

MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI
UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI



Ing. Carmelia Mariana NEGRUȚU (DRAGOMIR)

ESTIMAREA, CORECȚIA ȘI ANALIZA REZULTATELOR UNOR MĂSURĂTORI PRIVIND POLUAREA ȘI FLUXURILE ATMOSFERICE

Rezumatul tezei de doctorat

Conducător științific:
Prof. dr. ing. Lucian P. GEORGESCU

GALAȚI
2011

ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI
UNIVERSITATEA DUNĂREA DE JOS DIN GALAȚI

Strada Domnească nr. 47, cod poștal 800008
Galați, România
E-mail: rectorat@ugal.ro



Tel.: (+4) 0336-130.109; 0336-130.108; 336-130.104
Fax: (+4) 0236 - 461.353
www.ugal.ro

c.12518/30.11.2011

Către

Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați vă face cunoscut că în data de **16.12.2011**, ora **12.00**, în **sala SA101 a Facultății de Științe și Mediu**, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată: **"ESTIMAREA, CORECTIA ȘI ANALIZA REZULTATELOR UNOR MĂSURĂTORI PRIVIND POLUAREA ȘI FLUXURILE ATMOSFERICE"**, elaborată de domnul/doamna **ing. NEGRUTU MARIANA-CARMELIA(DRAGOMIR)**, în vederea conferirii titlului științific de doctor în Domeniul de doctorat - **Inginerie industrială**.

Comisia de doctorat are următoarea componență :

- Președinte:** Prof.univ.dr.fiz. Luminița MORARU
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați
- Conducător de doctorat:** Prof.univ.dr.ing. Puiu-Lucian GEORGESCU
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați
- Referent 1:** Prof.univ.dr.ing. Constantin MINCIU
Universitatea POLITEHNICA București
- Referent 2:** Prof.univ.dr.ing. Cristina COSTACHE
Universitatea POLITEHNICA București
- Referent 3:** Conf.univ.dr. Mirela VOICULESCU
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați

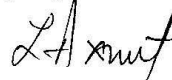
Cu această ocazie vă transmitem rezumatul tezei de doctorat și vă invităm să participați la susținerea publică. În cazul în care doriți să faceți eventuale aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării, vă rugăm să le transmiteți în scris pe adresa Universității, str. Domnească nr. 47, 800008 - Galați, Fax - 0236 / 461353.

RECTOR,
Prof.dr.ing. Vlad




SECRETAR DOCTORAT,

Ing. Luiza AXINTE



CUPRINS

	Pag.
	Teza
Lista Notărilor și Abrevierilor	6
Lista Contribuțiilor Personale	9
INTRODUCERE	9
Definirea subiectului/Motivația	8
Originalitatea tezei	12
CAP. 1 GENERALITĂȚI PRIVIND ESTIMAREA ȘI ANALIZA FLUXURILOR ATMOSFERICE	15
1.1 Stratul limită atmosferic	17
1.2 Balanța de energie de la suprafața solului	20
1.2.1. Fluxul de dioxid de carbon (CO ₂)	24
1.2.2. Fluxul de căldură sensibilă	25
1.2.3. Fluxul de căldură latentă	26
1.3. Fluxul de aer din ecosistem	27
1.3.1. Fluxul într-un punct	28
1.3.2. Derivări ale ecuației Reynolds	31
1.3.3. Conservarea masei	32
Concluzii parțiale	35
CAP. 2 MODELE ȘI METODE DE ANALIZĂ A CALITĂȚII DATELOR ȘI TEHNICI STATISTICE DE STUDIU	36
2.1. Verificarea calității datelor măsurate prin covarianță turbionară	36
2.1.1. Metode de corecție a valorilor măsurate	37
2.1.2. Erori sistematice și deviațiile lor	39
2.2. Metode statistice de studiu	43
2.2.1. Metoda imputării multiple (MI) (Multiple Imputation)	43
2.2.2. Regresii neliniare (NLRs.) (Non-linear regressions)	44
2.2.3. Regresia multiplă (Multiple regression)	45
2.2.4. Filtru Kalman dual unscented (UKF) (Dual Unscented Kalman filter)	46
2.2.5. Rețele neuronale artificiale (ANN)(Artificial neural networks)	47
2.2.6. Parametrii statistici utilizați pentru determinarea acurateții estimării fluxurilor atmosferice	50
2.2.6.1 Eroarea sistematică medie pătrată (Mean square bias)	50
2.2.6.2. Eroarea maximă absolută (MaxAE)	51
2.2.6.3. Eroarea medie absolută (MAE)	51
2.2.6.4. Eroarea rădăcinii medii pătrate (RMSE)	51
2.2.6.5. Coeficient de corelație (R ²)	51

2.3. Modele utilizate în studiul fluxurilor	51
2.3.1. Tabele Look-up (Look-up tables)	52
2.3.2. Media variației diurne (MDV) (Mean diurnal variation)	52
Concluzii parțiale	53
CAP. 3 ANALIZA CALITĂȚII SETURILOR DE DATE ÎNREGISTRATE LA STAȚIA LUTJEWAD, OLANDA	54
3.1 Instrumente de măsurare a fluxurilor amplasate la stația Lutjewad	54
3.1.1. Set-up experimental	54
3.1.2. Echipamentele amplasate la stația meteo	58
3.1.2.1. Determinarea concentrației de CO ₂	58
3.1.2.2. Determinarea H ₂ O	58
3.1.2.3. Determinarea vitezei și direcției vântului	58
3.1.2.4. Determinarea radiației solare	59
3.2. Procesarea datelor măsurate prin metoda covarianței turbionare	59
3.3. Analiza calității măsurătorilor fluxului de CO ₂	61
3.4. Analiza calității măsurătorilor fluxului de căldură sensibilă	67
3.5. Analiza calității măsurătorilor fluxului de căldură latentă	74
Concluzii parțiale	80
CAP. 4 STUDIUL VARIĂȚIEI TEMPORALE ȘI AL CORELAȚIEI FLUXURILOR ATMOSFERICE CU PARAMETRII METEOROLOGICI	81
4.1 Analiza variației fluxurilor atmosferice	81
4.1.1. Variația diurnă a fluxului de CO ₂	81
4.1.1.1. Variația lunară a fluxului de CO ₂	82
4.1.1.2. Variația diurnă în funcție de sezon a fluxului de CO ₂	84
4.1.2. Analiza variației fluxului de căldură sensibilă	85
4.1.2.1. Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă	85
4.1.2.2. Variația lunară a fluxului de căldură sensibilă	86
4.1.2.3. Variația diurnă în funcție de sezon a fluxului de căldură sensibilă	87
4.1.3. Analiza variației fluxului de căldură latentă	89
4.1.3.1. Variația diurnă a fluxului de căldură latentă	89
4.1.3.2. Variația lunară a fluxului a fluxului de căldură latentă	90
4.1.3.3. Variația diurnă în funcție de sezon a fluxului de căldură latentă	92
4.2. Variația parametrilor meteorologici	93
4.2.1. Variația diurnă a parametrilor meteo	93
4.2.1.1. Variația diurnă a temperaturii aerului	93
4.2.1.2. Variația diurnă a turbulenței atmosferice	94
4.2.1.3. Variația diurnă a umidității relative	94
4.2.1.4. Variația diurnă a radiației globale	95
4.2.2. Variația lunară a parametrilor meteorologici	96
4.2.2.1. Variația lunară a temperaturii aerului	96
4.2.2.2. Variația lunară a turbulenței atmosferice	96

