\circ}\text{C}$ pentru altitudini similare, dar cu diferențe ce scad de la altitudini mici (circa 1°C la 50 m) spre altitudini mari, la 2500 m diferențele fiind aproape nule.

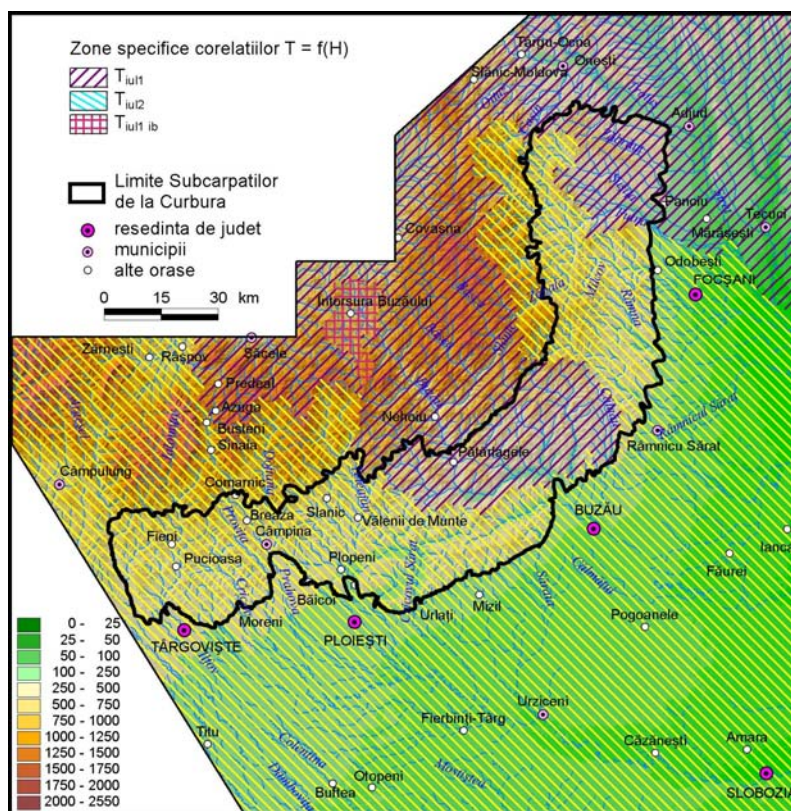


Fig. 5.1.12 - Regionalizarea corelațiilor T_{iul1} , T_{iul2} , și T_{iul1ib}

Față de valorile medii multianuale, sunt posibile abateri care fac parte din variabilitatea neperiodică a climei. Acestea sunt puse cel mai bine în evidență prin deviația standard (eng. Standard deviation) numită și abaterea medie pătratică. Acest indice reprezintă media aritmetică

a diferențelor dintre fiecare valoare a unui șir de date și valoarea medie a acelui șir. Deoarece aceste diferențe pot fi pozitive sau negative, suma lor și implicit și media putând fi 0 sau aproape de 0, abaterea se calculează prin ridicarea la pătrat a acestor diferențe, după formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

unde x_i = valorile șirului; $\bar{x}$ = media șirului; n = numărul de valori ale șirului

Suma pătratelor abaterilor se împarte la $n - 1$, dacă $n > 30$ și la n , dacă $n < 1$. Abaterea medie pătratică pune în evidență gradul de împrăștiere a valorilor față de media șirului, sau dimpotrivă, gradul de omogenitate atunci când acesta are valori mai mici.

În cazul temperaturilor, acesta arată o variație mai mică a mediilor anuale, sub 1° C, o împrăștiere mai mare față de medie înregistrând-o stația Adjud, situată în Culoarul Siretului, supusă atât advecțiilor de aer rece, nordic, cât și de aer cald, dinspre sud. Mediile lunare, în schimb, prezintă abateri foarte mari mai ales iarna, în special în ianuarie și februarie, acestea putând ajunge până la 3° C. Cele mai stabile valori sunt caracteristice lunilor de vară, în special iunie și iulie (tabelul 6).

Tabel 6

Abaterea medie pătratică a temperaturilor medii

Stația	Luna												An	Sezonul			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		I	P	V	T
Fundata	2,2	2,8	2,3	2,0	1,7	1,3	1,3	1,6	1,7	1,6	2,3	1,8	0,6	1,1	1,2	0,9	1,1
Câmpulung Muscel	2,1	2,5	2,1	1,7	1,5	1,2	1,1	1,3	1,4	1,3	1,9	1,6	0,6	1,1	1,1	0,9	0,8
Târgoviște	2,2	2,7	2,2	1,7	1,6	1,2	1,2	1,5	1,3	1,3	2,0	1,7	0,6	1,2	1,1	0,9	0,9
Vf. Omu	2,1	2,6	2,2	1,8	1,6	1,3	1,3	1,5	1,7	1,7	2,2	1,5	0,5	1,1	1,1	0,9	1,1
Sinaia 1500	2,3	2,7	2,3	1,9	1,8	1,3	1,3	1,6	1,8	1,6	2,3	1,7	0,6	1,1	1,2	1,0	1,1
Câmpina	2,2	2,6	2,2	1,6	1,5	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	2,0	1,7	0,6	1,2	1,1	0,9	0,9
Ploiești	2,4	2,8	2,2	1,6	1,7	1,3	1,2	1,5	1,3	1,3	2,1	2,0	0,7	1,3	1,1	1,0	0,9
Urziceni	2,5	2,8	2,4	1,7	1,6	1,2	1,3	1,6	1,3	1,4	2,3	2,0	0,7	1,3	1,2	1,0	1,0
Întorsura Buzăului	2,7	3,0	2,1	1,8	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	2,2	2,3	0,6	1,3	1,1	0,8	0,9
Pătărlagele	2,4	2,7	2,2	1,7	1,5	1,2	1,2	1,3	1,4	1,2	2,0	1,8	0,7	1,3	1,2	0,9	0,8
Buzău	2,4	2,7	2,4	1,7	1,6	1,3	1,3	1,5	1,4	1,3	2,2	2,0	0,7	1,3	1,2	1,0	0,9
Grivița	2,6	2,7	2,4	1,8	1,6	1,1	1,3	1,5	1,3	1,4	2,4	2,1	0,7	1,4	1,2	0,9	1,0
Lăcăuți	2,2	2,7	2,2	2,0	1,8	1,4	1,4	1,5	1,8	1,7	2,4	1,8	0,6	1,1	1,2	0,9	1,1
Râmnicu Sărat	2,4	2,9	2,5	1,8	1,6	1,2	1,3	1,5	1,4	1,4	2,3	2,1	0,7	1,4	1,3	0,9	1,0
Tulnici	2,7	3,1	2,5	1,9	1,6	1,1	1,2	1,4	1,4	1,4	2,3	2,1	0,7	1,6	1,3	0,9	0,9
Focșani	2,6	2,9	2,5	1,7	1,5	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3	2,3	2,1	0,7	1,5	1,2	0,9	0,9
Târgu Ocna	2,8	3,0	2,5	1,8	1,6	1,2	1,2	1,3	1,4	1,3	2,2	2,1	0,7	1,6	1,2	0,9	0,9
Adjud	2,8	3,0	2,5	1,8	1,6	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	2,4	2,2	0,9	1,6	1,4	1,0	1,0

5.2. Redistribuirea apei în zonele colinare – Activitatea 3.2

Conținutul actual al apei din sol este o funcție a infiltrației actuale (precipitație +/- scurgere) și fluxul de apă drenată. Scopul acestei activități este de a identifica utilizând indicatori furnizați de MDT acele zone care sunt cele mai susceptibile la deficitul sau excesul de apă.

5.2.1. Descrierea peisajului pentru analizele și activitatea în câmp

Activitatea în câmp a fost realizată ca parte a acestui studiu pentru a examina dinamica umidității solului din peisaj. Suprafața selectată a fost aleasă pentru ușurința sa de acces, pante și expoziții

variate și accesibilitatea unei hărți de soluri la scara 1:25 000. Principala utilizare a terenului este arabil.

Pentru măsurarea umidității solului au fost selectate două câmpuri, Site-ul 2 și Site-ul 1, într-un mic sub-bazin hidrografic, deoarece reprezintă o parte din panta maximă din zonă. Câmpurile în general au avut pante moderate până la mari (4° - 11°) cu mici părți cu pante moderate de până la 15° . Câmpurile au expoziții variate, de la SE la SV, și din NV până la SE. Solurile în cele două câmpuri au fost cartografiate la scara 1:10 000.

Site-ul 2 conține peste 80% soluri nisipoase, iar Site-ul 1 conține peste 30% soluri grele. Rotația culturii în Site-ul 1 a fost:

- 2002-2003 Grâu de iarnă
- 2003-2004 Semințe de rapiță pentru ulei
- 2004-2005 Grâu de iarnă

Rotația culturii în Site-ul 2 a fost:

- 2002-2003 Sfecla de zahăr
- 2003-2004 Grâu de iarnă

A treia locație de câmp, la Mox Farm, a fost selectată pe baza faptului că avea diferite expoziții și date de sol accesibile la scara 1:25 000 în comparație cu primele două. Acest câmp a fost selectat prin rularea CAS (Behrens, 2003) pentru site-urile câmpului și căutând zona potrivită care a avut un indice scăzut de similaritate. De asemenea era situat pe cealaltă parte a crestei și, prin urmare, drena într-un bazin hidrografic diferit. Alte criterii în selectarea acestui câmp au fost accesibilitatea sa față de alte câmpuri și cooperarea fermierului.

Există trei seturi cheie de date accesibile pentru această suprafață: MDT, datele de soluri și datele meteorologice. În continuare, se subliniază specificurile acestor trei seturi de date și modul în care au fost utilizate în proiect.

5.2.2 Datele accesibile pentru analize

Una din cele mai importante etape a fost integrarea MDT și datelor din stațiile climatice în modelul ISBA determinist IAGINT, ceea ce a implicat compilarea unor serii de seturi de date. Modelele necesită o reprezentare celulă cu celulă a bazinului hidrografic, care conține, pentru fiecare celulă:

- Informații de sol, care referențiază fiecare celulă cu asociațiile de sol și o leagă la o bază de date Acces, care conține parametrii de sol necesari pentru fiecare strat
- Parametrii topografici
- Datele de la stația meteorologică la un pas de timp orar și zilnic

Hărți și date de sol

Datele de sol pentru acest studiu provin din două baze de date spațiale: Sistemul Informatic de Sol și Teren al ICPA, SIGSTAR, și Harta de soluri 1:200 000, care administrează date de sol grafice în format vector. Atributele pentru fiecare poligon sunt o asociație de soluri dominante la nivel național. Pentru a obține date utile pentru analizele la o scară 1:250 000 au fost combinate două surse astfel încât fiecare poligon are atributele seriilor de sol dominante pentru utilizarea terenului arabil. Există însă o problemă legată de acest set de date, aceea că seria dominantă la nivel național nu corespunde neapărat seriilor găsite pe o suprafață când este cartografiată la o scară mai detaliată.

Datele finale de sol care au fost accesibile în acest studiu au fost cartate la o scară 1:10 000 detaliind seriile de sol în fiecare site.

Aceste date au permis ca bazele de date de soluri să fie aduse laolaltă pentru analize ulterioare și pentru rularea modelului IAGINT. Modelul necesită un domeniu larg de proprietăți caracteristice de sol pentru a rula. Aceste proprietăți nu sunt accesibile pentru multe din orizonturile C și din substratul stâncos, ceea ce înseamnă că modelul ar putea să nu ruleze pentru aceste strate.

Orizontul C și stratele de rocă au fost înlăturate din baza de date și s-a stabilit că pentru scopul modelului IAGINT că adâncimea de înrădăcinare și, prin urmare, adâncimea până la care are loc modelarea este partea inferioară a orizontului B. În plus, au fost adăugate informații din baza de date din cartările de sol PROFISOL. Aceste înregistrări nu au parametri necesari Van-Genuchten și, de aceea, aceștia au fost calculați utilizând funcții de pedotransfer (Mayr *et al.*, 1999). Aceste funcții utilizează ca intrări densitatea aparentă, carbonul organic, nisip, praf și argilă.

Datele climatice

A doua parte a experimentelor de câmp a implicat instalarea a patru stații climatice standard Delta-T (Figura 5.3) pentru măsurarea variabilelor meteorologice. Aceste stații au fost localizate pentru a monitoriza variația variabilelor meteorologice din topografia reprezentată.

Fiecare stație climatică cuprinde un înregistrator pentru datele DL2e. Senzorii fițați pentru fiecare stație sunt descriși în Tabel 5.1.1.

Tabel 5.1.1.

Descrierea senzorilor	Unități
Morișca de vânt	grade
Anemometer (AN4)	⁻¹ m.s
Senzorul de energie (eS2)	kW.h
Senzorul de precipitații (RG2)	mm
Temp Aer /RH (RHT2nl)	^o C / %
Temperatura din sol	^o C
radiometrul net (NR2)*	mV
Proba Theta (ML2)	³ ³ m .m

5.2.3 Modele și metode pentru a genera parametri necesari pentru modelul determinist

Pentru varianta cu fundament fizic în modelul IAGINT peisajul a fost definit printr-o serie de parametri care au fitat ecuațiile fizice utilizate. Acești parametri au fost calculați utilizând LandMapRTM.

LandMapper Environmental Solutions este o companie care dezvoltă și aplică soluții de analize spațiale pentru probleme legate de managementul de mediu și de resurse naturale. Compania a dezvoltat o suită de programe (LandMapRTM) pentru clasificarea automată a formelor de teren utilizând datele MDT de rezoluție ridicată.

LandMapRTM (Tabel 5.2) a oferit un domeniu larg de parametri de formă care ar putea fi manipulați pentru a defini peisajul în raport cu procesele fizice. LandMapRTM a fost selectat pentru calcularea parametrilor morfologici ai suprafeței necesari pentru rularea variantei deterministe ISBA a modelului IAGINT. LandMapRTM ține cont de rezervoarele din MDT permițându-le să se umple cu apă și apoi urmărind traseul curgerii până în punctul cel mai coborât. LandMapRTM generează apoi parametri ulteriori topografici și de peisaj.

Pentru acest proiect, locația relativă și absolută a unei celule pe o pantă este definită de distanța sa orizontală și verticală față de curent sau față de celulele de pe creastă. Caracteristicile topografice, în acest context, sunt definite de cursul de apă de la o celulă de pe creastă către o celulă din curentul (debitul) de apă. Figura 5.3 prezintă definiția distanțelor absolute calculate pentru fiecare celulă.

Parametrii sunt:

- diferența între înălțimea pe verticală între o celulă dată și creasta de sub celulă. Aceasta a fost dată de parametrul “z to crest” în LandMapRTM

- “jumătate din lungimea colinei”. Acesta este dată de jumătate din ” lungimea de împărțire a curentului” în LandMapRTM
- panta și expoziția calculată direct prin LandMapRTM și convertite din grade în radiani pentru inputul modelului.
- “Delta Z” este calculată prin scăderea înălțimii stației de bază din fiecare celulă din suprafața care trebuie modelată.