4.2.2.3. Variația lunară a radiației globale	98
4.2.2.4. Variația lunară a umidității relative	98
4.3. Corelația fluxurilor atmosferice cu parametrii meteorologici	99
4.3.1. Corelația fluxului de CO ₂ cu parametrii meteorologici	99
4.3.2. Corelația fluxului de căldură sensibilă cu parametrii meteorologici	100
4.3.3. Corelația fluxului de căldură latentă cu parametrii meteorologici	102
Concluzii parțiale	104
CAP. 5 ESTIMAREA FLUXURILOR ATMOSFERICE PRIN DOUĂ METODE STATISTICE: REGRESIE MULTIPLĂ (MR) ȘI REȚELE NEURONALE ARTIFICIALE (ANN)	105
5.1. Estimarea și analiza setului de date pentru fluxul de CO ₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN	105
5.1.1. Variația lunară a fluxului de CO ₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN	107
5.1.2. Variația diurnă a fluxului de CO ₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN	109
5.1.3. Variația diurnă a fluxului de CO ₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN în funcție de sezon	111
5.1.3.1. Variația diurnă a fluxului de CO ₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de iarnă	111
5.1.3.2. Variația diurnă a fluxului de CO ₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de primăvară	112
5.1.3.3. Variația diurnă a fluxului de CO ₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de vară	114
5.1.3.4. Variația diurnă a fluxului de CO ₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de toamnă	116
5.1.4. Variația lunară a parametrilor statistici pentru fluxul de CO ₂	117
5.2. Estimarea și analiza setului de date pentru fluxul de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN	120
5.2.1. Variația lunară a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN	123
5.2.2. Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN	124
5.2.3. Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN în funcție de sezon	126
5.2.3.1. Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de iarnă	126
5.2.3.2. Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de primăvară	128
5.2.3.3. Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de vară	129
5.2.3.4. Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de toamnă	131
5.2.4. Variația lunară a parametrilor statistici pentru fluxul de căldură sensibilă	133

5.3. Estimarea și analiza setului de date pentru fluxul de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN	135
5.3.1. Variația lunară a fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN	137
5.3.2. Variația diurnă a fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN	139
5.3.3. Variația diurnă a fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN în funcție de sezon	140
5.3.3.1. Variația diurnă a fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN anotimpul de iarnă	140
5.3.3.2. Variația diurnă a fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de primăvară	142
5.3.3.3. Variația diurnă a fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de vară	144
5.3.3.4. Variația diurnă a fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN pentru anotimpul de toamnă	145
5.3.4. Variația lunară a parametrilor statistici pentru fluxul de căldură latentă	147
Concluzii parțiale	149
CAP. 6 ANALIZA INVENTARIERII ȘI MONITORIZĂRII POLUĂRII ATMOSFERICE ÎN JUDEȚUL BRĂILA	152
6.1. Rețeaua de prelevare a poluanților atmosferici în județul Brăila	154
6.2. Stabilitatea și continuitatea seturilor de date a poluanților atmosferici	155
6.3. Corelarea valorilor estimate și a concentrațiilor medii și maxime măsurate	159
6.3.1. Corelarea valorilor estimate și a concentrațiilor medii și maxime pentru NH ₃	160
6.3.2. Corelarea valorilor estimate și a concentrațiilor medii și maxime pentru NO ₂	161
6.3.3. Corelarea valorilor estimate și a concentrațiilor medii și maxime pentru SO ₂	161
6.3.4. Corelarea valorilor estimate și a concentrațiilor medii și maxime pentru pulberile în suspensie	162
Concluzii parțiale	164
CONCLUZII FINALE	165
Perspective de continuare a cercetărilor	177
ANEXA 1 Variația diurnă a fluxului de CO ₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN	178
ANEXA 2 Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN	184
ANEXA 3 Variația diurnă a fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN	190
ANEXA 4 Metodologii de monitorizare a poluanților atmosferici	196
Bibliografie	197

LISTA NOTAȚIILOR ȘI ABREVIERILOR

Simbol/Abreviere/Notatie	Definitie/Semnificatie
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (Program statistic pentru științe sociale)
MR	Multiple regression (regresie multiplă)
ANN	Artificial neural networks (rețele neuronale artificiale)
MLP	Multilayer perceptron (perceptron multistrat)
RBF	Radial basis function (funcția de bază radială)
NEE	Net Ecosystem Exchange (schimburile nete din ecosistem)
MDV	Mean diurnal variation (Media variației diurne)
SPM	Semiparametric model (Tehnica modelului semi-parametric)
MIM	Multiple imputation method (Metoda imputării multiple)
ER	Ecosystem respiration (respirația ecosistemului)
GPP	Gross primary production (producția primară brută)
BETHY	Biosphere energy-transfer hydrology model (Modelul hidrologic al transferului de energie al Biosferei)
SNAP	Selected Nomenclature for Air Pollution (Grupe de inventariere a poluanților aerului)
MBS	Mean square bias (Eroarea sistematică medie pătrată)
MaxAE	Maximum absolute errors (Eroarea maximă absolută)
MAE	Median absolute errors (Eroarea medie absolută)
RMSE	Root mean square error (Eroarea rădăcinii medii pătrate)
R^2	Coeficient de de corelație
CO ₂	Dioxid de carbon
CH ₄	Metan
N ₂ O	Protoxidul de azot
SF ₆	Hexafluorid de sulf
NH ₃	Amoniac
NO ₂	Dioxid de azot
SO ₂	Dioxid de sulf
SUS	Pulberi în suspensie
SED	particulele sedimentabile
CAM	Concentrația medie măsurată
EA	Concentrația anuală estimată
CAMAX	Concentrația maximă măsurată
AP 42	Air Pollutant Emission Factors (factor de emisie al poluării aerului)

INTRODUCERE

Definirea subiectului/Motivația

Studiul variației fluxurilor de căldură și a fluxului de CO₂ are un rol semnificativ în echilibrul anual al gazelor cu efect de seră și a estimării bugetului de carbon la nivel mondial.

Stația meteo Lutjewad din Olanda aparține Centrului de Cercetare al Izotopilor și este echipată cu un laborator de cercetare, iar scopul principal al studiilor este analiza, cuantificarea și estimarea fluxurilor atmosferice în funcție de variația parametrilor meteorologici, dar și studiul metologiei de inventariere a poluanților atmosferici. Un sistem de măsurare a fluxurilor prin covarianță turbionară, a fost instalat în vara anului 2006 la înălțimea de 50 m în zona de nord a provinciei Groningen. Cu acest sistem, fluxurile de CO₂ și H₂O precum și fluxurile sub formă de căldură sensibilă și latentă din zonă (aproximativ 1-15 km distanță) pot fi determinate. În funcție direcția și viteza vântului, fluxul mediu se determină pentru zona agricolă sau pentru zona de mlaștină.