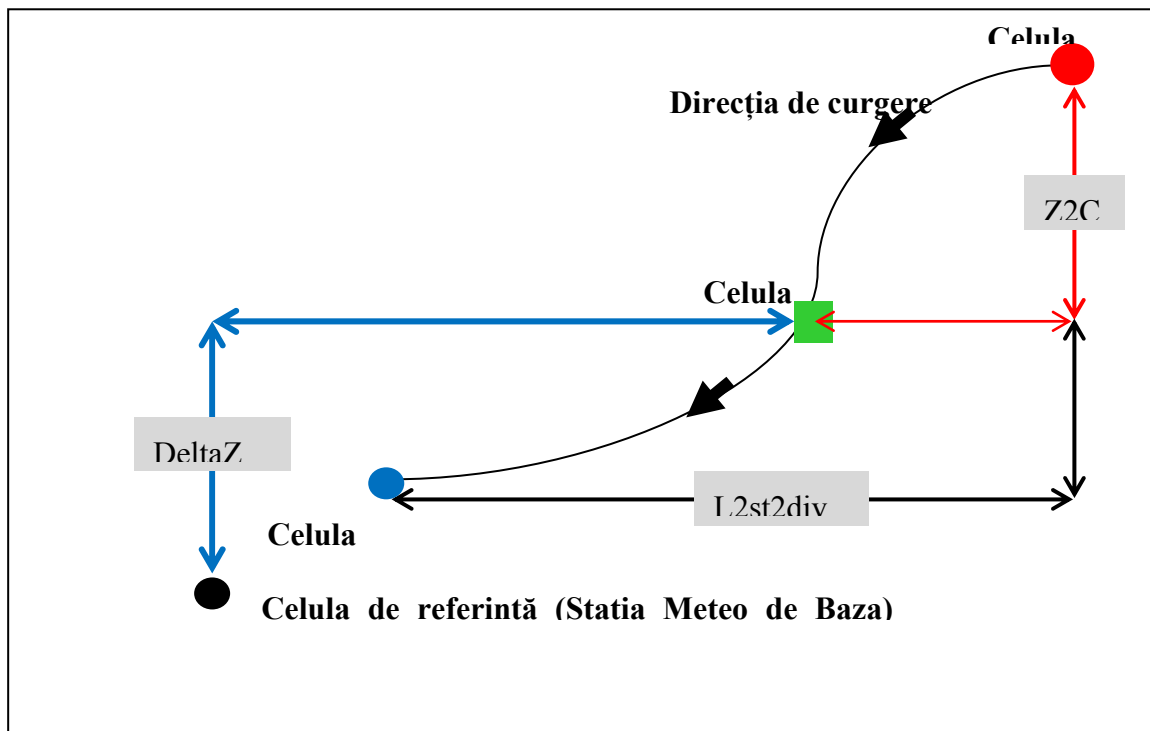


Figura 5.3: Distanțele calculate în LandMapRTM și cele necesare variantei modelării bazate pe procesele fizice

Partea micro-meteorologică a modelului necesită forma terenului ca un parametru de intrare (input). Calculele combină curbura profilului și procentul dintre distanța verticală între curent și creastă pe care orice celulă o reprezintă. Apoi sunt aplicate o serie de afirmații logice pentru a clasifica peisajul în “înclinat”, “regulat” sau “neregulat” (Figura 5.4).

DACĂ mai mult de 50% din teren într-un bazin hidrografic este convex (Curbura profilului >0) atunci bazinul hidrografic este „înclinat”.

DACĂ mai mult de 50% din celulele din vârful a 50% din bazinul hidrografic sunt convexe (Curbura profilului >0) **ȘI** mai mult de 50% din celulele din partea de jos a bazinului hidrografic sunt concave (Curbura profilului <0) atunci bazinul hidrografic este definit ca “regulat.”

Dacă nici unul din aceste criterii nu sunt îndeplinite, atunci peisajul este “neregulat”.

Pentru a genera parametrii pentru modelul simplificat bazat pe indice IAGINT a fost necesar un program pentru a calcula indicii pe baza unui MDT, și a fost ales TAPES-G, care este un produs dezvoltat de CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) Australia și constă dintr-un set de module, care utilizează variabile primare topografice calculate cu modulul central al programului. Principiul este că modelele fizice simplificate sunt utilizate apoi pentru a calcula parametrii care reprezintă procese hidrologice, geomorfologice și ecologice. Simplificarea modelelor fizice tinde să mențină factorii cheie care controlează procesele, dar sacrifică o parte din complexitatea proceselor fizice pentru a obține estimări îmbunătățite a modelului spațial în teren (Wilson & Gallant, 2000).

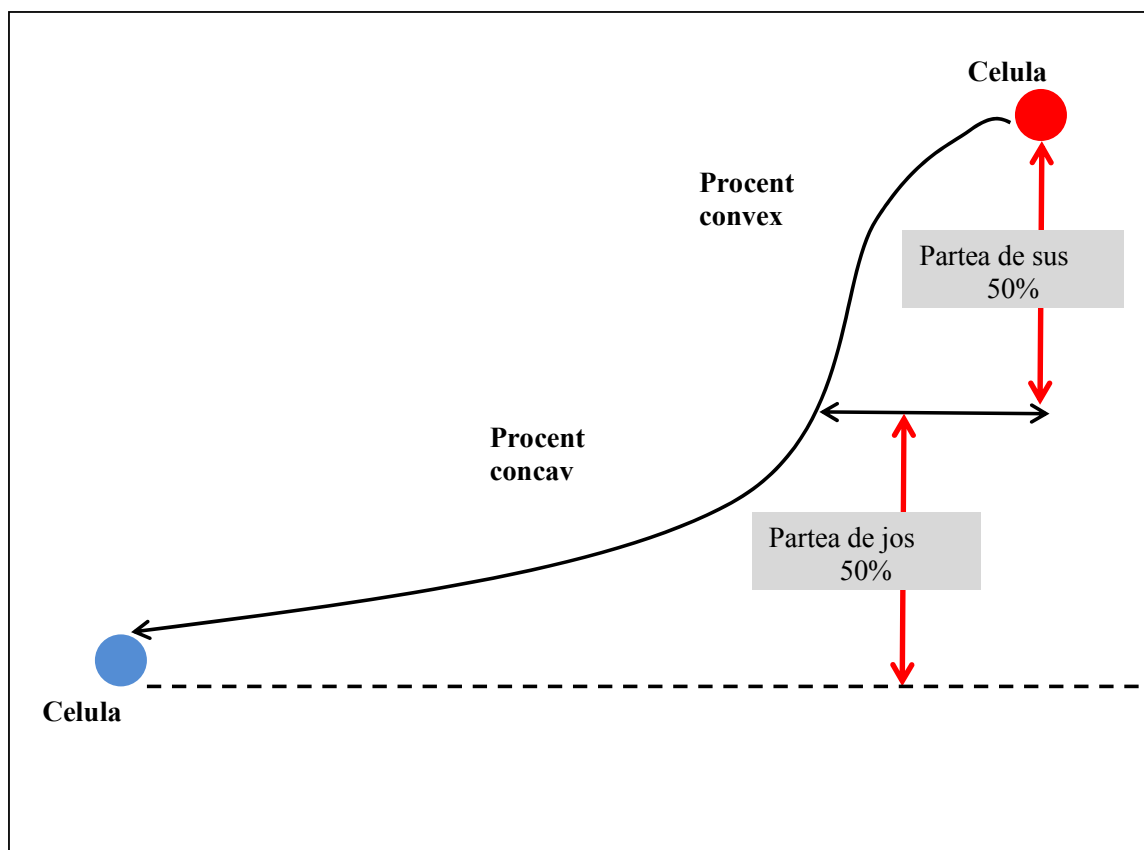


Figura 5.4: Definiția parametrilor necesari pentru definirea „Formei” peisajului

TAPES-G (Tabel 5.2) a fost selectat pentru calcularea indicilor de teren deoarece:

- a permis ca o largă varietate de indici de teren să fie calculați cu aceeași subrutină a programului
- a utilizat un sistem grid care a fost necesar pentru modelare ulterioară
- a permis introducerea de soluri și direcții multiple ale fluxului în calculele pentru indicii de umiditate
- a calculat indici fără să aibă nevoie de parametri de flux necesari pentru modelele hidrologice totale

TOPMODEL (Beven & Kirkby, 1979) și TOPOG (Vertessy *et al.*, 1994), modele hidrologice distribuite, au fost luate în considerație pentru a fi utilizate în proiect și au fost respinse deoarece sunt necesare date cum ar fi fluxul curentului pentru a le valida, și acestea nu au fost disponibile pentru studiul bazinelor hidrografice.

Pentru a utiliza TAPES-G, este necesar un MDT hidrologic corect, fiind utilizată rutina TOPOGRID din ArcINFO, care umple rezervoare în MDT, ceea ce înseamnă că nu sunt încheiate artificial căile de curgere înainte de a ajunge la matca râului. Ieșirile din TAPES-G sunt utilizate ca intrări în SRAD și DYNWET-G pentru a calcula SSWI și SWRSS. Detalii ulterioare despre SRAD, DYNWET și TAPES-G (Wilson & Gallant, 2000) pot fi găsite în **Anexa A1**.

Tabel 5.2.2

Descrierea pachetelor de programe luate în considerație pentru utilizarea în proiect; avantajele și dezavantajele utilizării lor

	Ieșiri	Avantaje	Dezavantaje
TAPES-G	Proprietăți relevante pentru distribuția apei în teren. Derivatele prime și secundare și combinații care definesc caracteristici de pantă ascendentă	Pachete de programe legate. Ieșirile din Tape-G pot fi utilizate direct pentru a calcula atribute secundare. Nu necesită caracteristici despre debitul de curgere. Varietate de opțiuni pentru a include date de sol în	Operează sub LINUX. Procesarea fișierelor de ieșire este foarte mare consumatoare de timp. Cerință pentru pre-procesare MDT pentru calcule de pantă, expoziție, curbura

		indicele Wetness. Varietate de metode pentru a calcula direcțiile de curgere. Utilizează un sistem grid. Oportunitate pentru analize reziduale	
TAPES-C/TOPOG	Parametri de stare staționară și profile cu dinamica umidității solului etc.	Conectivitate îmbunătățită a fluxului comparativ cu un sistem grid.	Dificil de construit rețeaua de elemente. Nu calculează indici de radiație. Calcule de dinamica umidității pe baza condițiilor climatice specifice. Model determinist proiectat pentru modelarea dinamicii hidrologice
LAND-MAPR	Caracteristici de formă pentru peisaje definite prin distanțe între albi și creste.	Parametrii pot fi utilizați pentru caracterizarea peisajului ținând cont de modelarea fizică	Nu calculează alți indici în afară de WI. Nu are inputuri pentru soluri.
TOPAZ	Identificarea sub-bazinului și parametrilor de canal. Derivate topografice de bază.	Permite un control de calitate al DEM. Definește sub-bazine.	Utilizează doar metoda D8 pentru a defini fluxul de apă în teren. Nu calculează parametrii de curbură sau legăturile cu indicii de teren necesari pentru analize. Nu permite date de input pentru soluri.
TOPOGRID	MDT Smoothed	Permite calcule de pantă, expoziție etc. fără rezervoare în TAPES-G	N/A
ArcHydro	Rețele de canale și limite de bazine.	Calculare rapidă și afișarea sub-bazinelor în ArcGIS care pot fi utilizate pentru a extrage parametrii pentru analizele de similaritate	Utilizează doar metoda D8 pentru definirea fluxului de apă în teren. Proiectat pentru modelarea hidrologică și nu pentru dezvoltarea unui indice. Nu face analize de radiație și nu are opțiune pentru date input de sol
TAS	Caracteristici morfometrice și de curgere. Clasificări de peisaje.	Un program gratis de analize de teren care permite afișarea datelor.	Îndeplinește multe din funcțiile ArcGIS. Nu calculează indici de radiație și nu permite date input de sol
TOP MODEL	Produce analize spațiale hidrografice și topografice	Nici unul	Model hidrologic care utilizează WI și prognozează debitul de curgere. Nu este un model care calculează indici multipli cu a varietate de opțiuni input.
SOLAR-FLUX	Calculează insolația cu și fără umbrire datorată topografiei. Durata insolației directe. Compensarea transmisivității pentru elevație	Poate fi utilizat direct în ArcINFO	Permite doar ieșiri limitate pentru variabilele solare
SAGA dezvoltare din DiGeM	Proprietăți care definesc forma peisajului și suprafața ascendentă utilizând diferiți algoritmi de curgere	Un sistem de tip fereastră cu rezultate vizuale imediate. Are doi algoritmi de curgere mai mult decât TAPES-G	Nu calculează indici de radiație. Nu include date de sol

5.2.4 Variabilitatea spațială a Indicilor de umiditate generați la scara câmpului și bazinului hidrografic

Indicii de umiditate au fost calculați utilizând DYNWETG. SSWI utilizează attribute de teren pure și este calculat dintr-o ieșire DEM fără depresiuni din TOPOGRID, unde fiecare din „rezervoare” (celule la care căile de curgere se termină și nu există flux spre exterior) au fost

umplute. Suprafața critică de-a lungul pantei a fost estimată la $65\,000\text{ m}^2$, iar suprafața maximă intersectată (Suprafața de-a lungul pantei deasupra căreia sunt calculate căile fluxului utilizând algoritmul D8 (Apendix 1)) pentru a împiedica divergența fluxului în văi (Wilson & Gallant, 2000) a fost $100\,000\text{ m}^2$. Fluxul mai jos de acest punct este modelat utilizând algoritmi de direcție multiplă a fluxului pentru a minimiza apariția unor căi multiple de flux paralel (Gallant & Wilson, 1996).

Se poate observa, la un nivel regional, că SSWI „curăță” hărțile din afara canalelor majore de râu din zonă și că cele mai de jos valori sunt asociate cu cele mai abrupte pante din zonă. La o scară mică a sub- bazinului hidrografic (Figura 5.5), SSWI culege debitul spre centrul bazinului hidrografic, cu alte valori mai ridicate asociate cu depresiuni și canale uscate. Din aceste rezultate, baza site-ului 1 se așteaptă să fie mai udă, reflectând proximitatea sa față de cursul de apă și scăderea pantei, în timp ce site-ul 2 se așteaptă să fie mai udă în vârful pantei, în afara platourilor, și mai uscată spre vale.

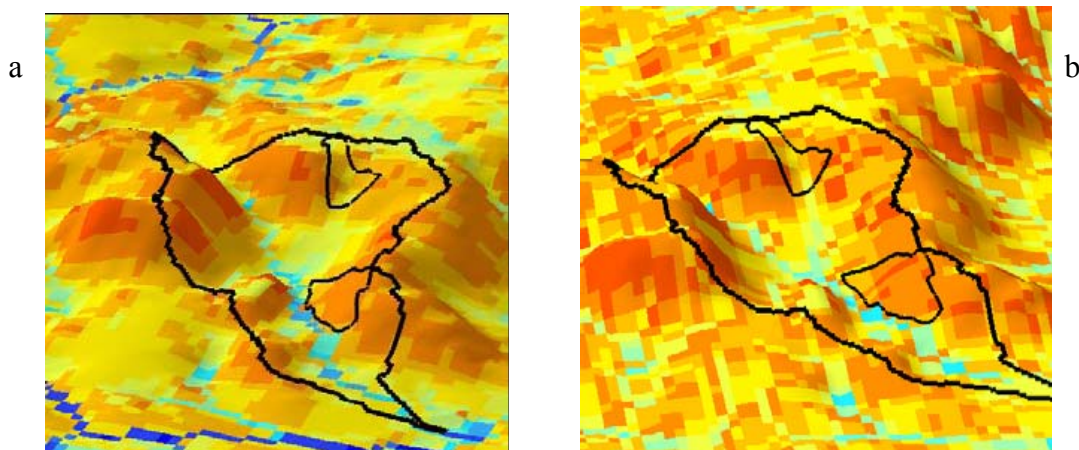


Figure 5.5: (a) SSWI (b) DYNWET pentru bazinul hidrografic ales

Indicele cvasi-dinamic de umiditate (Barling *et al.*, 1994) a fost calculat în DYNWETG utilizând datele de sol la scara 1:25 000 cu proprietățile solului, conductivitatea hidraulică saturată și porozitatea, date ca medii ponderate de grosimea fiecărui strat din profil. A fost utilizată o perioadă lungă de drenaj, de 1000 ore. Se sugerează că scăderea acestei valori la numărul de zile între drenajuri poate conduce la predicții mai bune despre stare de umiditate într-un bazin hidrografic (Gallant & Wilson, 1996).