Tehnica de măsurare prin corelarea fluxurilor turbulente (Eddy correlation sau eddy covariance) oferă o posibilitate directă de a măsura schimbul dintre fluxul de CO₂, vaporii de apă și fluxul de căldură sensibilă care are loc între suprafața terestră și atmosferă. Toate datele măsurate prin metoda covarianței turbionare variază într-o gamă largă de scări temporale și în toate cazurile, incertitudinea de măsurare al fluxului crește cu magnitudinea acestuia.

Multe dintre datele orare nu pot fi utilizate, deoarece ipotezele din cadrul schemei de calcul nu sunt îndeplinite. Aceasta, este o problema comună a măsurătorilor fluxurilor turbulente. Problema este rezolvată de obicei, cu un program de încărcare a setului de date. Relațiile empirice cu condițiile de mediu sunt folosite pentru a interpola datele lipsă.

Valorile lipsă din setul de date, în seriile de timp, reprezintă provocări pentru cercetători, în special prin încărcarea acestor valorilor, ceea ce reprezintă o condiție prealabilă pentru estimarea sumelor zilnice și anuale ale schimburilor de CO₂ din ecosistem. Distribuția statistică a fluxurilor poate fi estimată, în cazul în care există un număr suficient de observații disponibile ale condițiilor de mediu din zona analizată.

Valorile lipsă din setul de date sunt încărcate prin diferite metode statistice: regresia multiplă (MR) și rețele neuronale artificiale (ANN), fiind tehnici utilizate frecvent în domeniul micrometeorologiei. În estimarea datelor lipsă ale fluxului de CO₂, de căldură sensibilă și căldură latentă am folosit softul SPSS, utilizând ca variabile măsurătorile zilnice, care au îndeplinit condițiile de staționaritate și omogenitate, și parametrii meteorologici. Patru variabile cantitative (radiația globală, turbulența atmosferică, temperatura aerului și umiditatea relativă) și pe rând câte o variabilă categorică, fluxul de CO₂, sau fluxurile de căldură sensibilă și căldură latentă măsurate la stația meteo Lutjewad au fost incluse în analize. Variabilele utilizate, au fost parametrii meteorologici, care au influențat, în funcție de coeficientul de corelație cu fluxul, completarea datelor lipsă din setul de măsurători.

Analiza statistică a fluxurilor turbulente estimate prin MR și ANN au același trend, iar diferențele mari dintre erorile apărute în sezonul de vară și cele din sezonul de iarnă pot fi explicate prin faptul că în timpul verii, radiațiile nete domină bugetul de energie, datorită magnitudinii radiației solare.

Inventarul anual al emisiilor poluanților atmosferici se bazează pe informațiile furnizate de către operatorii inventariați (mașini de producție, echipamente și vehicule utilizate și a consumului total de combustibil / utilizate în anul anterior) dar sunt bazate și pe date statistice (numărul de locuitori din județ, numărul și categoriile de vehicule înmatriculate etc).

Datele colectate în perioada 1999-2002 nu pot fi în întregime comparate cu cele colectate în perioada 2003-2008, deoarece măsurătorile au fost făcute de metodologii diferite: CORINAIR 1995 și AP 42 în prima perioadă și CORINVENT-CORINAIR în ultimii ani.

Tema tezei de doctorat “**Estimarea, corecția și analiza rezultatelor unor măsurători privind poluarea și fluxurile atmosferice**” tratează în primul rând procedeele de măsurare a fluxurilor atmosferice, de analiză a setului de date pentru fluxurile de căldură sensibilă și latentă și fluxul de CO₂, colectate la stația meteorologică Lutjewad din Olanda, precum și tehnicile de modelare și estimare a acestora. De asemenea, am prezentat modalitatea de inventariere a poluanților atmosferici utilizată la nivelul județului Brăila, România.

În linii mari, obiectivele generale propuse spre rezolvare în cadrul acestei lucrări sunt legate de aducerea unor contribuții în domeniul estimării fluxului de CO₂ din atmosferă, o componentă importantă a ciclului terestru al carbonului, iar o estimare precisă a fluxurilor de căldură și CO₂ este esențială pentru estimarea balanței de energie și a schimbului net de CO₂ dintr-un ecosistem. Un alt obiectiv important este compararea a două metode de inventariere a poluanților atmosferici, CORINAIR 1995 și AP 42 metode utilizată în perioada 1999-2002 și CORINVENT-CORINAIR utilizată în perioada 2003-2008.

Ca structură, teza de doctorat conține șase capitole:

Primul capitol al tezei tratează aspecte generale privind cuantificarea și dispersia fluxurilor atmosferice, stratul limită atmosferic, unul din principalele straturi de energie de schimb a atmosferei și balanța de energie de la suprafața solului aceasta fiind o componentă fundamentală a tuturor modelelor de interacțiune pământului/atmosferă

Principalele tehnici de măsurare modelare și estimare a fluxurilor atmosferice, modalități de verificare și corecție a seturilor de date, precum și parametrii statistici utilizați pentru determinarea acurateții estimării fluxurilor sunt descrise în cadrul celui de-**al doilea capitol** al tezei.

În **capitolul 3** am prezentat metodele și instrumentele de măsurare a fluxurilor amplasate la stația Lutjewad și analiza calității seturilor de date pentru fluxurile de căldură sensibilă și latentă și fluxul de CO₂, înregistrate la Stația Lutjewad.

Analiza variației diurne și lunare a fluxurilor atmosferice (căldura sensibilă, căldura latentă și fluxul de CO₂) și a parametrilor meteorologici (temperatura aerului, umiditatea relativă, turbulența atmosferică și radiația globală) sunt prezentate în **capitolul 4**, dar și coeficientului de corelație dintre aceștia.

Capitolul 5 cuprinde cercetările privind încărcarea seturilor de date pentru fluxurile de CO₂, căldură sensibilă și căldură latentă prin metoda regresiei multiple și a rețelelor neuronale artificiale, compararea seturilor de date estimate cu cele măsurate în funcție de variația diurnă, lunară și sezonieră a acestora, dar și tehnicile utilizate pentru analiza acurateții metodelor statistice utilizate în estimarea fluxurilor atmosferice și variația erorilor.

În ultimul **capitol, 6**, am prezentat modalitatea de inventariere și monitorizare a poluanților atmosferici în județul Brăila, precum și o metodă de corelare a două metodologii diferite utilizate în perioadele 1999-2002, CORINAIR 1995 și AP 42 și CORINVENT-CORINAIR utilizată în perioada 2003-2008.

În baza cercetărilor experimentale prezentate în cadrul capitolelor 3 – 6 au fost stabilite concluziile generale ale tezei, cu sublinierea aspectelor originale abordate.

Variabilele utilizate și procedurile folosite pentru realizarea acestei lucrări de cercetare științifică sunt prezentate detaliat în cadrul fiecărui capitol în parte. Fiecare capitol se finalizează cu propriile concluzii.

Originalitatea tezei

Contribuțiile originale ale acestei teze sunt:

- Pentru prima dată au fost analizate fluxurile de căldură sensibilă și latentă precum și fluxul de CO₂ (cu softurile Alteddy și SPSS), corectate (softul SPSS) și estimate (prin MR și metoda rețelelor neuronale artificiale cu softul SPSS) colectate prin metoda covarianței turbionare la stația meteo Lutjewad, Olanda. Analiza datelor înregistrate sunt importante pentru a compara magnitudinea, corecția, și calitatea fluxurilor deoarece cantitatea de energie termică adăugată suprafeței solului în atmosfera inferioară influențează concentrația gazelor cu efect de seră.
- Analiza statistică a calității măsurătorilor orare din 2008 și eliminarea valorilor extreme pentru fluxurile de căldură sensibilă, căldură latentă (Dragomir, et al., 2011b) și pentru fluxul de CO₂, măsurate la o înălțime de 50 m pe o suprafață plană agricolă în apropierea digului Mării Wadden, Olanda, având în vedere că sistemul impropriu de achiziție a acestora și condițiile meteorologice extreme conduc la erori în măsurarea fluxurilor.
- Estimarea și cuantificarea schimburilor diurne și anuale ale ecosistemului în funcție de variația acestora în timp, prin completarea seturilor de date, utilizând o variabilă independentă (setul de măsurători reale cu factor de calitate înaltă în funcție calculul coeficienților de corelație ale celor trei fluxuri atmosferice) și patru variabile dependente, parametrii meteorologici (radiația globală, turbulența atmosferică, umiditatea relativă) colectați în același interval orar.
- Elaborarea unei metodologii originale de încărcare a setului de date direct în fluxurile atmosferice. Încărcarea setului de date s-a făcut direct în fluxul de CO₂ măsurat, în contradicție cu metodele comune care încarcă seturile de date în fluxurile de suprafață (NEE – net ecosystem exchange). Completarea setului de date în fluxurile de suprafață are avantajul că pot fi folosite relațiile fiziologice dintre plante, dar acest avantaj dispare atunci când este folosită metoda rețelelor neuronale artificiale (Dragomir, et al., 2011). Completarea datelor lipsă în fluxul de CO₂ prin urmare, are avantajul că rezultatele nu sunt deteriorate prin estimările inexacte de stocare a CO₂ (Dragomir, et al., 2011), aspect deosebit de important mai ales atunci când măsurătorile sunt efectuate la înălțime mari.
- Completarea datelor lipsă ale fluxului de căldură sensibilă și fluxului de căldură latentă măsurate prin metoda covarianței turbionare utilizând regresia multiplă și rețelele neuronale artificiale.
- Studiul statistic al acurateții metodelor de încărcare a seturilor de date prin utilizarea a cinci indicatori statistici care calculează amploarea și distribuția erorilor: eroarea sistematică medie pătrată, eroarea maximă absolută și eroarea medie absolută, eroarea rădăcinii medii pătrate și R².
- Analiză pe termen lung a poluării bazată pe seturile de date existente în județul Brăila nu este posibilă deoarece au fost folosite pentru estimarea și inventarierea emisiilor două metode diferite. Setul de date originale complete pentru 1999-2008, cel puțin două din emisiile estimate, CH₄ și NH₃, au variații bruște, în 2003, cu valori extrem de mici, în primul interval de timp, comparativ cu cel de-al doilea interval de timp, 2003 - 2008. Acest lucru sugerează, de asemenea, că estimările, sunt influențate de metologia diferită dintre cele două metode utilizate, CORINAIR și CORINVENT.

Aproximativ 90 % din figurile prezentate în această lucrare sunt originale sau preluate din articolele publicate de autor. O parte sunt adaptate, iar sursele sunt citate în descrierile corespunzătoare.

CAPITOLUL I

GENERALITĂȚI PRIVIND ESTIMAREA ȘI ANALIZA FLUXURILOR ATMOSFERICE

Măsurătorile atmosferice sunt un instrument de cuantificare a fluxurilor de gaze cu efect de seră în și din atmosferă și pentru a se cunoaște procesele care stau la baza acestora. Respirația biosferei reprezintă unul dintre cele mai mari fluxuri de dioxid de carbon (CO₂) din atmosferă. Datorită potențialului său de variabilitate mare, acesta este unul dintre factorii de control pentru schimbul de carbon net dintre biosferă și atmosferă.

1.1. Stratul limită atmosferic

Stratul de suprafață este unul din principalele straturi de energie de schimb a atmosferei, și, în consecință transformările energiei solare în alte forme de energie sunt subiectul principal al micrometeorologiei. În plus, stratul de suprafață este o sursă de frecare, care provoacă o modificare importantă a vântului, dar și în procesele de schimb între suprafața Pământ și troposferă. Scara de timp relevantă în micrometeorologie este mai mică de un ciclu diurn datorită variațiilor temporale și spațiale din atmosferă (Foken 2008).

1.2. Balanța de energie de la suprafața solului

Balanța de energie de la suprafața solului este o componentă fundamentală a tuturor modelelor de interacțiune pământului/atmosferă (Culf et al, 1997). Suprafața pământului este principala zonă de transfer de energie pentru procesele atmosferice. Aceasta este încălzită de undele scurte de la soare (K↓), și doar o parte din această radiație este reflectată înapoi (K↑). În plus, suprafața absoarbe radiațiile de lungime de undă lungă datorită emisiilor de lungime de undă lungă ale norilor, particulelor și gazelor (I ↓). Energia absorbită este emisă numai parțial în atmosferă ca radiații de lungime de undă lungă (I↑). În concluzie, suprafața pământului primește mai multă energie decât este pierdută, adică radiația netă la suprafața solului este pozitivă (-Q_s). Excedentul de energie va fi transportat înapoi în atmosferă prin două fluxuri turbulente de energie: fluxul de căldură sensibilă (QH) și fluxul de căldură latentă (QE, evapotranspirația). În plus, energia este transportată în sol prin fluxul de căldură la nivelul solului (QG) și va fi stocată de plante, clădiri, etc (ΔQS). Balanța de energie la suprafața pământului în conformitate cu legea de conservare a energiei este:

$$-Q_S^* = Q_H + Q_E + Q_G + \Delta Q_S \quad (1.1.)$$

Diferența dintre fluxurile primite și cedate de către o anumită suprafață este bilanțul radiativ. Bilanțul radiativ are în general valori mari pe timp senin, în sezonul cald acesta fiind pozitiv în și negativ în sezonul rece.

1.2.1. Fluxul de căldură sensibilă

Fluxul de căldură sensibilă este energia termică transferată între suprafața solului și aer atunci când există o diferență de temperatură între ele. Atunci când suprafața este mai caldă decât aerul, căldura va fi transferată în sus, în atmosferă ca un transfer pozitiv de căldură sensibilă. Dacă aerul este mai cald decât suprafața, căldura este transferată din aer către suprafață, astfel se creează un transfer negativ de căldură sensibilă.