Rezultatele arată că DYWI este mai puțin variabilă și în general mai scăzută decât SSWI, dar din nou arată cele mai mari pante în zonele de Nord Est și Sud Vest. Principalele canale de râu sunt de asemenea mai puțin clar definite în DYWI. La o scară mică a bazinului hidrografic (Figura 4-10) valorile sunt în general mai scăzute în DYWI în comparație cu SSWI. Modele similare sunt văzute în cele două câmpuri experimentale, deși DYNWET a fost mai variabil decât SSWI în zonele mai abrupte.

Acești indici ne ajută să evidențiem depresiunile și zonele mai joase în teren, care pot avea impact asupra recoltei (Kaspar *et al.*, 2004; Kravchenko & Bullock, 2002; Pachepsky *et al.*, 2001).

5.2.5 Comparație între umiditatea solului măsurată și estimată

5.2.5.1 Activitatea în câmp

Datele de umiditate a solului au fost colectate din câmp în cele două site-uri utilizând tuburi de acces în sol, pe un profil (Delta-T, PR1) și umidometrul (Delta-T, HH2). Probele de monitoring colectează datele de umiditatea solului la șase adâncimi; 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6 și 1.0 m. Tuburile de acces sunt de 0.028 m în diametru și au fost introduse într-o cavitate de 0.025 m, pentru a împiedica apariția golurilor de aer pe lungimea tubului. Acestea vor introduce imprecizii în citiri, împiedicând propagarea câmpului electromagnetic, deci afectând rezultatele. Tuburile au fost

instalate cu vârful tubului înfipt pe 5 cm în suprafața terenului, ceea ce împiedică intrarea apei în tub. În plus există un inel de cauciuc strâns în jurul tubului pentru a împiedica apa să alunece în jos în tub și un cap de cauciuc care să împiedice apa să intre în tub. Figura 5.6 prezintă un tub de acces în sol instalat în site-ul 1. Echipamentul DELTA-T cu calibrare generică are o acuratețe de $\pm 5\%$ v/v din umiditatea solului. A existat o largă varietate de soluri în suprafața de studiu și nu au fost posibile calibrări individuale pentru fiecare serie de sol.



Figure 5.6: Tubul de măsurare a umidității din sol instalat în Site 1

În site-ul 1, au fost instalate șaisprezece tuburi (5.7 ha), iar în site-ul 2 au fost instalate 22 (7.8 ha). Locațiile lor au fost selectate pentru a oferi un domeniu larg de caracteristici topografice și pentru a ridica probe în mai multe tipuri de sol, cartografiate la scala 1:10 000. Coordonatele domeniului de puncte au fost extrase în ArcGIS și au fost localizate în câmp utilizând GPS cu o acuratețe de aproximativ 5 m. După ce toate tuburile de acces au fost instalate în poziția lor actuală, aceasta a fost înregistrată cu GPS diferențial corectat. Tuburile nu au fost lăsate în pământ în timpul iernii pentru că însămânțarea și aratul le va deteriora.

În al doilea an de experimente, șase tuburi de acces nu au fost înlocuite, datorită deteriorării din timpul scoaterii în anul anterior. Site-urile din care nu au fost ridicate probe în 2004 au fost selectate pentru analizele pentru indicele de umiditate și tipul de sol. Cele șase tuburi de acces au fost înlocuite în timpul sezonului, dar datorită uscării solului s-a ajuns ca multe citiri să fie sub domeniul instrumentului și rezultatele lor au fost eliminate din orice analiză ulterioară. Tuburile rămase încă reprezintă domeniul de tipuri de sol și indice de umiditate din suprafața test. Cultura în Site-ul 1 în 2004 a fost Semințe de rapiță pentru ulei și ca cultură dezvoltată it became impossible to reach the tuburi. Din timpul acest sezon există câțiva tuburi unde there a fost not a totală set of măsurători înregistrată.

În 2005 18 tuburi în Site-ul 2 au fost reintroduse pentru sezonul final de măsurători. Măsurătorile din aceste tuburi nu au fost utilizate as it a fost apparent din viewing rezultatele care tuburile au avut not settled în the sol. De asemenea there au fost doar 6 weeks of rezultate per tub datorită timp între the final setting of “tramlines” și recoltare.

În interpretarea rezultatelor din site-ul 2, s-a decis să se înlăture valorile care au fost semnificativ mai coborâte decât porozitatea totală deoarece pot fi un rezultat al pierderii legăturii sau pătrunderea apei în tub. Aceasta a condus la valori de 1m îndepărtate din analizele pentru tubul 36 în 2003 și tuburile 17, 23, 26 și 36 în 2004. De asemenea, adâncimile la care a fost înregistrată “L” pentru un procent semnificativ de măsurători au fost de asemenea îndepărtate din analizele ulterioare (valorile de 0.4 m și 0.6 m la tubul 38 și 0.6 m la tubul 31 în 2003 și 0.4 m și 0.6 m la tubul 34 și 0.4 mm la tubul 25).

Pentru validarea variantelor bazate pe indice, în cascadă și ISBA pentru prognoza umidității solului în modelul IAGINT a fost utilizată umiditatea solului din tuburi. Au fost efectuate două metode de analize și au fost calculați mai întâi parametrii de variație:

- r^2 coeficient de corelație,
- eroare globală
- Coeficientul de determinare, care evidențiază erorile bias potențiale din date.

În al doilea rând, pentru a ajuta la interpretarea acestor rezultate, au fost realizate analize vizuale pentru seriile de timp pentru rezultatele măsurate și modelate.

5.2.5.2. Modele de precipitații 2003-2004

Modelul de precipitații, pentru anii în care au fost realizate modelarea și măsurătorile de umiditatea solului, arată că 2003 a fost semnificativ mai uscat decât media pe 30 ani, 455 mm comparat cu 652 mm. Februarie, martie și aprilie, ca și august și septembrie au fost cele mai uscate luni pentru precipitațiile medii. În 2004 precipitațiile au fost similare, 602 mm, față de medie, cu excepția unei luni foarte umede - august, 223% față de medie, și a unei luni uscate - septembrie, 22% față de medie.

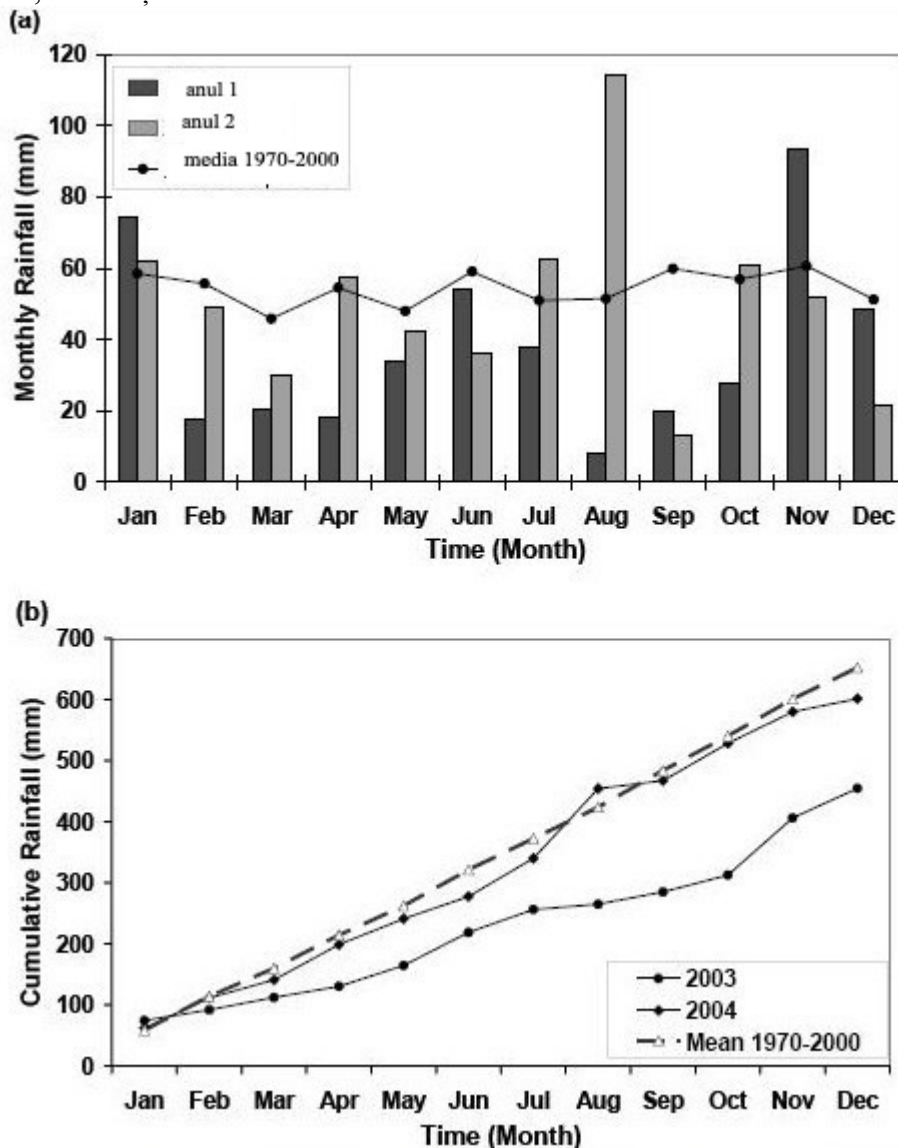


Figura 5.7: (a) Precipitații și (b) Precipitații Cumulative în 2003/2004 în comparație cu media pe 30 ani.

5.2.5.4 Variabilitatea umidității solului la suprafață pe clase de sol și elemente de teren

În 2007 au fost realizate trei măsurători de umiditatea solului la suprafață surveys în Site-ul 2. Aceste au fost realizate în 17 aprilie, 21 mai și 7 iulie, pe un grid randomizat de 30 m, cu cel puțin 100 puncte în scopul de a putea analiza geostatistic rezultatele (Figura 4-14). Datele de umiditate a solului au fost măsurate utilizând un senzor Delta-T, ML2 și un umidometru (Delta-T, HH2). Probele de monitoring colectează datele de umiditatea solului din partea de sus de 0.1 m a solului. Fiecare punct a fost localizat utilizând GPS diferențial corectat. Acest grid a fost condiționat de localizarea "liniilor de acces" din câmp, deși măsurătorile au fost realizate în culturi pentru a preveni erorile bias datorită compactării solului de lângă liniile de acces.

De la prima măsurătoare, s-a notat că micro topografia și variațiile locale în creșterea plantei pot influența mai semnificativ rezultatele. Pentru a ține cont de aceste variații locale au fost realizate 4 măsurători în fiecare punct, iar pentru analiză a fost utilizată media. Patru măsurători în fiecare punct au fost suficiente ca rezultatele să prezinte variația în câmp mai corect decât orice altă locație de prelevare a probelor. Eroarea în aceste măsurători a fost $\pm 5\%$ v/v utilizând calibrare generică a instrumentului.

În câteva site-uri în soluri cu argilă gonflantă, introducerea probelor fără a le deteriora a fost dificilă și din această cauză au fost mai puține cu patru probe în aceste site-uri. Analizele realizate pe aceste rezultate au fost utilizate Modele Generale Lineare (GLM) pentru a evalua împărțirea variației față de atributele de soluri și teren, în particular SWRSS și DYWI și SSWI calculată utilizând pachetele de programe din TAPES-G: DYNWETG și SRAD (Anexa 1).

5.2.5.5 Rezultate din cartările de umiditatea solului la suprafață

Rezultatele din cartările suprafeței pentru 7 Aprilie, 21 mai și 13 Iulie sunt evidențiate în următoarea secțiune. **Figura 4-15** prezintă citirile de umiditatea solului din 3 probe. Datele meteorologice asociate prezintă o perioadă uscată înainte de recoltarea din mai și precipitații crescute înainte de recoltarea din iulie.

O analiză a variației arată că există diferențe semnificative între soluri și date, și între interacția între date și soluri. Un grafic al umidității medii a solului pentru cele trei date (**Figura 4-16**) arată că umiditatea solului a fost semnificativ crescută în aprilie în comparație cu celelalte două date, unde nu a existat o diferență semnificativă.

Figura 4-15 Umiditatea măsurată a solului % v/v în Site-ul 2.

Dintr-o evaluare vizuală a datelor, solurile cad în trei grupuri în funcție de scăderea umidității medii a solului (**Figura 4-16**). Aceste sunt

Alte serii, Hucklesbrook și Wix, au un maxim de un pct de date pentru fiecare, așa că sunt excluse din analizele. Maplestead și Melford sunt soluri bine drenate lutoase permeabile peste the mai scăzut greensand, Melford are conținut de argilă mai ridicat. Wickham este un lut argilos cu exces sezonier de apă peste argilă, iar celelalte sunt luturi nisipoase drenând liber sau nisipuri lutoase pe mai scăzut Greensand.

5.2.5.6 Analize generale

Rezultatele din măsurătorile de umiditate a solului în site-ul 2 în 2004 și Site-ul 1 în 2005 prezintă tendințe similare. Variația maximă explicată la scara asociațiilor de sol (la scara 1:10 000) este 76% în Site-ul 1 pe 17 iunie 2005. Procentul de variație explicat de asociațiile de sol în general descrește în timpul anului pe măsură ce solurile se usucă. În Site-ul 2 solurile explică mai puțin procentul de variație (**Figura 4-17**) decât în Site-ul 1. În orice caz variația suplimentară explicată prin adăugarea atributelor de teren a fost cu puțin mai ridicată.

Când harta solului s-e generalizat (scara 1:25 000) variația explicată prin asociațiile de sol scade (**Figura 4-17**). La această scară adăugarea variabilelor de teren la GLM are un impact mai mare asupra procentului de variație explicată cu până la 24% mai mult.

Analize similare au fost realizate în site-ul 3, deși au fost accesibile doar datele de sol la scara 1:25 000. Rezultatele arată că solul cartografiat la această scară este un foarte slab predictor al umidității solului, explicând maximă 4% din variație. Adăugarea terenului duce la creșterea maximă a variației explicate de până la 23% (**Figura 4-17**).

Creșterea procentului de variație explicată prin soluri în Site-ul 3 față de Site-ul 2 și Site-ul 1 ar putea fi legată de stratul superficial de geologie. Site-ul 3 este underlain by Till și Amphill Argilă, Site-ul 2 este în principal underlain by the Mai scăzut Greensand dar part of de bază of câmpul este peste Amphill Argilă. Site-ul 1 în contrast overlays, în similar proportions, the Mai scăzut Greensand și Chalky Argilă. Aceste două underlying geologies will au semnificativ diferite drenaj regimuri și de asemenea overlying sol series, hence it se vor aștepta care a mai mare cantitatea de variația este explicate by variația în sol series. The Greensand de asemenea

are variații spațiale ale proprietăților, cu pete having mai a mai argilos strat underlying solurile (Bradley, 2006 pers.com.).