1.2.2. Fluxul de căldură latentă

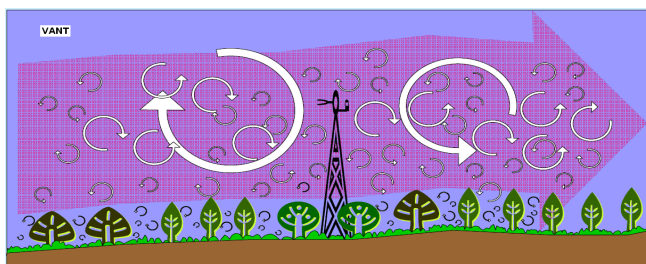
Este fluxul de căldură de la suprafața Pământului către atmosferă și este asociat cu transpirația sau evaporarea apei de la suprafață. Când evaporarea are loc se poate spune că există un flux (de transfer) pozitiv de căldură latentă. Evaporarea este un proces de răcire, acest lucru duce la scăderea temperaturii suprafeței solului. Când are loc evaporarea există un flux (de transfer) pozitiv de căldura latentă.

1.2.3. Fluxul de dioxid de carbon (CO₂)

Fluxul de CO₂ apare în principal din fotosinteză și respirație și joacă un rol important în balanța de carbon a ecosistemelor, precum și în ciclul global al carbonului. Combinând efectele fotosintezei și respirației : CO₂ provine de la suprafață către atmosfera pe timpul nopții, dar poate proveni și pe timpul zilei toamna și iarna. Fluxul de CO₂ provine din atmosfera către suprafață în timpul zilei primăvara și vara.

1.3. Fluxul de aer din ecosistem

Fluxul de aer poate fi imaginat ca un curent orizontal de rotație cu numeroase turbulențe. Fiecare turbulență este o componentă 3D, inclusiv o componentă verticală a vântului. În figura 1.8., fluxul de aer este reprezentat prin săgeți de diferite dimensiuni care trec prin turn. Conceptual, aceasta este cadrul pentru transportul turbionar al fluxurilor atmosferice.



La un moment dat (timpul 1), fluxul numărul 1 mișcă în jos cu viteza W_1 zona de aer C_1 . În următorul moment (timpul 2) din același punct, fluxul numărul 2 mișcă în sus cu viteza W_2 zona de aer C_2 . Fiecare zonă de aer are caracteristici, cum ar fi concentrația de gaz, temperatura, umiditatea,

Figura 1.8. Fluxul de aer din ecosistem (Burba, 2007)

1.3.1. Fluxul într-un punct

Metoda covarianței turbionare este utilizată pentru a măsura direct densitatea unui flux turbulent (Swinbank, 1951, 1955). Fluxurile măsurate prin aceasta metodă sunt influențate de schimburile nete ale ecosistemului cu atmosfera, în care fluxul mediu vertical este ignorat și fluxul turbulent este definit ca:

$$F = \overline{\rho w' s'} \quad (1.2.)$$

Unde ρ este densitatea aerului uscat (kg m^{-3}),

s' este raportul scalar turbulent,

w este perturbația pe verticală, și indică timpul mediu.

CAPITOLUL 2

MODELE ȘI METODE STATISTICE DE ANALIZĂ A CALITĂȚII DATELOR ȘI TEHNICI STATISTICE DE STUDIU

Tehnica de măsurare prin covarianța fluxurilor turbulente este o tehnică utilizată pentru a înregistra și calcula fluxurile turbulente din cadrul stratului limită atmosferic.

Aceasta este o metodă statistică utilizată în meteorologie și în alte aplicații, care analizează seriile de date, și valorile fluxurilor la frecvență înaltă de vânt. Măsurătorile de flux sunt larg utilizate pentru a estima schimbul de energie termică, apa, CO₂, și de CH₄.

2.1. Verificarea calității datelor măsurate prin covarianță turbionară

Măsurătorile înregistrate la turnurile meteo, sunt relevante pentru cuantificarea fluxurilor turbulente, și anume vaporii de apă, concentrațiile de CO₂, componente ale vântului, și temperatura, au fost obținute cu o rezoluție de timp de 10Hz. Fluxurilor turbulente, verticale au fost calculate pentru intervale de timp de o oră. Înregistrarea datelor în acest interval de timp este considerată a fi un bun compromis între necesitatea de a acoperi o perioadă mare de timp, pentru a include toate frecvențele care contribuie la flux, și necesitatea de a scurta seriile de timp pentru a garanta condițiile stării de echilibru (Wilczak, et al., 2001; Finnigan, et al., 2003, Foken, et al., 2004, Foken, 2006).

Un test folosit pentru a determina turbulențele și, astfel, aplicabilitatea metodei covarianței turbionare a fost realizat prin examinarea integrală a caracteristicilor turbulenței. Acest test se bazează pe teoria similitudinii Monin-Obuhov și este aplicată în conformitate cu Foken, et al. (2004).

2.1.1. Metode de corecție a valorilor măsurate

Aplicarea metodelor de corecție este strâns legată de calitate a datelor extreme. Acestea încep cu excluderea valorilor lipsă și a valorilor extreme. Cele mai multe dintre aceste teste se vor face după aplicarea tuturor corecțiilor. Cele mai importante sunt testele condițiilor stării de echilibru și a turbulențelor.

Testele suplimentare ar trebui să detecteze influențele meteorologice nefavorabile care de multe ori nu pot fi separate de problemele tehnice de măsurare (Vickers și Mahrt, 1997). Testul uzual constă în determinarea abaterii standard. Toate valorile mai mari decât 3.5σ vor fi considerate valori extreme (Højstrup, 1993).

În cazul în care o singură valoare este extrem de mare, se recomandă să se repete testul de 2-3 ori, deoarece datele eronate nu pot fi identificate altfel. Metoda de covarianță turbionară se bazează pe o serie de ipoteze care trebuie să fie controlate și, în cazul în care ipotezele nu sunt îndeplinite, atunci sunt necesare să fie aplicate corecții. Deoarece corecțiile necesare nu pot fi observate din datele înregistrate, testele extinse trebuie făcute în mod expres.

Transportul fluxurilor turbulente în condiții calm atmosferic și pe timp de noapte cu cer senin, este subestimat, ceea ce sugerează că fluxurile măsurate prin metoda covarianței turbionare pot fi de asemena subestimate. Un procedeu utilizat în micrometeorologie este să se elimine măsurătorile fluxurilor atunci când turbulența atmosferică $<0,1\text{ms}^{-1}$ și să se utilizeze alți parametri pentru a se încărca golurile din seturile de date (Jacobs, et al., 2008.)

Van de Wiel, et al. (2003) a concluzionat că înregistrările fluxurilor atmosferice obținute prin metoda covarianței turbionare sunt subestimate în cazul în care viteza medie a vântului pe orizontală este mică și turbulențele foarte slabe și intermitente. În cazul în care turbulențele sunt intermitente, măsurarea fluxurilor turbulente pe verticală duc la apariția unor semnificative erori aleatorii.

2.1.2. Erori sistematice și deviațiile lor

Slaba calitate a datelor înregistrate de multe ori are loc atunci când apar mișcări turbulente cu frecvență joasă sau condiții nestaționare. Acest lucru se datorează faptului că există incertitudini semnificative despre măsura în care covarianțele de frecvență joasă contribuie la schimbul real dintre suprafață și atmosferă (von Randow et al., 2002). În afară de acestea, o gamă largă de erori apar, printr-o slaba întreținere a instrumentelor și întârzieri incerte în tuburile de prelevare de probe ceea ce determină magnitudinea pentru câteva corecții frecvente la mai multe date (Kruijt, et al., 2004).