Oxpasture și Evesham, două din cele trei soluri în Site-ul 3 cartografiate la 1:25 000 ar trebui să aibă caracteristici similare de umiditatea solului deoarece au proprietăți similare ale solului în stratul de suprafață, cu principala diferență în adâncimea argilei. The Hanslope se așteaptă să fie puțin mai drenat decât este, deoarece are un conținut de argilă mai scăzut și o structură mai deschis. Un factor major în variația explicată în Site-ul 3 ar putea fi pantele mult mai subțiri în câmpul respectiv, în comparație cu Site-ul 2 și Site-ul 1. Rezultatele arată că, așa cum era de așteptat, pantele mai mari conduc la o creștere în procentul umidității solului, explicate de teren.

5.2.6 Redistribuiția apei în zonele colinare în Subcarpații de Curbură

Analizând un minim de date, cel puțin pentru șirul precipitațiilor anuale, putem spune că după o perioadă de circa 20 de ani (1975 – 1996, cu diferențieri de la stație la stație) caracterizată de precipitații mai slabe, urmează o perioadă de creștere a precipitațiilor, în care ne situăm în prezent. Bineînțeles, aceasta se va confirma în următorii cel puțin 5 ani (fig. 5.2.6.1).

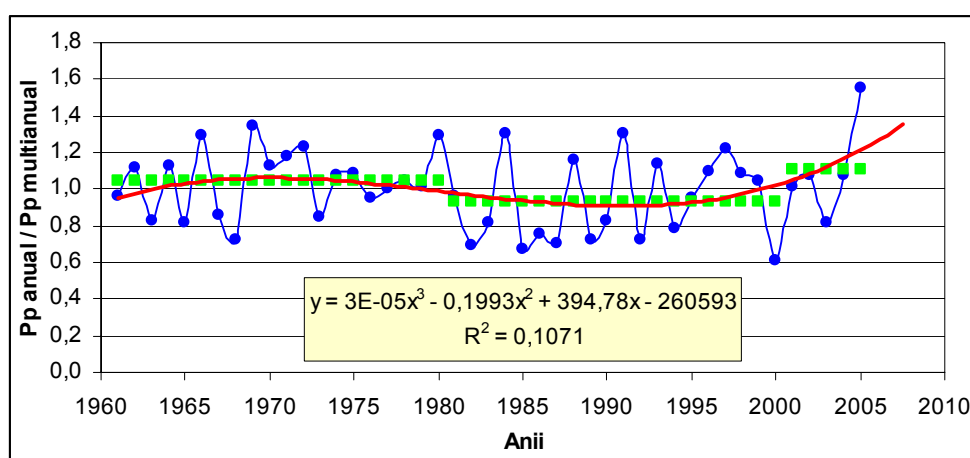


Fig. 5.2.6.1 - Evoluția raportului dintre precipitațiile anuale și media multianuală la stația Pătârlagele

În vederea caracterizării pluviometrice a regiunii, în conformitate cu prevederile contractului, au fost analizați următorii indici:

1. Indicele simplu al intensității pluviale
2. Suma celor mai mari cinci cantități de precipitații
3. Numărul maxim de zile consecutive fără precipitații
4. Perioada de revenire a cantităților lunare de precipitații
5. Indicele standardizat de precipitații
6. Cantitatea maximă de precipitații căzută în 24, 48 și 72 de ore

Definirea și metodologia de calcul a acestor indici se bazează pe fundamentările realizate în cadrul programelor europene EMULATE¹ (European and North Atlantic daily to MULTidecadal climATE variability) și ECA&D² (European Climate Assessment & Dataset). Indicii au fost calculați la nivel sezonier și anual, pe date din perioada 1961-2005. Definițiile lor se regăsesc mai jos, iar valorile sunt sintetizate în tabelele 1-6 din Anexa 3.

Indicele simplu al intensității pluviale (mm/zi) reprezintă raportul dintre cantitatea de precipitații căzută într-un interval dat (anotimp, an) și numărul de zile cu precipitații mai mari sau egale cu 1 mm din același interval (Anexa 3 / Tabel 1).

Suma celor mai mari cinci cantități de precipitații (mm) se obține prin însumarea celor mai mari cinci cantități dintr-un interval dat (Anexa 3 / Tabel 2).

¹ <<http://www.giub.unibe.ch/~juerg/EMULATE-description.pdf>>

² <<http://eca.knmi.nl/>>

Numărul maxim de zile consecutive fără precipitații (zile) s-a calculat atât la nivel de anotimp, cât și ca valoare anuală (Anexa 3 / Tabel 3).

Perioadele de revenire a cantităților lunare de precipitații (ani) de interes pentru acest studiu au fost cele de 1, 10 și 100 de ani. Cantitățile corespunzătoare acestor perioade de revenire au fost calculate folosind distribuția Gumbel (Anexa 3 / Tabel 4).

Indicele standardizat de precipitații (ISP) s-a calculat atât la nivel de anotimp, cât și ca valoare anuală (Anexa 3 / Tabel 5).

Cantitatea maximă de precipitații căzută în 24, 48 și 72 de ore (mm) s-a calculat pentru fiecare anotimp și pentru întregul an (Anexa 3 / Tabel 6).

Pentru comparație, sunt prezentate și valorile de la unele stații meteorologice din proximitatea regiunii de interes.

ISP-ul a fost conceput cu scopul general de a defini și monitoriza dezvoltarea secetelor, fiind dezvoltat de cercetătorii americani McKee, Doesken și Kleist (Colorado State University) la începutul anilor 1990. Acest indicator urmărește cuantificarea deficitului și excesului de precipitații în diferite intervale de timp, inițial pentru 3, 6, 12, 24 și 48 de luni, extins apoi și la intervale mai scurte (lună, săptămână). Una din limitările principale este dată de faptul că deși încearcă să caracterizeze un fenomen complex (seceta), indicele ia în considerare doar precipitațiile atmosferice. De asemenea, în interpretarea acestuia, trebuie ținut cont de faptul că raportarea se face la cele mai reduse medii de precipitații din țară.

Există mai multe procedee de a obține valorile ISP-ului. Conceptual, se urmărește compararea cantității de precipitații de la o anumită stație meteorologică sau regiune pentru un interval de timp specific cu media precipitațiilor acumulate în același interval de timp, de-a lungul întregii perioade de observații.

Unul din procedeele de obținere a ISP este detaliat de Colorado State University (<http://ccc.atmosf.colostate.edu/spi.pdf>). Acesta se bazează pe compararea unei funcții de probabilitate a distribuției Gamma cu distribuția frecvențelor cantităților de precipitații. Acordarea de calificative pluviometrice perioadelor pentru care se efectuează analiza pe baza ISP se face după o scară care poate avea diferite grade de detaliere. Una dintre variantele utilizate este redată în tabelul următor.

Tabel 5.2.6.7

Calificative pluviometrice acordate lunilor sau altor perioade de analiză în funcție de valoarea Indicelui Standardizat de Precipitații

Valoarea ISP	$\leq -2,00$	-1,99 - -1,50	-1,49 - -1,00	-0,99 - +0,99	1,00 – 1,49	1,50 – 1,99	$\geq 2,00$
Calificativ	Extrem de secetos	Foarte secetos	Secetos	Normal	Umed	Foarte umed	Extrem de umed

ISP-ul a fost calculat la nivel sezonier și anual de către ANM (Administrația Națională de Meteorologie), pe baza programului și documentației puse la dispoziție de National Drought Mitigation Center (NMDC)³. Rezultatele folosite în această lucrare fac parte dintr-un contract de cercetare comun INHGA – ANM. Valorile obținute au fost clasificate conform metodologiei descrisă de Hayes (2006)⁴ (tabel 8). Analiza secetei și a excesului de precipitații a fost efectuată pe baza frecvenței sezoniere și anuale a acestor fenomene.

Seceta și excesul de precipitații sunt fenomene cu mare variabilitate spațială, ele putând surveni în orice regiune. Se remarcă frecvența mare a anilor normali, precum și a precipitațiilor sezoniere

³ <http://drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi_program.htm>

⁴ < <http://drought.unl.edu/whatis/indices.htm#spi>>

clasificate astfel. Se remarcă frecvența mai mare a sezonelor de toamnă secetoase începând de la Buzău spre nord, atât în Subcarpații externi cât și în cei interni. Frecvențe mai mari sunt caracteristice și Văii Prahovei. În sectorul situat la nord de Buzău și sezoanele de vară tind a avea frecvențe ceva mai mari pentru suma celor 3 calificative ce indică un climat mai arid.

Tabel 5.2.6.8

Frecvența (%) anilor cu deficit și excedent de precipitații

Stația meteorologică	An			Primavara			Vara			Toamna			Iarna		
	S	M	P	S	M	P	S	M	P	S	M	P	S	M	P
Fundata	15,5	64,5	20,0	15,5	64,5	20,0	20,0	64,4	15,6	15,6	68,9	15,5	15,9	68,2	15,9
Câmpulung Muscel	13,4	73,3	13,3	13,4	73,3	13,3	15,5	75,7	8,8	17,8	66,7	15,5	13,6	72,8	13,6
Târgoviște	13,3	75,6	11,1	13,3	75,6	11,1	17,7	69,0	13,3	17,7	66,8	15,5	20,5	65,9	13,6
Predeal	13,3	68,9	17,8	13,3	68,9	17,8	17,8	66,7	15,5	20,0	57,8	22,2	20,5	61,4	18,1
Vf. Omu	15,5	71,2	13,3	15,5	71,2	13,3	11,1	68,9	20,0	15,6	73,3	11,1	18,2	63,6	18,2
Sinaia 1500	20,0	64,5	15,5	20,0	64,5	15,5	17,8	64,4	17,8	22,2	62,3	15,5	15,9	77,3	6,8
Câmpina	13,4	75,6	11,0	13,4	75,6	11,0	15,5	66,8	17,7	17,7	69,0	13,3	9,1	75,0	15,9
Ploiești	15,5	71,1	13,4	15,5	71,1	13,4	20,0	62,3	17,7	17,7	66,8	15,5	18,1	68,3	13,6
Întorsura Buzăului	13,3	71,2	15,5	13,3	71,2	15,5	22,2	57,8	20,0	13,3	66,7	20,0	15,9	70,5	13,6
Pătărlagele	22,2	55,6	22,2	22,2	55,6	22,2	15,8	63,7	20,5	15,6	71,1	13,3	13,7	68,2	18,1
Buzău	15,5	68,9	15,6	15,5	68,9	15,6	17,7	60,1	22,2	24,5	62,2	13,3	18,2	65,9	15,9
Făurei	12,5	67,5	20,0	12,5	67,5	20,0	12,5	75,0	12,5	20,0	62,5	17,5	12,8	74,4	12,8
Lăcăuți	13,3	73,4	13,3	13,3	73,4	13,3	17,8	64,5	17,7	15,6	73,4	11,0	13,6	75,1	11,3
Râmnicu Sărat	15,5	60,1	24,4	15,5	60,1	24,4	24,4	60,1	15,5	22,2	62,3	15,5	13,6	70,6	15,8
Tulnici	9,6	78,6	11,8	9,6	78,6	11,8	19,1	61,9	19,0	21,4	59,5	19,1	19,0	64,3	16,7
Târgu Ocna	13,3	69,0	17,7	13,3	69,0	17,7	20,0	64,5	15,5	17,8	71,2	11,0	18,1	66,0	15,9
Adjud	13,6	68,2	18,2	13,6	68,2	18,2	15,5	69,0	15,5	24,4	62,3	13,3	15,9	70,5	13,6
Tecuci	15,5	60,0	24,5	15,5	60,0	24,5	22,2	57,8	20,0	24,5	62,2	13,3	9,1	75,1	15,8

S = suma frecvențelor (%) pentru calificativele “Extrem de secetos”, “Foarte secetos” și “Secetos”

M = frecvența (%) calificativului “Normal”

P = suma frecvențelor (%) pentru calificativele “Extrem de umed”, “Foarte umed” și “Umed”

Pe de altă parte, trebuie remarcat faptul că ponderea cumulată a manifestărilor extreme ale deficitului (extrem de secetos, foarte secetos) sau excedentului (foarte umed, extrem de umed) este în general sub 10% din total (tabelul 9). Astfel determinat, sezoanele de toamnă au ponderi mai mari pentru calificativul ce indică deficit la Râmnicul Sărat (11,1%) și mai mici în Subcarpații Prahovei.

Tabel 5.2.6.9

Ponderea cumulată a manifestărilor extreme ale deficitului și excedentului

Stația meteorologică	An		Primavara		Vara		Toamna		Iarna	
	S _E	P _E	S _E	P _E	S _E	P _E	S _E	P _E	S _E	P _E
Fundata	6,6	4,4	6,6	4,4	4,4	8,9	8,9	4,4	4,5	6,8
Câmpulung Muscel	6,7	6,6	6,7	6,6	6,6	4,4	6,7	6,6	11,3	4,5
Târgoviște	8,9	6,7	8,9	6,7	6,6	6,6	4,4	4,4	9,1	2,2
Predeal	6,6	11,1	6,6	11,1	6,7	4,4	6,7	4,4	4,6	9,0
Vf. Omu	4,4	8,9	4,4	8,9	4,4	4,4	8,9	4,4	6,8	6,8
Sinaia 1500	8,9	2,2	8,9	2,2	8,9	11,1	4,4	6,6	11,4	6,8
Câmpina	13,4	2,1	13,4	2,1	4,4	13,3	4,4	6,6	6,8	2,3
Ploiești	8,8	6,7	8,8	6,7	4,4	6,6	4,4	6,6	4,5	6,8
Întorsura Buzăului	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	2,2	6,6	4,4	6,8	9,1
Pătărlagele	6,6	6,6	6,6	6,6	9,0	4,5	8,9	4,4	4,6	6,7
Buzău	4,4	6,7	4,4	6,7	4,4	11,1	8,9	8,9	6,8	4,5
Făurei	5,0	2,5	5,0	2,5	7,5	5,0	10,0	5,0	5,1	7,7

Lăcăuți	8,9	4,4	8,9	4,4	4,4	6,6	8,9	6,6	9,1	6,8
Râmnicu Sărat	8,8	2,2	8,8	2,2	2,2	11,1	11,1	4,4	6,8	9,0
Tulnici	7,2	9,4	7,2	9,4	4,8	9,5	9,5	4,8	9,5	4,8
Târgu Ocna	8,9	8,8	8,9	8,8	2,2	6,6	6,6	6,6	11,3	2,3
Adjud	6,8	9,1	6,8	9,1	4,4	6,6	6,6	6,6	6,8	4,5
Tecuci	8,8	6,7	8,8	6,7	8,9	4,4	8,9	2,2	6,8	9,0

S_E = suma frecvențelor (%) pentru calificativele “Extrem de secetos” și “Foarte secetos”

P_E = suma frecvențelor (%) pentru calificativele “Extrem de umed” și “Foarte umed”

Media intervalelor maxime de zile consecutive fără precipitații, calculate pentru valorile anuale sau sezoniere, aduce un plus de informație asupra potențialului de producere a secetelor sau a secării râurilor (tabelul 5.2.6.10).

Tabel 5.2.6.10

Media intervalelor maxime de zile consecutive fără precipitații

Stația meteorologică	Primavara	Vara	Toamna	Iarna	Anual
Fundata	12,7	9,4	18,3	15,0	13,9
Câmpulung Muscel	15,8	10,8	20,5	20,5	16,9
Târgoviște	18,1	13,5	23,1	22,2	19,2
Predeal	12,9	9,9	17,2	14,8	13,7
Vf. Omu	10,8	8,5	16,7	13,8	12,5
Sinaia 1500	20,8	20,3	24,7	20,5	21,6
Câmpina	16,5	12,1	21,2	21,3	17,8
Ploiești	18,0	13,1	22,6	21,6	18,8
Întorsura Buzăului	16,0	11,3	19,5	18,3	16,3
Pătârlagele	18,4	13,3	22,9	24,3	19,7
Buzău	18,8	16,4	24,8	24,6	21,2
Lăcăuți	13,4	10,1	19,5	14,4	14,4
Râmnicu Sărat	18,8	16,6	23,6	25,1	21,0
Târgu Ocna	17,7	12,3	23,0	24,3	19,3
Tecuci	21,0	16,3	24,3	25,3	21,7

Anual, se remarcă prin depășirea unui număr maxim de 20 zile consecutive fără precipitații atât versantul estic al Bucegilor, bine adăpostit față de influențele oceanice dar și față de masele de aer tropicale, cât și câmpia situată la contactul cu Subcarpații de la Curbură (inclusiv Subcarpații externi), începând de la Buzău spre Culoarul Siretului.

Toamna, numărul mediu de zile fără precipitații depășește 22 zile în aproape tot spațiul subcarpatic, ajungând la peste 23 și chiar peste 24 zile la exteriorul acestuia. În sezonul de iarnă se remarcă intervalul mai mare caracteristic Subcarpaților Buzăului ca efect al foehnului și al temperaturilor mai ridicate pentru aceeași altitudine (24,3 zile la Pătârlagele).

Analizând la câteva stații intervalele maxime de zile consecutive fără precipitații în perioada 1961 - 2005, se remarcă:

- La Târgoviște intervalul maxim a fost de 46 zile și s-a înregistrat în octombrie – noiembrie 1969. S-au mai depășit 30 zile în octombrie – noiembrie 1977, aceeași perioadă a anului 1978, ianuarie - februarie 1989 (37 zile), martie – aprilie 1990, septembrie - octombrie 2000 și ianuarie - februarie 2002 (36 zile).
- La Câmpina intervalul maxim a fost mai mic (37 zile) și s-a înregistrat în ianuarie - februarie 1989. În martie – aprilie 1990 perioada fără precipitații a însemnat 35 zile iar în septembrie - octombrie 2000, 33 zile. De asemenea intervalul de iarnă ianuarie - februarie 2002 a inclus un număr de 37 zile fără precipitații.

- La Pătărlagele intervalul maxim este comparativ cu cel de la Târgoviște (44 zile), dar aici a fost înregistrat în octombrie – noiembrie 1977. Și în iarna anului 2002 acesta a depășit 40 zile, ajungând la 44 zile. De asemenea, intervalele fără precipitații mai mari de 30 zile sunt mult mai numeroase (tabelul 11), ca și cele între 20 - 29 zile. Peste 30 zile consecutive s-au înregistrat și în sezonul de vară. Începând cu data de 1 august 1996, s-au înregistrat 39 zile consecutive fără precipitații.
- Numărul perioadelor cu peste 40 zile fără precipitații este maxim în câmpie.

Tabel 5.2.6.11

Numărul intervalelor de zile consecutive fără precipitații în perioada 1961 - 2005

Stația meteorologică	20 – 29 zile		30 – 39 zile		> 40 zile	
	Nr _i	i _m	Nr _i	i _m	Nr _i	i _m
Fundata	8	22,5	1	34,0	0	0,0
Câmpulung Muscel	17	23,6	3	36,0	1	42,0
Târgoviște	32	23,0	6	33,5	1	46,0
Predeal	9	22,6	1	33,0	0	0,0
Vf. Omu	9	23,8	2	34,0	0	0,0
Sinaia 1500	47	23,4	5	33,2	2	45,5
Câmpina	23	23,0	6	33,8	0	0,0
Ploiești	33	23,2	6	32,2	0	0,0
Urziceni	46	23,3	7	33,0	3	42,7
Întorsura Buzăului	14	22,1	2	31,5	0	0,0
Pătărlagele	35	23,1	10	33,9	2	43,5
Lăcăuți	10	23,0	2	33,5	0	0,0
Râmnicu Sărat	34	22,7	6	33,3	1	50,0
Târgu Ocna	21	22,5	4	31,5	1	66,0
Tecuci	41	23,1	7	33,1	0	0,0

Nr_i = numărul intervalelor cu un anumit număr de zile consecutive fără precipitații

i_m = număr mediu de zile pe interval

- La stația Râmnicu Sărat cel mai mare interval fără precipitații a fost de 50 zile și s-a produs în octombrie – noiembrie 1969. În aceeași perioadă, la Târgu Ocna, în culoarul Troțușului, intervalul în care nu au căzut precipitații a atins 66 zile. Acesta a debutat în data de 20 septembrie 1969 și a durat până în 24 noiembrie.

5.3. Analize de sensibilitate pentru evaluarea efectelor pantei asupra agregării datelor – Activitatea 3.3

Această activitate a urmărit să dezvolte o procedură de identificare a valorii de prag pentru datele de intrare pentru care se mai pot obține rezultate semnificative cu ajutorul informațiilor agregate. Au fost delimitate zonele în care regimurile de temperatură și umiditate din soluri sunt variabile semnificativ iar recoltele potențiale sunt afectate.

Pentru sensibilitate sunt testați parametri și variabile din următoarele domenii:

- Topografie (pantă, expoziție, latitudine, elevație; rata zonă/pantă)
- Proprietățile solului (conductivitate, adâncimea profilului, textura, albedo)
- Climatice (temperatură, umiditate relativă, precipitație, iradiere, viteza vântului)
- Meteorologie (suprafață rezistență, rezistențe aerodinamice, înălțimea recoltei)

5.3.1 Sensitivitatea indicilor de umiditate și indicele de radiație față de dimensiunea gridului

Dimensiunea gridului este un factor important când se aplică modelul bazat pe indice la nivel regional, deci analizele de dimensiunea gridului au fost aplicate la modelul de indice. SSWI, DYWI și SWRSS și Temperatura medie a aerului au fost analizate pentru sensibilitatea lor față de dimensiunea gridului. Graficele arată că valorile medii, maxime și minime al recolțelor prognozate la dimensiunile gridului de 20 m, 50 m, 100 m, 200 m, 500 m și 1 km (**Figura 4-18**). Pe măsură ce indicii descresc se așteaptă ca detaliul în modelele spațiale și efectul caracteristicilor individuale topografice vor fi pierdut.

SWRSS pierde informații mai rapid la dimensiuni ale gridului mai mari de 20 m și la 200 m există o foarte mică variație de-a lungul suprafeței de studiu. SSWI are un domeniu mult mai consistent până la o dimensiune a gridului de 100 m și apoi pare a exista o mare reducere în informațiile care conțin indicele pe măsură ce dimensiunea gridului crește de la 100 m la 200 m. DYWI pare să piardă informații mai rapid decât SSWI, în acest caz existând o descreștere mare în domeniu la o dimensiune a gridului de 20 m. În indicele de temperatură o mare parte de variație este pierdută peste o dimensiune a gridului de 20 m, cu temperatura constantă la dimensiuni mari ale gridului.

În această suprafață diferențele modelate de temperatură sunt neglijabile. Acest indice este inclus în varianta bazată pe indice pentru a modela deoarece în regiuni cu variație topografică mult mai mare, variațiile în temperatură ar putea fi un factor major potențial în distribuția recoltei și alți indicatori-output ai modelului IAGINT.

Distribuția spațială a acestor indici prezintă clar scăderea informațiilor și pierderea micilor caracteristici topografice, pe măsură ce dimensiunea gridului crește. Acest lucru poate fi văzut mai clar în caracteristicile topografice asociate cu recoltele mai scăzute obținute pe **Greensand** în vecinătatea site-urilor. Modelele spațiale din micul bazin hidrografic care conține cele două site-uri de câmp arată că dacă crește dimensiunea gridului până la 200 m, majoritatea modelelor legate de canale și mici zone umbrite au dispărut.

Aceste dimensiuni ale gridului sunt semnificativ mai scăzute decât lungimea medie a pantei în bazinul hidrografic, de aproximativ 1 km. Pierderea de informații este legată prin urmare de cea mai mică caracteristică topografică. Aceste caracteristici sunt importante, deoarece sunt asociate cu unele din cele mai abrupte pante dintr-o suprafață, care sunt foarte importante pentru determinarea recoltei și redistribuția locală apei în soluri.

Indicii topografici evidențiați mai jos sunt divizați de valorile de la stația meteorologică de bază pentru a furniza un indice prin care să distribuim parametrii meteorologici măsurați la stația de bază. Indicele bazat pe SSWI va fi utilizat pentru a distribui precipitații, indicele bazat pe SWRSS pentru a distribui radiația, iar indicele de temperatură pentru a distribui temperatura. Distribuția SSWI „alunecă” spre valorile mai scăzute la 200 m și apoi valorile maximă, minimă

și medie sunt crescute la 500 m, ceea ce constituie o funcție de locație a punctului de referință din celulele vecine.

Rezultatele acestei analize și a timpului de rulare conduc la selectarea a 50 m pentru rularea modelului de indice în scopul de a analiza răspunsul modelului și compararea rezultatelor cu varianta cu fundament fizic. Apoi este sugerat că pentru a studia distribuția spațială a recoltei și alte ieșiri ale modelului la nivel regional la o dimensiune a gridului de 100 m poate fi suficientă în suprafața de studiu puțin ondulată.

5.3.2 Efectul dimensiunii gridului și rezoluției datelor de intrare asupra variabilității recoltei

Se poate observa din analizele de recoltă că recoltele maxime descresc mult mai rapid cu dimensiunea gridului în 2003, un an mai uscat decât în 2004 (**Figura 4-20**). Distribuția spațială a recoltei pare să piardă din detalii la dimensiuni ale gridului mai mari de 100 m, cu modelele majore urmărind terenul, care este mascat la 500 m (**Figura 4-21**). Din aceste analize se poate observa, în primul rând, că dimensiunea gridului este mai importantă în anii uscați decât în cei umezi și, în al doilea rând, că în ambele situații în general, ca și în distribuția spațială regională a recoltei, pentru a fi desenată la nivel regional 100 m este o dimensiune a gridului suficientă. Ar trebui notat, în orice caz, că aceste concluzii vor fi dependente de caracteristicile topografice ale unei regiuni date și va depinde de lungimea medie a pantei și distribuția caracteristicilor topografice la scări mici.

Figura 4-20: Recolta minimă, maximă și medie la dimensiunile gridului de la 20 m la 1 km pe cei 10 km pătrați (a) 2003 (b) 2004

Modificarea scării pentru harta de soluri are un efect diferit asupra recoltei în diferite poligoane de asociații de soluri, în funcție de distribuția solurilor din poligon. Aceste soluri poate au adesea proprietăți foarte diferite de a celor din tipurile dominante (solurile utilizate în modelare). În suprafața de studiu recoltele așteptate din valea centrală tind să scadă pe măsură ce scara solului se generalizează, iar cele de la vest de creasta centrală cresc, lucru mai evident în 2004 decât în 2003. Această importanță a modificării scării hărții de sol poate fi observată de asemenea în distribuții, cu distribuțiile de modificare a recoltei mai mici într-un an uscat față de unul umed (**Figura 4-21**).

5.3.3 Rezultatele analizelor de similaritate

Pentru a analiza sensibilitatea modelului la complexitatea terenului, au fost necesare bazinele hidrografice care reprezintă regiunile colinare ale peisajului. A fost rulat CAS (Behrens, 2003) pentru a selecta bazine hidrografice, care împreună reprezintă atributele topografice afișate la nivel regional. Primul sub-bazin hidrografic a fost selectat automat deoarece conține ambele câmpuri experimentale. CAS a fost rulat apoi pentru SSWI, iar valorile de similaritate medie pentru fiecare din celelalte sub-bazine hidrografice la aceeași scară au fost cartografiate. Au fost evidențiate bazinele hidrografice cu cele mai slabe similarități, precum și pantele cu o suprafață mai mare de 3°. Din aceste bazine hidrografice a fost ales al treilea câmp, ceea ce face ca al doilea bazin hidrografic reprezentativ, precum și cel de al treilea bazin hidrografic a fost selectate pe baza locației sale într-o zonă diferită a regiunii și a atributelor topografice diferite de celelalte două.

CAS a fost apoi rulat pentru fiecare din bazinele hidrografice pe rând, iar cele trei imagini de ieșire au fost generate (**Figura 4-22**). A fost selectată valoarea maximă de similaritate pentru fiecare din imagini și a fost generată imaginea finală de similaritate. Se poate observa din rezultate, **Figura 4-22**, că pe măsură ce sunt adăugate cele trei bazine hidrografice în analize, suprafața cu cea mai bună similaritate crește. Acesta este, în particular, cazul pentru suprafața mai mare de 3°, care este suprafața de interes în acest proiect.

5.3.4 Varianta ISBA pentru ecuația de drenaj

Varianta ISBA (Noilhan & Mahfouf, 1996) a fost testată utilizând două ecuații de drenaj. Prima a fost o metodă (**ecuația 5.14**) bazată pe procentul de apă în al doilea strat al profilului față conținutul saturat de apă și conductivitatea saturată a solului (Noilhan & Planton, 1989).

$$D_r = k_s \left\{ \frac{WC_2}{WC_{sat}} \right\}^{2b+3} \quad (5.1.14)$$

Unde:

WC_2 - conținutul de din al doilea strat al profilului modelat

WC_{sat} – conținutul de apă la saturație

b – Constantă

K_s - Conductivitatea hidraulică saturată

În această funcție de pedo-transfer, drenajul crește pe măsură ce crește conținutul de apă peste saturație, iar rata de drenaj este determinată de conductivitatea hidraulică saturată a solului.

În a doua metodă (ecuația 5.14) drenajul are o valoare maximă pentru precipitațiile efective, când solul este mai mic decât capacitatea de câmp. Drenajul este zero când solul este la sau sub capacitatea de câmp.

$$Dr^* = R_{Ef} - d_2 \text{Max}(0, WC_{FC} - WC_{d_2}) \quad (5.1.15)$$

$$Dr = \text{Max}(0, Dr^*)$$

Unde:

Dr – Drenaj

d_2 – Adâncime celui de al doilea strat în profilul modelat

WC_{d_2} – Conținutul de apă în cel de al doilea strat al profilului modelat

WC_{FC} – Conținutul de apă la capacitatea de câmp

Prima funcție de drenaj, când este utilizată în model, oferă un domeniu foarte mic de recolte proiectate pentru 2004. În cele trei bazine hidrografice reprezentative, domeniul este de la 9.7 t/ha la 6.1 t/ha, în timp ce utilizarea celei de a doua funcție de drenaj oferă un domeniu de 3-9 t/ha. Prima funcție de drenaj de asemenea prezice recolte mai ridicate în solurile mai uscate, unde se așteaptă ca acele culturi să fie afectate de secetă (Tabel 4-2) și recolte mai scăzute în solurile cu accesibilitatea apei mai ridicată, fără riscuri de secetă pentru cultura modelată, grâu de iarnă. Aceste soluri par a oferi rezultate mai plauzibile când este utilizată a doua funcție de drenaj.

Pentru a determina care din aceste variante produc estimări de recoltă mai credibile în terenuri colinare, trebuie să existe cartări extensive de recolte într-o varietate de soluri diferite și reprezentative în zone în pantă. De asemenea, analizele ulterioare ale rezultatelor de umiditate a solului arată care din aceste soluri au avut o accesibilitate a apei mai scăzută în 2004 și prin urmare va avea recolte mai scăzute.

Următoarele analize compară recoltele calculate utilizând prima funcție de drenaj (ecuația 5.1.14). Rezultatele din această versiune a modelului sunt utilizate în varianta de regresie (Figura 423).