Alteddy, software-ul utilizat în acest studiu generează o clasificare a înregistrărilor pe clase de calitate de la 1 la 9 bazat pe controlul calității propus de Foken et al. (2004), care ia în considerare staționaritatea.

2.2. Metode statistice de studiu

2.2.1. Metoda imputării multiple (MI) (Multiple Imputation)

Metoda MI folosește corespondența multivariată pentru a înlocui datele lipsă pentru NEE cu mai multe valori simulate (Hui, et al., 2004). Algoritmul Monte Carlo este folosit pentru a genera seturi de date. Aceste seturi de valori sunt analizate folosind măsurătorile statistice și sunt reunite de o medie pentru a furniza datele lipsă ale NEE.

2.2.2. Regresii neliniare (NLRs.) (Non-linear regressions)

Regresiile neliniare se bazează pe ecuații neliniare parametrizate care exprima relațiile (semi-) empirice dintre fluxul NEE și variabilele de mediu, cum ar fi temperatura și luminozitatea (Falge, et al., 2001, Noormets, et al., 2007).

2.2.3. Regresia multiplă (Multiple regression)

În regresia multiplă, o variabilă dependentă este modelată ca o funcție de una sau mai multe variabile independente căreia îi corespund coeficienți de regresie multiplă. Corelația oferă informații despre importanța fiecărui termen al ecuației de regresie (Simono, 2003).

2.2.4. Filtru Kalman dual unscented (UKF) (Dual Unscented Kalman filter)

Metoda UKF a fost dezvoltată pentru seriile de timp în cazul în care datele sunt autocorelate (Gove și Hollinger, 2006). În etapa de predicție filtrul folosește ecuații de regresie pentru a estima valorile NEE.

2.2.5. Rețele neuronale artificiale (ANN)(Artificial neural networks)

ANN sunt modele non-liniare de regresie pur empirice. Rețeaua, utilizează seturi de date de intrare (variabilele meteorologice) și le asociază cu datele de ieșire (NEE). Formarea unei rețele neuronale este realizată prin propagarea datelor de intrare, prin noduri, către conexiunile ponderate și apoi înmulțește erorile și ajustează valorile în funcție de ponderile conexiunilor (corelații), astfel aproximează valorile optime. După test, valorile dependente și variabilele de intrare meteorologice sunt grupate pe ponderi (corelații) și sunt apoi sunt prezise valorile lipsă. (Papale și Valentini, 2003, Ooba, et al., 2006).

2.2.6. Parametrii statistici utilizați pentru determinarea acurateții estimării fluxurilor atmosferice

Erorile apărute în măsurarea fluxurilor sunt distribuite în mod aleatoriu pe parcursul anului, uneori pe perioade lungi (zile sau săptămâni). Cinci indicatori de performanță au fost calculați pentru a descrie acuratețea de estimare a celor două metode: **eroarea sistematică medie pătrată** (MBS), **eroarea maximă absolută** (MaxAE) și **eroarea medie absolută** (MAE), care calculează amploarea și distribuția de erori individuale, și **eroarea rădăcinii medii pătrate** (RMSE), R^2 , care măsoară corelația.

2.2.6.1. Eroarea sistematică medie pătrată (Mean square bias) este utilizată pentru a evalua performanța unui estimator și este dată de

$$MSB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i(x_i, t) - o_i(x_i, t))^2 \quad (2.10.)$$

Unde

o_i reprezintă măsurătorile individuale ale fluxurilor,
 p_i valorile estimate,
 N este egal cu numărul de cazuri analizate

2.2.6.2. Eroarea maximă absolută (MaxAE) reprezintă cea mai mare eroare de prognozare, exprimată în aceleași unități ca seria dependentă. MaxAE, este utilă pentru a analiza cel mai pesimist scenariu pentru prognoze de date.

$$MaxAE = \max(|p_i - o_i|) \quad (2.11.)$$

2.2.6.3. Eroarea medie absolută (MAE) măsoară cât de mult variază modelul estimat, comparativ cu datele măsurate.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |p_i - o_i| \quad (2.12.)$$

2.2.6.4. Eroarea rădăcinii medii pătrate (RMSE) este o măsură a diferenței dintre setul de date al fluxului măsurat și cel estimat și a fost calculată pentru a furniza eroarea medie a modelului.

$$RMSE = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [p_i - o_i]^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.13.)$$

2.2.6.5. Coeficient de corelație (R^2) a fost calculat pentru a estima proporția din variația totală în serie care se explică prin modelul. Unde o_i sunt valorile individuale măsurate ale fluxurilor, p_i valorile estimate, \bar{p} și \bar{o} mediile acestora.

$$R^2 = \frac{\left\{ \sum (p_i - \bar{p})(o_i - \bar{o}) \right\}^2}{\sum (p_i - \bar{p})^2 \sum (o_i - \bar{o})^2} \quad (2.14.)$$

2.3. Modele utilizate în studiul fluxurilor

2.3.1. Tabele Look-up (Look-up tables)

Într-un tabel look-up, datele referitoare la schimburile nete din ecosistem NEE sunt estimate în funcție de variabile, cum ar fi lumina și temperatura în prezența unor condiții similare meteorologice, astfel încât valorile lipsă ale NEE pot fi înlocuite cu valori care sunt înregistrate în condiții meteorologice similare. (Falge, et al., 2001).

2.3.2. Media variației diurne (MDV) (Mean diurnal variation)

MDV este o tehnică de interpolare în cazul în care valoarea NEE lipsește pentru 0,5 h. Se înlocuiesc valorile lipsă cu valoarea medie a zilelor adiacente la exact acel moment al zilei (Falge, et al., 2001).

Concluzii parțiale

Fluxurile de căldură sensibilă, căldură latentă și fluxul de CO₂, măsurate prin metoda covarianței turbionare, pot fi folosite pentru a estima echilibrul anual al ecosistemului, în funcție de condițiile mediului. Condițiile meteorologice nefavorabile și funcționarea improprie a instrumentelor de măsură duc inevitabil la goluri în setul de date. Valorile lipsă în datele înregistrate set nu sunt distribuite aleatoriu în cursul anului. Pentru estimarea fluxurilor pe termen lung este esențială dezvoltarea și aplicarea corespunzătoare a metodelor de încărcare a seturilor de date.

CAPITOLUL 3

ANALIZA CALITĂȚII SETURILOR DE DATE ÎNREGISTRATE LA STAȚIA LUTJEWAD, OLANDA

3.1. Instrumente de măsurare a fluxurilor amplasate la stația Lutjewad

3.1.1. Set-up experimental

Centrul de Cercetare a Izotopilor (CIO), Facultatea de Matematică și Științe ale Naturii, Universitatea Groningen are un turn de cercetare de 60 metri înălțime la Lutjewad unde sunt măsurate cu o precizie înaltă concentrațiile gazelor cu efect de seră și izotopii de H, C, N, și O. (Neubert et al., 2005). Măsurătorile sunt efectuate la o rată de 10 Hz. Stația meteo de la Lutjewad este localizată la (53°23' N, 06 ° 22' E), la nord, la o distanță de aproximativ doi kilometri de un mic sat Hornhuizen din Provincia Groningen. Stația este situată direct lângă un dig cu Marea Wadden la nord, și o zonă rurală cu un teren aproape perfect plat la sud. În acest studiu am selectat direcția vântului din suprafața agricolă între 95 ° și 215°. Echipamentul format din un anemometru sonic 3D și un analizator cu infraroșu pentru gaze, este montat la o înălțime de 50 metri pe turnul de cercetare Lutjewad.