5.3.5 Efectul complexității modelului asupra variabilității recoltei

Efectul complexității modelului asupra variabilității recoltei a fost analizat pe cele trei bazine reprezentative selectate utilizând comparațiile de similaritate din CAS.

5.3.5.1 Rezultatele variantei ISBA pentru recoltă.

În 2004, valorile recoltei sunt mai mari în varianta ISBA (Noilhan & Mahfouf, 1996), între 8-10 t/ha cu două populații distincte (**Figura 4-24**).

Într-un an uscat, 2003, distribuția de recolte din zonă este deplasată spre recolte mai mici, până la o recoltă minimă (Figura 4-24). Acest lucru poate fi explicat prin aceea că varianta modelării nu este potrivită pentru a fi utilizată în condiții extreme de ud sau uscat (Jacquemin & Noilhan, 1990), când apare o „compromitere”, o ratare a culturii.

5.3.5.2 Rezultatele variantei de Indice pentru recoltă

Valorile modelate de recoltă cu varianta bazată pe indice prezintă un domeniu de la 3 – 9 t/ha în 2004 cu două populații distincte vizibile. Aceste valori de recoltă sunt în general mai scăzute decât varianta ISBA și, în același timp, mai împrăștiate. În 2003 încă există două populații distincte, dar la fel ca în varianta ISBA există o „compromitere”, o ratare a culturii pe cea mai mare parte a suprafeței (**Figura 4-24**).

5.3.5.3 Comparații între rezultate de recoltă pentru varianta de indice și ISBA

În 2004 varianta ISBA și varianta de indice sunt mult mai condiționate de proprietățile solului decât în 2003. În modele se poate observa că terenul explică mai puțin din variația din 2004. Un motiv pentru acest rezultat ar putea fi că în 2003 blocarea apei accesibile din sol cauzează ratări generale de cultură în majoritatea solurilor astfel încât variația între soluri contează mult mai puțin.

În ambii ani se poate observa că varianta bazată pe indice este mai influențată de asociațiile de sol decât varianta ISBA. Se observă de asemenea că SWRSS explică mai puțin variația recoltei în varianta bazată pe indice și se pare că variația recoltei este dominată de distribuția SSWI în teren. Varianta ISBA are proporții mai egale ale variației explicate de SSWI și SWRSS.

Se poate observa din prezentarea grafică a rezultatelor că linia de regresie are o pantă negativă și că punctele care sunt în cele mai uscate soluri arată recolte mai scăzute (<6000 kg/ha) în varianta bazată pe indice dar recolte mai mari în solurile slab drenate în varianta ISBA. Aceste modele sunt de asemenea legate de teren. Se pare că modificarea formei modelului creează diferite populații cu valorile de recoltă. Rezultatele arată scăderea recoltei din varianta bazată pe indice și un switch în modele în funcție de tipurile de sol.

5.3.5.4 Variantă de regresie

Graficele și ecuațiile de regresie arată că există o corelație între recoltele din variantele de indice și tip ISBA în 2004, dar o foarte slabă relație în 2003 (Figura 4-25). În 2004 Varianta utilizată în studiul MARS (Taylor et al., 1997) este aplicată datelor de indice la nivel regional. Această metodă aplică ecuația de regresie dezvoltată între rezultatele variantelor tip indice și tip ISBA în zonele test în bazinele hidrografice reprezentative pentru toate celulele la nivel regional.

Figura 4-25: Scatter ploturi of the recoltă în indicele și ISBA approaches în (a) 2004 și
(b) 2003 showing regresie linia și 95% predicție intervale în 2004

Rezultatele analizelor (Figura 4-25) arată că dacă varianta de regresie trebuie utilizată, nu este aplicabilă o ecuație generică de regresie pentru toți anii, iar în unii ani foarte uscați și posibil extrem de umezi, în care modelul prezice compromiterea culturii, aplicarea unei ecuații de regresie poate să nu fie justificată.

Discuția despre modificarea în recolte determinată de ecuația de drenaj utilizată are implicații pentru utilizarea variantei de regresie propuse, pentru a adapta varianta bazată pe indice la nivel regional. Când este utilizată funcția de drenaj pe baza conductivității hidraulice saturate, cele două grupuri de soluri discutate răspund în diferite moduri în variantele tip indice și ISBA. Acest lucru conduce la creșterea în recoltă cu până la 6t/ha când este aplicată ecuația de regresie pe solurile nisipoase pe zonele în pantă din Nord-estul suprafeței (Figura 4-23). Rezultatele din aplicarea ecuației de regresie arată că există o foarte mică diferență de-a lungul regiunii și nu este evidențiată nici o zonă cu un anumit risc pentru recolte scăzute. Utilizarea celei de a doua funcții

de drenaj oferă, în orice caz, un domeniu mult mai mare de recolte. Se observă de asemenea că solurile răspund într-o manieră similară în ambele variante, prin faptul că cele mai uscate soluri dau cele mai scăzute recolte. Această variantă pare să distingă diferite zone din regiune care pot răspunde în moduri similare cu un climat dat. Aceste zone sunt determinate în mare parte de soluri și, în multe cazuri, de o combinație de soluri și terenuri.

5.3.5.5 Comparații între valorile măsurate și modelate de umiditatea solului

Valorile modelate și măsurate de umiditatea solului au fost comparate în Site-ul 2 pentru 2003 și 2005. Analizele au fost realizate ținând cont de o eroare acceptabilă pentru valoarea măsurată de $\pm 5\%$ v/v. Rezultatele din tuburi au fost mediate pe cele șase adâncimi de la 0.1 m la 1 m și comparate cu valorile medii modelate pentru al doilea strat al profilului în varianta ISBA și medii pentru valorile de la 0.05 m la 1 m în variantele tip cascadă și prin urmare bazate pe indice. Rezultatele din unele tuburi au fost îndepărtate din analize dacă au fost peste valoarea de saturație sau dacă există o lipsă de măsurători datorită erorilor în citire deoarece ies din domeniul de citiri al instrumentului.

Au fost realizate analize pentru fiecare din cele trei modele pentru rezultatele combinate în 2003 și 2004 și rezultatele pentru fiecare din cei 2 ani independent. Acest lucru a fost realizat deoarece cei doi ani au arătat caracteristici foarte diferite de precipitații. Structura modelului este acceptabilă în toate cazurile, modelele explicând între 51 și 66% din variația datelor măsurate, cu r^2 semnificativ în toate cazurile.

Eroarea globală în model este în limite acceptabile pentru eroarea de măsurare pentru varianta ISBA în toate trei seturile de date. Varianta bazată pe indice este, de asemenea, în limite de eroare acceptabile când rezultatele pentru 2003 sunt analizate în mod separat. În acest caz, modelul de index pare să arate mai puține erori bias în rezultate decât variantele ISBA sau cascadă. Acest lucru s-ar putea datora scăderii încete în umiditatea solului la baza pantei în varianta de indice decât în variantele ISBA sau cascadă. Această scădere mai lentă în rezultate în unele cazuri este semnificativ mai adaptată tendinței datelor măsurate (Figura 4-27). Această caracteristică este asociată cu scăderea umidității din sol la baza pantelor. O explicație ar putea fi că indicii de umiditate oferă un mod de modelare a efectelor mișcării apei pe o pantă și, prin urmare, la baza pantei există suprafețe care primesc cantități crescute de precipitații în modelul de indice și în condiții uscate acesta reflectă cel mai bine procesele care apar pe pantă, mai bine decât modelul în care fiecare celulă primește aceeași cantitate input de precipitații.

Rezultatele din seriile de timp arată, în general, relații bune între rezultatele modelate și cele măsurate, ținând cont de erori de măsurare din experimente. În solurile nisipoase la începutul sezonului, când valorile de umiditatea solului sunt mai ridicate varianta tip cascadă și cea bazată pe indice prognozează valori de umiditatea solului mai scăzute decât varianta ISBA. Acestea sunt în multe cazuri semnificativ mai scăzute decât valorile măsurate, ceea ce nu constituie o problemă în solurile mai grele, mai argiloase.

5.3.6 Analize de sensibilitate pentru Subcarpații de Curbură

5.3.6.1. Pantele subunităților de relief

Pantele Subcarpaților de la Curbură variază între 0 și 42,5°, valoarea medie fiind de 9,8°. Față de această medie, ele variază între cele 3 subunități principale, fiind direct proporționale cu energia de relief (8,4° în Subcarpații Prahovei, 10,2° în cei ai Buzăului și 10,5° în cei ai Vrancei).

Așa cum este și normal, Subcarpații Prahovei înregistrează contraste mari între pantele medii ale arealelor deluroase și a celor depresionare sau a culoarelor de vale (10,1° respectiv 5,6°), tendință caracteristică și Subcarpaților Buzăului, cu observația că absența unor depresiuni întinse cu relief cvasi-orizantal, așa cum este Depresiunea Mislea – Podeni, face ca diferența dintre cele două valori să fie mai mică (11,4° respectiv 7,8°), arealele depresionare și culoarele de vale fiind caracterizate de pante ceva mai mari (fig. 27). Cele două forme principale de relief din Subcarpații Vrancei prezintă valori aproape egale (10,9° respectiv 9,3°). Pante medii mai mari sunt caracteristice dealurilor de pe rama estică a depresiunii Vrancea (D. Ghergheleu, D.

Gârbova, dar mai ales în D. Răiut – $14,2^0$). În Fig. 5.3.6.1 sunt redată suprafețele cu pante cuprinse între 2 și 16^0 .

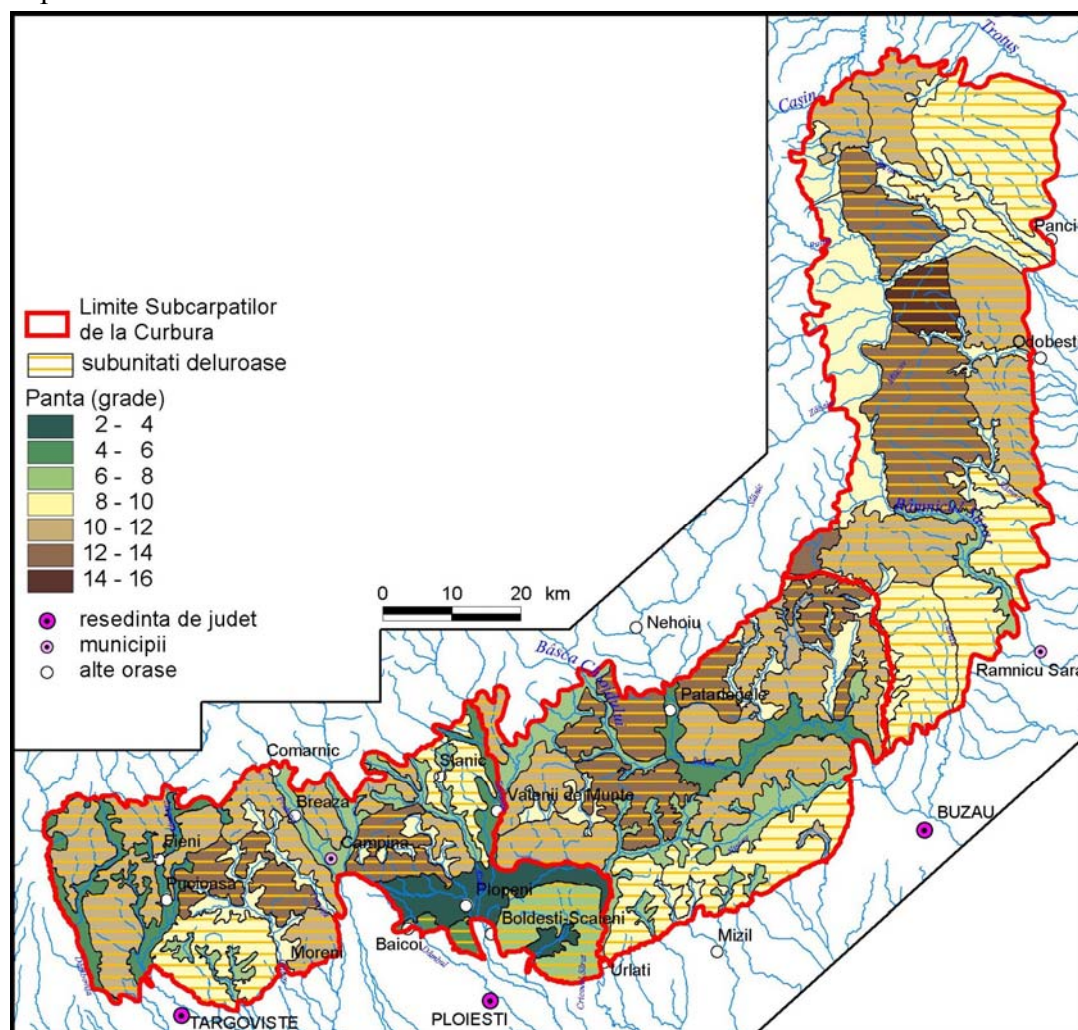


Fig. 5.3.6.1 - Pantele medii ale subunităților de relief

5.3.6.2. Altitudinea medie și energia de relief

Altitudinea medie a subunităților Subcarpaților de la Curbură sau a subunităților de relief este un indicator al altor factori fizico-geografici care influențează scurgerea (climă, soluri, vegetație etc.) și care sunt supuși legităților etajării.

O succintă analiză scoate în evidență inferioritatea altitudinală a părții centrale (a Subcarpaților Buzăului) atât pe segmentul arealelor deluroase cât și a depresiunilor sau culoarelor de vale. Valoarea altitudinii medii este de sub 400 m, cu cel puțin 50 m mai joasă decât celelalte două subunități. Însă de remarcat este poziția coborâtă a formelor negative de relief, cu peste 80 m față de cele din Subcarpații Prahovei și cu circa 145 m față de cele din Subcarpații Vrancei.

Se mai poate remarca valoarea maximă a acestui parametru înregistrată în subunitățile deluroase din Subcarpații Prahovei (tabelul 5.3.6.1), ca urmare a valorilor de peste 600 m care se înregistrează în dealurile de la contactul cu muntele, sculptate pe formațiuni cretacice sau paleogene, formațiuni care aici au cea mai mare extindere (tabelul 5.3.6.2):

D. Pietriceaua 617,9 m; D. Câmpiniței 622,8 m; D. Bertei 625,6 m; D. Bărbulețului 631,5 m etc., ajungând în D. Talei la 685,7 m.