3.1.2. Echipamente amplasate la stația meteo

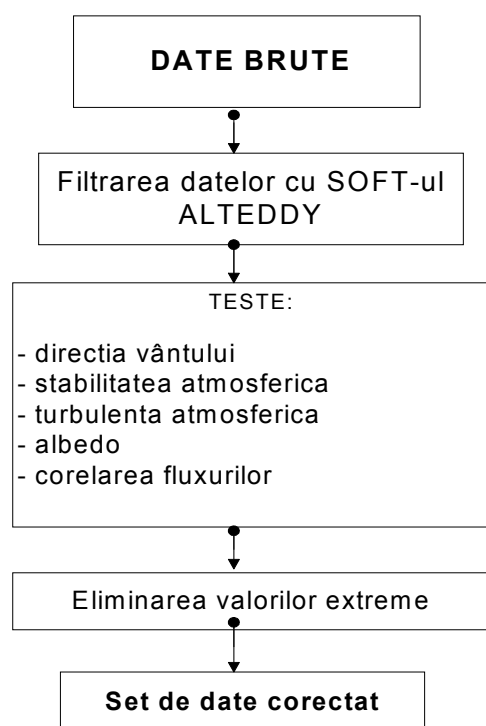
3.1.2.1. Determinarea concentrației de CO₂ se face cu instrumentul LI-7500 Open Path CO₂/H₂O Gas Analyzer, LI-COR, Lincoln, Nebraska, SUA

3.1.2.2. Determinarea H₂O -Instrument LI-7500 Open Path CO₂/H₂O Gas Analyzer, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA

3.1.2.3. Determinarea vitezei și direcției vântului Windmaster 3D Pro Sonic anemometru, Gill Instruments Limited, Lymington, Hampshire, Marea Britanie

3.1.2.4. Determinarea radiației solare se face cu **Instrumente Kipp & Zonen Pyranometers**

3.2. Procesarea datelor măsurate prin metoda covarianței turbionare



Înregistrările fluxurilor turbulente sunt efectuate continuu, 24 de ore pe zi timp de 12 luni pe an. Nu toate datele înregistrate de stația meteo pot fi utilizate în analiza amprenteii zonei, deoarece nu toate măsurătorile îndeplinesc condițiile de calitate impuse. Înainte de utilizarea datelor acestea au fost analizate cu softul Alteddy. (Elbers,2002). În urma verificării condițiilor de calitate fiecare valoare măsurată a fost clasificată pe o scară de la 1 la 9. Cu cifra 10 au fost clasificate înregistrările catalogate ca fiind valori extreme în urma verificării calității datelor în SPSS. În cercetare sunt utilizate doar datele care îndeplinesc toate condițiile de calitate, mai precis datele care primesc factorul de calitate 1.

Figura 3.6. Reprezentarea schematică a procedurii de corecție a datelor (Dragomir, et al, 2011b)

3.3. Analiza calității măsurătorilor fluxului de CO₂

În figura 3.7. sunt reprezentate valori extreme ale fluxului de CO₂ în funcție de distribuția lor, în urma analizei statistice în SPSS. Valorile extreme sunt dispersate aleatoriu de-a lungul celor 24 de ore. Scala măsurătorilor analizate variază între 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ și $-400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Softul SPSS permite analiza statistică detaliată a variabilelor analizate, în acest caz fluxul de CO₂. *Deviația standard* de 4,49 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ comparativ cu *valoarea medie* $-0,34 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Pentru fluxul de CO₂ *varianța* este 20,199. *Intervalul analizat*, 35,87 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ este diferența dintre valoarea maximă 10,61 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ și valoarea minimă $-25,26 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a unei variabile numerice.

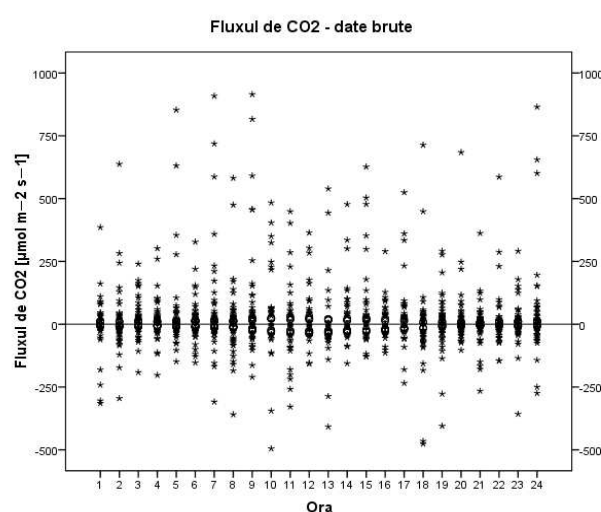


Figura 3.7.

Analiza măsurătorilor fluxului de CO₂
(Dragomir, et al, 2011d)

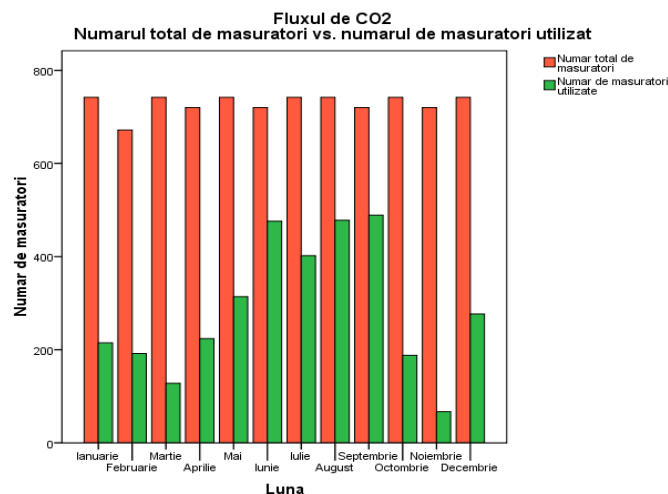


Figura 3.10.

Numărul total de măsurători vs numărul de date
utilizate pentru fluxul de CO₂

Tabelul 3.3. Analiza generală a datelor valide și a celor lipsă pentru fluxul de CO₂

Măsurători valide		Măsurători lipsă		Total	
Număr de măsurători	Procent	Număr de măsurători	Procent	Număr de măsurători	Procent
3654	41,96%	5130	58,04%	8784	100,0%

În urma analizei statistice a distribuției orare a măsurătorilor valide și a celor lipsă pentru fluxul de CO₂, s-a constatat că cele mai puține înregistrări validate, un număr de 126, sunt cele de la ora 21, într-un procent de 34,4%, iar cele mai multe înregistrări validate, 164, au fost cele de la ora 4, într-un procent de 44,7%.