Tabel 5.3.6.1

Altitudinea medie a principalelor forme de relief

Subunitatea	H mediu (m)	Tipul de relief	H mediu (m)
Subcarpații Prahovei	454,1	dealuri	488,0
		arii depresionare	396,8
Subcarpații Buzăului	393,7	dealuri	433,9
		arii depresionare	314,8
Subcarpații Vrancei	460,6	dealuri	461,0
		arii depresionare	459,3

Tabel 5.3.6.2

Altitudinea medie a subunităților de relief

Tip relief	Subunitatea de relief	H _m (m)	Tip relief	Subunitatea de relief	H _m (m)	Tip relief	Subunitatea de relief	H _m (m)
Subcarpații Prahovei			Subcarpații Buzăului			Subcarpații Vrancei		
dealuri	D. Bucovelului	256,9	dealuri	D. Cepturei	313,5	dealuri	D. Căpățâna	317,6
	D. Țintei	286,6		D. Piscul Cerbului	323,9		D. Blăjani	360,7
	D. Ocnitei	390,1		D. Matitei	329,1		D. Budei	382,7
	D. Filipești	423,8		D. Pâclele	358,2		D. Deleanu	386,0
	D. Trestioarei	427,8		D. Istrița	373,0		D. Momâia	392,0
	D. Doftanețului	437,1		D. Lapoș-Ciolanu	411,3		Plaiul Zăbrăuț	404,8
	D. Vulcaniei	491,3		D. Salcia	424,9		Măgura Odobești	479,4
	D. Teișului	493,1		D. Botanu	434,1		D. Răiuț	515,4
	D. Bughei	520,3		D. Ursoaia	454,8		D. Tiharele	519,2
	D. Proviței	531,9		D. Breazu	484,9		D. Ghergheleu	526,2
	D. Miercani	533,3		D. Lazuri	497,5		D. Bisoca	537,4
	D. Măceșu	562,3		D. Pârscovelu	532,5		D. Oușoru	546,2
	D. Sultanu	571,8		D. Manta-Muscel	532,8		D. Gârbova	559,0
	D. Pietriceaua	617,9		D. Blidișel	540,3		D. Răchitașu	592,6
	D. Câmpiniței	622,8		D. Bocu	562,5	arii depresionare	Cul. Râmna	271,1
	D. Bertei	625,6		D. Priporu	578,7		Cul. Milcov	271,8
	D. Bărbulețului	631,5		D. Leordeanu	594,4		Cul. Râmnicul Sărat	291,5
	D. Bezdeadului	635,0		Cul. Buzău - Depr. Cislău	242,4		Cul. Popeni	416,5
	D. Făcăienilor	643,9		Cul. Sărata	243,1		Depr. Vrancea	500,7
	D. Giurcului	681,5		Cul. Cricovul Sărat - Salcia	252,4		Depr. Soveja	589,5
	D. Talei	685,7		Cul. Bălana	258,5		Depr. Neculele	603,5
	Depr. Plopu - Bucovel	201,6		Depr. Pâclele	264,8			
arii depresionare	Depr. Mislea Podeni	256,9		Depr. Nișcov	267,7			
	Depr. Slănic - Ocnita	305,0	arii depresionare	Cul. Budureasa-Tohănenca	276,7			
	Depr. Glodeni	345,4		Cul. Năianca	288,6			
	Depr. Cosmina	354,0		Cul. Ghighiu	293,3			
	Depr. Valea Lungă - Cul. Cricov	377,3		Depr. Policiori	302,3			
	Depr. Doftăneț	398,1		Cul. Slănic	315,5			
	Cul. Teleajăn - Văleni	437,7		Depr. Matita - Lopatna	322,9			
	Depr. Telega	451,6		Cul. Bălăneasa-Murătoarea	355,9			
	Cul. Ialomița - Vulcana	462,9		Cul. Bâsca Chiojdului -	356,1			
	Cul. Aluniș-Slănic	462,9						

Cul. Provița	484,0
Cul. Dâmbovița - Râul Alb	484,4
Depr. Țonțești	493,1
Depr. Câmpina - Cul Doftana	510,6

Zeletin	
Depr. Trestia-Odăile	421,6
Depr. Drajna - Chiojd	506,0

În Subcarpații Vrancei, altitudinea medie a dealurilor și depresiunilor este sensibil egală, ca urmare, în primul rând, a altitudinilor medii de peste 500 m pe care le înregistrează depresiunile Vrancea, Soveja și Neculele, dar și a creșterii altitudinilor la contactul cu câmpia față de subcarpații de la sud-vest.

Față de altitudinea medie a întregii unități a Subcarpaților de la Curbură, de 439 m, în Subcarpații Prahovei și în cei ai Vrancei în jur de 52% din teritoriu este situat peste această valoare, în timp ce în Subcarpații Buzăului doar 36% din suprafață prezintă altitudini mai mari, în timp ce 64% prezintă altitudini sub altitudinea medie a întregului areal.

În Subcarpații de la Curbură, energia de relief variază între 6 și 450 m/km², valoarea medie fiind de 145 m/km². Față de această valoare, abaterea standard este de 53,7 m/km².

Adâncimea văilor principale, raportată la nivelul celor mai înalte culmi (energia reliefului) atinge, de regulă, 250-300 m, dar local poate depăși 400 m, ceea ce reflectă amploarea eroziunii.

Comparativ cu celelalte subunități, Subcarpații Prahovei sunt caracterizați de cea mai mică variație a energiei de relief, acest parametru atingând o valoare maximă de

340 m/km², și implicit și de cea mai mică medie (121,8 m/km²). Peste ¼ din suprafața acestei unități prezintă valori cuprinse între 120-160 m/km², dar o suprafață aproape egală prezintă valori mai mici (80-120 m/km²), acestea regăsindu-se la contactul cu câmpia, în cadrul principalelor văi, dar mai ales în Depresiunea Mislea-Podeni. Aceste valori indică un grad accentuat de masivitate a arealelor deluroase și existența unor văi puțin adâncite, caractere imprimate de formațiunile geologice.

Subcarpații Buzăului prezintă o energie de relief mai mare cu circa 35 m/km² față de unitatea situată în vestul acesteia, valoarea medie de 156,6 m/km² reflectând diferențele de altitudine medie de peste 115 m dintre culoarele de vale și unitățile deluroase. Valoarea ridicată a energiei de relief medie este dată de arealele cu energie între 160 - 200 m/km² și 200 - 300 m/km² care în această subunitate prezintă ponderea cea mai mare (28,4%, respectiv 18,3%). Aceste valori sunt specifice mai ales spațiului dintre Buzău și Slănic (D. Blidișel, D. Bocu etc.) care are o energie medie de 165 m/km² și maxime de peste 350 m/km². Valorile specifice acestui areal indică o rețea de văi puternic adâncite, ceea ce reflectă și intensitatea eroziunii.

Valoarea maximă absolută (450,6 m/km²) se înregistrează în Subcarpații Vrancei (la contactul dintre munte și Depresiunea Neculele), aici energia de relief medie fiind aproape la fel de mare ca și în cei ai Buzăului, chiar dacă diferențele de altitudine medie între arealele deluroase și cele depresionare sunt aproape nule. Corelarea acestor doi parametri indică neuniformitatea celor două tipuri majore de relief, culmile deluroase fiind puternic fragmentate de văi transversale în timp ce depresiunile sunt întrerupte de culmi sau dealuri izolate.

Mai trebuie remarcată energia de relief mică specifică dealurilor de la nord de Putna (D. Momâia, D. Oușoru), dar mai ales Plaiului Zăbrăuț.

5.3.6.3. Corelația pantei și energiei de relief medii

Pentru toate subunitățile de relief au fost determinate panta și energia de relief medie (tabelul 14). Se constată o foarte bună corelație (0,925) între cei doi parametri, ceea ce sugerează că în anumite aplicații sau modele poate fi luat în considerare unul singur, astfel reducând erorile introduse de un număr mare de variabile.

Tabel 5.3.6.3

Panta și energia de relief medii a subunităților de relief

Tip relief	Subunitatea de relief	Panta	Energia
Subcarpații Prahovei			
dealuri	D. Tintei	5,6	74,7
	D. Bucovelului	6,3	81,7
	D. Bughei	9,2	133,0
	D. Facaienilor	9,7	144,8
	D. Ocnitei	10,0	129,3
	D. Vulcaniei	10,2	129,0
	D. Barbulețului	10,4	156,0
	D. Filipești	10,4	136,4
	D. Talei	10,5	154,2
	D. Giurcului	10,5	167,6
	D. Bertei	10,7	176,7
	D. Pietriceaia	10,7	164,1
	D. Bezdeadului	10,9	154,3
	D. Campinitei	11,1	166,7
	D. Trestioarei	11,1	166,6
	D. Provitei	11,4	164,1
	D. Macesu	12,0	178,6
	D. Doftanetului	12,1	150,9
	D. Miercani	12,2	165,9
	D. Sultanu	12,4	191,7
	D. Teisului	13,3	171,8
arii depresionare	Depr. Mislea Podeni	2,2	35,6
	Depr. Plopu - Bucovel	3,4	46,3
	Cul. Teleajan - Valeni	4,8	80,8
	Cul. Dambovită - Raul Alb	5,3	98,8
	Cul. Ialomita - Vulcană	5,8	103,2
	Depr. Slanic - Ocnita	6,1	97,3
	Depr. Glodeni	6,4	102,3
	Depr. Campina - Cul. Doftana	6,9	112,2
	Cul. Alunis-Slanic	7,7	124,5
	Depr. Valea Lunga - Cul. Cricov	8,1	122,1
	Cul. Provita	8,2	127,2
	Depr. Cosmina	8,8	133,5
	Depr. Telega	8,8	145,1
	Depr. Doftanet	9,3	151,3
	Depr. Tontesti	10,0	157,0

Tip relief	Subunitatea de relief	Panta	Energia
Subcarpații Buzăului			
dealuri	D. Cepturei	9,7	138,0
	D. Istrita	9,8	150,6
	D. Matitei	10,6	159,6
	D. Parscovelu	11,1	156,9
	D. Ursoaia	11,3	183,0
	D. Lazuri	11,4	171,7
	D. Lapos-Ciolanu	11,4	174,4
	D. Botanu	11,7	182,9
	D. Breazu	11,8	177,4
	D. Leordeanu	11,9	175,9
	D. Paclele	12,0	167,4
	D. Salcia	12,0	176,4
	D. Blidisel	12,4	207,6
	D. Piscul Cerbului	12,6	180,0
	D. Manta-Muscel	12,8	200,8
	D. Priporu	13,1	200,5
	D. Bocu	13,4	204,7
arii depresionare	Cul. Buzau - Depr. Cislau	4,8	94,5
	Cul. Naianca	7,3	114,4
	Cul. Basca Chiojdului - Zeletin	7,6	141,2
	Depr. Paclele	7,7	112,7
	Depr. Drajna - Chiojd	7,7	122,7
	Cul. Balana	7,8	121,9
	Depr. Niscov	7,9	114,2
	Cul. Ghighiu	7,9	121,1
	Cul. Cricovul Sarat - Salcia	8,0	127,4
	Cul. Slanic	8,0	133,7
	Depr. Policiori	8,7	132,5
	Cul. Budureasa-Tohanenca	9,1	128,5
	Depr. Matita - Lopatna	9,3	135,9
	Cul. Balaneasa-Muratoarea	9,8	152,7
	Cul. Sarata	10,2	138,5
	Depr. Trestia-Odaile	11,8	163,3

Tip relief	Subunitatea de relief	Panta	Energia
Subcarpații Vrancei			
dealuri	D. Capatana	8,3	128,3
	Plaiul Zabrut	8,4	116,9
	D. Budei	8,9	135,8
	D. Blajani	8,9	131,7
	D. Momaia	9,2	132,8
	D. Tiharele	10,8	133,6
	D. Ousoru	11,1	146,3
	D. Deleanu	11,3	166,1
	Magura Odobesti	11,4	174,8
	D. Bisoca	11,8	168,6
	D. Ghergheleu	12,6	175,7
	D. Rachitasu	12,9	196,5
	D. Garbova	13,7	198,4
	D. Raiut	14,2	198,9
arii depresionare	Cul. Ramnicul Sarat	7,1	117,1
	Cul. Ramna	8,6	134,4
	Cul. Popeni	8,9	137,0
	Depr. Soveja	9,1	125,5
	Depr. Vrancea	9,5	148,9
	Cul. Milcov	9,7	151,2
	Depr. Neculele	13,1	195,6

Pantele mai mici caracteristice Subcarpaților Prahovei se explică tocmai printr-o fragmentare a reliefului mai mică impusă de rocile paleogene și cretacee care au o pondere semnificativă aici.

Astfel, se constată o relație direct proporțională între panta și energia de relief medie a subunităților de relief (fig. 5.3.6.2). În Subcarpații Buzăului sunt evidențiate pentru aceleași pante valori ale energiei de relief mai mari decât în celelalte subunități, ceea ce sugerează o densitate mai mare a unor văi înguste cu lunci plane, dar mai adâncite în relieful deluros înconjurător. Un astfel de exemplu este Culoarul Bâsca Chiojdului – Zeletin care la o pantă medie de $7,6^{\circ}$ înregistrează o energie de relief de 141 m/km^2 , cu circa 30 m mai ridicată decât valoarea normală pe curba de corelație. Aproximativ aceeași diferență este și în cazul dealului Blișișel (la o pantă medie de $12,4^{\circ}$ îi corespunde o energie de relief de $207,6 \text{ m/km}^2$), aici adăugându-se și contribuția unor interfluvii puternic încrustate în relief precum și versanții cu pante relativ constante și mici, dar mărginiți de culmi înalte și văi puternic adâncite.

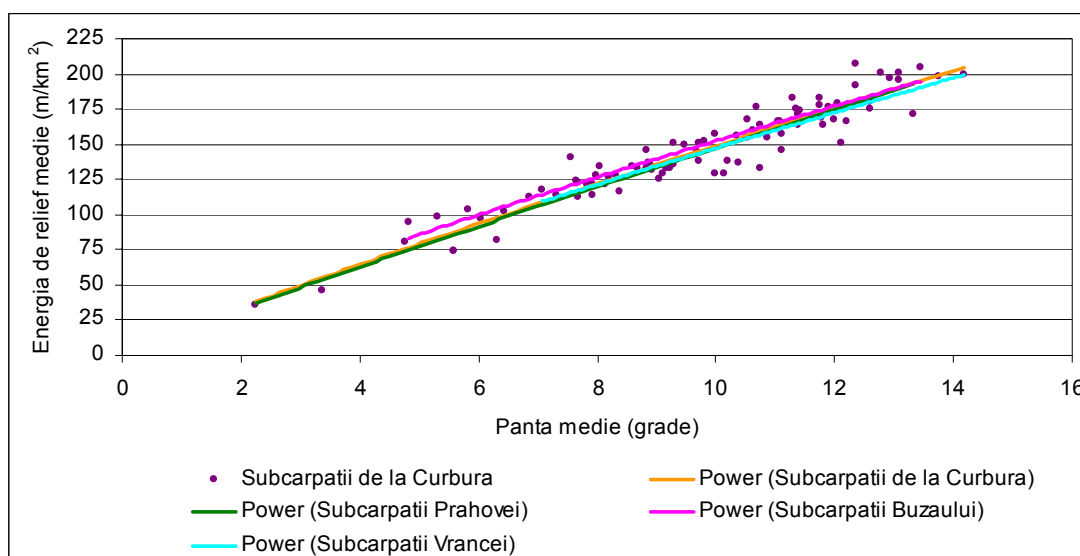


Fig. 5.3.6.2. Corelația între panta și energia de relief medie a subunităților de relief

Subunitățile de relief din Subcarpații Vrancei se situează în partea median-superioară a corelației pantă-energie, această dispunere fiind dată, așa cum a mai fost remarcat, de caracterul fragmentat și neomogen al culoarelor de vale dar mai ales al depresiunilor de contact. Pentru aceeași valoare a pantei, energia de relief este ceva mai mică față de valoarea normală pe curba de corelație a întregii unități, ceea ce sugerează existența unor suprafețe de tip monoclinale, cu pante mari dar fragmentare ceva mai mică (de exemplu D. Tiharele sau D. Oușoru). Plaiul Zăbrăuț, chiar dacă prezintă o energie de relief foarte mică ($116,9 \text{ m/km}^2$), și pantele sunt mici, astfel că această unitate se înscrie pe trendul general.

Panta medie a albiei principale (I_a) este una din caracteristicile morfometrice utilizate mai ales în studiul scurgerii maxime. Pante de peste 3° (până la $4,8^{\circ}$) sunt specifice albiilor principale cu lungimi mici care drenează arealul montan de la vest de Teleajăn (Râușor și Valea Bădenilor, afluenți ai Dâmboviței, Valea Cerbului, Teleajăn la s.h. Cheia). În schimb arealul montan al Buzăului, pe fondul unui substrat format din roci mai moi, este caracterizat de pante mai mici ale albiilor principale (sub 2°), cu excepția râului Bâsca Chiojdului ($2,8^{\circ}$). Pe măsură ce altitudinea medie a bazinelor scade, panta medie a albiei principale scade și ea, dar diferențiat de la o stație la alta.

Cele 65 stații analizate au fost încadrate pe 9 relații ale pantei medii a albiei principale funcție de altitudinea medie a bazinului, $I_a = f(H)$. Diferențierile sunt date de litologie, de nivelul de bază, de stadiul de evoluție a văii către profilul de echilibru etc.

Relația R_1 se caracterizează prin pantele cele mai mari ale albiei pentru altitudini medii bazinale comparative și înglobează unele râuri mici din vestul unității cu altitudini ale bazinelor atât de peste 1000 m (Râuşor) dar și sub 550 m (Slănic) și chiar sub 300 m (Istău). Acest ultim râu, deși cu o lungime de doar 20 km, înregistrează pante foarte mari mai ales în sectorul subcarpat (până la circa 155 m altitudine). Ialomița, la s.h. Moroeni se încadrează în relația R_5 în comparație cu Bâsca Chiojdului care aparține relației R_2 , diferența de pantă fiind de $0,5^\circ$ în timp ce diferența de altitudine medie a bazinelor este de peste 450 m.

În schimb, o corelație mult mai bună se obține între panta medie a albiei principale și altitudinea medie a cursului acesteia, chiar dacă și în acest caz apar o serie de diferențieri teritoriale. Spre exemplu este clar că râul Istău la s.h. Baba Ana se va situa pe una din corelațiile cu pante mari pentru altitudinea medie a cursului acestuia. Au fost puse în evidență 4 astfel de corelații (fig. 5.3.6.3):

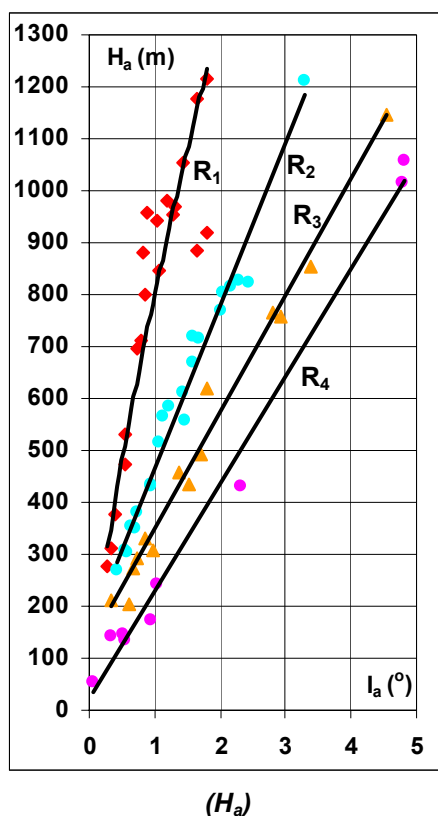


Fig. 5.3.6.3. Corelațiile $I_a = f(H_a)$

- Corelația R_1 se caracterizează prin pante mici, sub 2° , și definește stațiile din bazinul Dâmboviței, Prahovei, și în proporție foarte mare pe cele ale Buzăului, inclusiv Bâsca Mare și Bâsca Mică.
- Cea de a doua relație prezintă la o altitudine medie a albiei de 1200 m o pantă a acesteia mai mare cu peste $1,5^\circ$, ceea ce determină o viteză mai mare a apei și implicit un debit transportat mai mare. Această relație este caracteristică stațiilor de pe Ialomița între Moroeni și Slobozia, Cricovului Dulce, Teleajănilui, Slănicului de Buzău, Putnei etc. Această relație caracterizează cele mai multe stații (23).

Relația R_3 prezintă la o altitudine medie de 800 m pantă mai mari cu circa 1° în raport cu relația anterioară și include o serie de bazine mici (Valea Bădenilor, Ialomicioara, Slănic, Teleajăn la s.h. Cheia, Bâsca Chiojdului, Nișcov, Călnău, Râmnicul Sarat, Vizăuți, Milcov și Șușița).

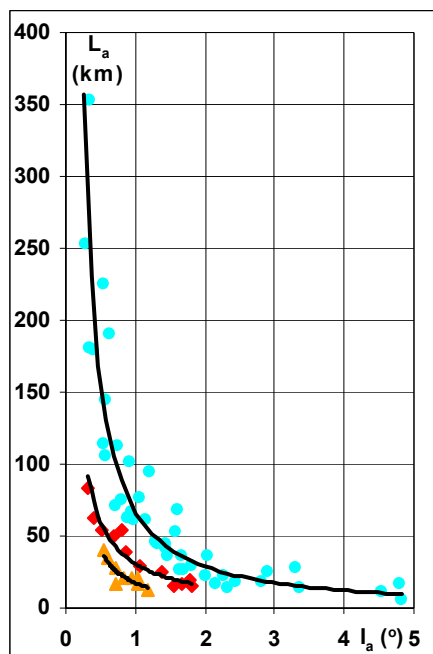


Fig. 5.3.6.4. Corelațiile $I_a = f(L_a)$

Ultima relație la aceeași altitudine de 800 m înregistrează o pantă medie a albiei mai mare cu aproape 3° față de prima relație. La pante mici diferențele dintre cele 4 corelații sunt aproape insesizabile. Pe această ultimă corelație se încadrează fie unele bazine mici, montane formate pe roci dure (Râușor la s.h. Rucăr, Valea Cerbului la s.h. Bușteni), fie unele bazine care drenează versanții sudici sau sud-estici ai Subcarpaților, care prezintă la contactul dealuri – câmpie pantă mari: Cricovul Sărat la s.h. Cioranii de Jos, Istău la s.h. Baba Ana, Coțatcu la Mărtinești, Râmna la Jiliște.

O corelație bună se obține și între panta medie a albiei principale și lungimea acesteia, circa $2/3$ din numărul total de stații încadrându-se pe o singură corelație (fig. 30). Aceasta este valabilă mai ales pentru râurile mari, de peste 100 km (Ialomița, Buzău, Putna etc.), care, odată ajunse în câmpie, își mențin o pantă relativ constantă. Pentru pante mari, de peste 3° , este caracteristică unor bazine montane cu alpii scurte sau sectoarelor superioare ale unor râuri principale, sub 30 km lungime (Valea Bădenilor la Bădeni, Râușor la Rucăr, Ialomița la Moroeni, Valea Cerbului la Bușteni, Teleajăn la Cheia). Au mai putut fi puse în evidență alte două corelații pentru alpii cu lungimi de până la 100 km, respectiv 50 km, caracterizate de pante mai mici. Acestea sunt specifice în general râurilor ce drenează preponderent unitatea subcarpatică sau cea de câmpie.

5.3.7 Rezumat și concluzii

Acest studiu propune o metodă de a aplica rezultatele modelului IAGINT la nivel regional.

Metoda simplifică forma modelului pentru a scădea timpul de rulare și utilizează indici ca o variantă la varianta complexă cu fundament fizic pentru a distribui variabile meteorologice în teren.

Varianta se bazează pe premiza că terenul și solurile sunt factorii majori care afectează umiditatea solului în teren, iar terenul influențează fluxul de apă între celule și prin urmare, îl combină cu apa din precipitații accesibilă în fiecare celulă. Această apă accesibilă este apoi distribuită vertical în profilul de sol de model. Această redistribuție verticală a apei este dirijată de proprietățile solului și creșterea plantei. Acest ipoteză este valabilă mai ales în zone în care terenul și solurile prezintă variații majore în peisaj. Distribuția radiației solare în peisaj este determinată de un indice dezvoltat dintr-o variantă simplificată cu fundament fizic utilizând parametrii mediați pe termen lung măsurați în vecinătatea zonei de studiu.

Varianta bazată pe indice prezintă corelație semnificativă cu varianta cu fundament fizic care utilizează bilanțul de energie și cu varianta ISBA pentru distribuirea variabilelor meteorologice în funcție de teren.

Se constată că varianta bazată pe indice este un mod acceptabil de a modela variațiile de teren pentru indicatorii agricoli datorită abilității sale de a prognoza umiditatea solului măsurată și de a evidenția în teren zone cu răspuns diferit pentru recoltă care reflectă evaluarea de către cartatorii de sol.

Analizele de senzitivitate arată că ar trebui impuse unele limitări legate de varianta bazată pe indice. Mai întâi, ar trebui să fie determinată dimensiunea maximă a gridului pentru o regiune. Pentru aceasta trebuie căutat în domeniul de indici și în distribuția lor spațială și trebuie determinat la ce dimensiune sunt pierdute informațiile. În al doilea rând, rezultatele din hărțile generalizate de sol trebuie să fie interpretate cu grijă, ținând cont de caracteristicile locale ale solurilor. Ulterior, se poate examina efectul terenului prin rularea modelului cu diferite asociații de sol individuale pe toată regiunea.

Utilizarea variantei de regresie este recomandată (când problemele legate de funcția de drenaj au fost rezolvate) dacă sunt necesare predicții specifice. În orice caz, dacă scopul este de a evidenția zone cu probleme specifice, cum ar fi stresul ridicat de apă din plantă sau recolte scăzute, atunci rularea modelului de indice poate fi suficientă. Trebuie observat, de asemenea, că nu este posibil să dezvoltăm o ecuație generică de regresie într-o anumită regiune, și în unii ani să nu existe nici o relație. Acesta pare a fi cazul în anii extrem de uscați, de exemplu 2003, când modelele prognozează compromiterea culturii. Utilizarea unei variante de regresie prin urmare trebuie să fie adaptată pentru fiecare an.

CUPRINS

1. Obiectivele generale.....	1
2. Obiectivele fazei de execuție.....	3
3. Rezumatul fazei.....	5
4. Îmbunătățirea modelelor pentru descrierea interacțiunilor sol – recoltă – climat pentru diferite sisteme de agricultură – Activitățile 2.2 și 2.3	9
4.1. Introducere	9
4.2. Perfecționarea modelelor de simulare a variabilității spațiale a productivității culturilor - Activitatea 2.2	10
4.2.1 Modelarea efectelor stresului hidric asupra germinației și răsării -----	10
4.2.1.1 Modelarea germinației -----	10
4.2.1.2 Modelarea răsării -----	11
4.2.1.3 Modelarea ofilirii (morții) plantulelor -----	13
4.2.2 Validarea experimentală a GEme -----	13
4.2.2.1 Substanța uscată a lăstarilor -----	15
4.2.2.2 Substanța uscată din rădăcină -----	17
4.2.3 Evaluarea înființării culturii de grâu Durum într-un bazin hidrografic cu o pantă medie de 7% -----	20
4.3. Integrarea modulelor pentru a determina variabilitatea spațială a eficienței de utilizare a radiației și apei - Activitatea 2.3.....	22
4.3.1 Simularea indicelui de stres hidric pentru culturi (CWSI) -----	22
4.3.1.1 Modelarea temperaturii la suprafața culturilor pentru estimarea CWSI -----	23
4.3.1.2 Monitorizarea temperaturii covorului vegetal la grâu de toamnă -----	25
4.3.2 Modelarea creșterii temperaturii covorului vegetal la grâu de toamnă -----	31
4.3.3 Rezultate pentru modelul CWSI -----	33
4.3.4 Discuții asupra modelării stresului termic și hidric la cereale -----	34
4.3.5 Concluzii pentru modelul CWSI termic -----	35
5. Integrarea și agregarea algoritmilor pentru calculul bilanțului de energie și de apă în funcție de parametrii Modelului Digital de Teren (MDT) – Activitățile 3.1, 3.2 și 3.3	36
5.1. Regimul de radiație și temperatură – Activitatea 3.1	36
5.1.1 Moduri de implementare a variabilei spațiale input în modelele ecologice -----	36
5.1.2 Variabile cheie pentru creșterea plantei -----	38
5.1.3 Definiția și derivarea indicatorilor utili -----	38
5.1.3.1 Indici de umiditate fundamentați pe teren -----	38
5.1.3.2 Indici de radiație fundamentați pe teren -----	40
5.1.3.3 Indici de temperatură dependenți de teren -----	42
5.1.4 Utilizarea indicatorilor fundamentați pe teren pentru modelarea hidrologică și agricolă	42
5.1.5 Similaritatea terenului și utilizarea sa în compararea predicțiilor modelelor deterministice și de indici -----	43
5.1.6 Varianta cu aplicație regională a modelului -----	44
5.1.7 Aplicație pe SubCarpații de Curbură -----	150

5.2. Redistribua apei n zonele colinare – Activitatea 3.2.....	162
5.2.1. Descrierea peisajului pentru analizele i activitatea n câmp-----	162
5.2.2 Datele accesibile pentru analize -----	163
5.2.3 Modele i metode pentru a genera parametrii necesari pentru modelul determinist 164	
5.2.4 Variabilitatea spaială a Indicilor de umiditate generați la scara câmpului i bazinului hidrografic-----	167
5.2.5 Comparaie între umiditatea solului măsurată i estimată-----	168
5.2.5.1 Activitatea n câmp-----	168
5.2.5.2. Modele de precipitații 2003-2004 -----	170
5.2.5.4 Variabilitatea umidității solului la suprafață pe clase de sol i elemente de teren -----	170
5.2.5.5 Rezultate din cartările de umiditatea solului la suprafață -----	171
5.2.5.6 Analize generale-----	171
5.2.6 Redistribua apei n zonele colinare n Subcarpații de Curbură-----	172
5.3. Analize de senzitivitate pentru evaluarea efectelor pantei asupra agregării datelor – Activitatea 3.3	149
5.3.1 Senzitivitatea indicilor de umiditate i indicele de radiaie față de dimensiunea gridului -----	149
5.3.2 Efectul dimensiunii gridului i rezoluției datelor de intrare asupra variabilității recoltei -----	150
5.3.3 Rezultatele analizelor de similaritate -----	150
5.3.4 Varianta ISBA pentru ecuația de drenaj -----	150
5.3.5 Efectul complexității modelului asupra variabilității recoltei-----	151
5.3.5.1 Rezultatele variantei ISBA pentru recoltă. -----	151
5.3.5.2 Rezultatele variantei de Indice pentru recoltă -----	152
5.3.5.3 Comparații între rezultate de recoltă pentru varianta de indice i ISBA -----	152
5.3.5.4 Variantă de regresie -----	152
5.3.5.5 Comparații între valorile măsurate i modelate de umiditatea solului-----	153
5.3.6 Analize de senzitivitate pentru Subcarpații de Curbură -----	153
5.3.6.1. Pantele subunităților de relief-----	153
5.3.6.2. Altitudinea medie i energia de relief-----	154
5.3.6.3. Corelația pantei i energiei de relief medii -----	156
5.3.7 Rezumat i concluzii -----	160

Tabel 4.2.1	15
Tabel 4.2.2	17
Tabel 4.2.3	20
Tabelul 4.2.4	20
Table 4.2.5	21
Tabel 4.3.1	26
Tabel 4.3.3	27
Tabel 4.3.5	30
Tabel 4.3.6	32
Tabel 4.3.8	34
Tabel 4	154
Tabel 5	159
Tabel 6	162
Tabel 5.1.1	164
Tabel 5.2.2	166
Tabel 5.2.6.7	173
Tabel 5.2.6.8	174
Tabel 5.2.6.9	174
Tabel 5.2.6.10	175
Tabel 5.2.6.11	176
Tabel 5.3.6.1	155
Tabel 5.3.6.2	155
Tabel 5.3.6.3	157

Lista tabelelor incluse în raport