Datorită condițiilor de stabilitate atmosferică și a direcției vântului au fost respinse din calculele ulterioare aproximativ 58% din date. Cele mai puține date cu factor de calitate 1 au fost înregistrate în luna Noiembrie, aproximativ 70 de valori, iar cele mai multe au fost înregistrate în luna Septembrie 489 de măsurători. În lunile iarnă media numărului de măsurători cu factor de calitate 1 este de aproximativ 200 înregistrări, comparativ cu 450 media înregistrărilor din lunile de vară.

3.4. Analiza calității măsurătorilor fluxului de căldură sensibilă

Valorile extreme sunt atipice și destul de rare într-un set de măsurători. O singură valoare extremă, *outlier*, este capabilă să schimbe considerabil panta liniei de regresie și, în consecință, valoarea de corelație.

În cazul analizei statistice în SPSS a fluxului de căldură sensibilă am obținut figura 3.11., în care sunt reprezentate aceste valori extreme în funcție de dispersia lor. Cele mai multe dintre valorile extreme apar datorită schimbului termic dintre suprafața terestră și atmosferă, de asemenea, acestea pot să apară datorită condițiilor de calm atmosferic, când curenții de aer nu sunt împinși spre senzori.

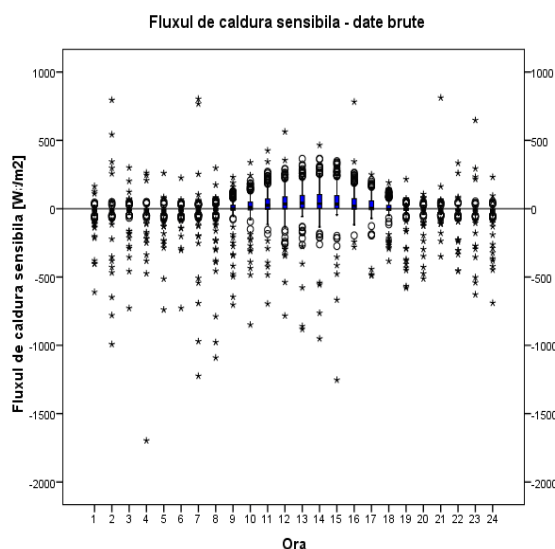


Figura 3.11.

Analiza datelor măsurate pentru fluxului de căldură sensibilă

(Dragomir, et al, 2011d)

Diferența dintre valorile extreme este semnificativă, având în vedere maxima pozitivă 865,8 W/m² și valoarea extremă negativă -1811,50 W/m². Ar mai trebui, de asemenea subliniat faptul că media măsurătorilor înregistrate la stația meteo este 14,09 W/m². Pentru fluxul de căldură sensibilă, din totalul de 8784 de măsurători, 4258 au fost clasificate conform softului Altddy cu factorul de calitate 1. Un număr de 539 măsurători au fost cuprinse pe o scala de la 2 la 9 inclusiv, iar 3713 măsurători au fost considerate valori extreme.

În tabelul 3.7. sunt prezentate în mod generalizat numărul de măsurători aferent fluxului de căldură sensibilă, înregistrate la stația meteo Luțjewad.

Tabelul 3.7. Analiza generală a datelor valide și a celor lipsă pentru fluxul de căldură sensibilă

Măsurători valide		Măsurători lipsă		Total	
Număr de măsurători	Procent	Număr de măsurători	Procent	Număr de măsurători	Procent
4528	51,75%	4256	48,25%	8784	100,0%

În urma analizei fluxului de căldură sensibilă în SPSS am obținut o *deviație standard* de 49,49 W/m² comparativ cu valoarea medie 9,18 W/m². Pentru fluxul de căldură sensibilă

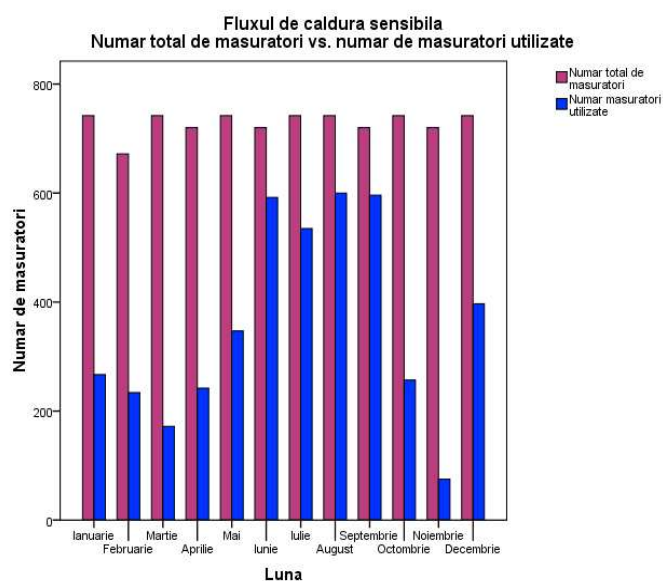


Figura 3.14.

Numărul total de măsurători vs numărul de date utilizate pentru fluxul de căldură sensibilă

varianța 2449,75 W/m². *Intervalul analizat*, 424,1 W/m² este diferența dintre valoarea maximă 365,8 W/m² și valoarea minimă -8,3 W/m² a unei variabile numerice.

În figura 3.14. am reprezentat în culoarea roz numărul total de măsurători pentru fluxul de căldură sensibilă efectuat la stația meteorologică Lutjewad și în culoarea albastru numărul de măsurători care au îndeplinit condițiile de calitate și care vor putea fi utilizate în calculele ulterioare pentru estimarea balanței de energie.

În analiza statistică a fluxului de căldură sensibilă au fost utilizate un număr de 4528 valori, reprezentând 51,75% din totalul valorilor înregistrate. Cele mai puține măsurători validate, au fost cele din luna Noiembrie, 75 de măsurători, iar cele mai multe măsurători, 600 au fost validate în luna August. Primăvara numărul măsurătorilor crește de la 172 în luna Martie la 347 în Mai. În general, cele mai multe măsurători cu factor de calitate 1 sunt cele din lunile de vară, aproximativ 550 de măsurători din totalul de 720 din luna Iunie, respectiv 742 în lunile Iulie – August. În lunile de toamnă numărul măsurătorilor validate scade de la 596 în luna Septembrie și la 75 de măsurători în luna Noiembrie.

3.5. Analiza calității măsurătorilor fluxului de căldură latentă

În figura 3.15. sunt reprezentate valorile extreme și dispersia acestora pentru fluxul de căldură latentă, în urma analizei statistice cu softul SPSS.

Diferențele dintre valoarea medie 57,21 W/m² și maxima pozitivă de 3935,5 W/m² este foarte mare, 3878,29 W/m², de aceea măsurătorile de această natură ar trebui excluse din calculul.

Aceeași situație este întâlnită și în cazul valorii extreme negative - 4258,4 W/m², iar diferența față de valoarea medie este de -4315,61 W/m². Diferența dintre valorile extreme este semnificativă, având în vedere că maxima pozitivă este 3935,5 W/m² și valoarea extremă negativă -13629,5 W/m². Chiar și între aceste măsurători sunt diferențe semnificative, de exemplu diferența dintre prima valoare extremă pozitivă și cea de-a cincea este 1796,6 W/m². În cazul valorilor negative diferența dintre prima valoare și cea de-a cincea este de -5620,9 W/m².

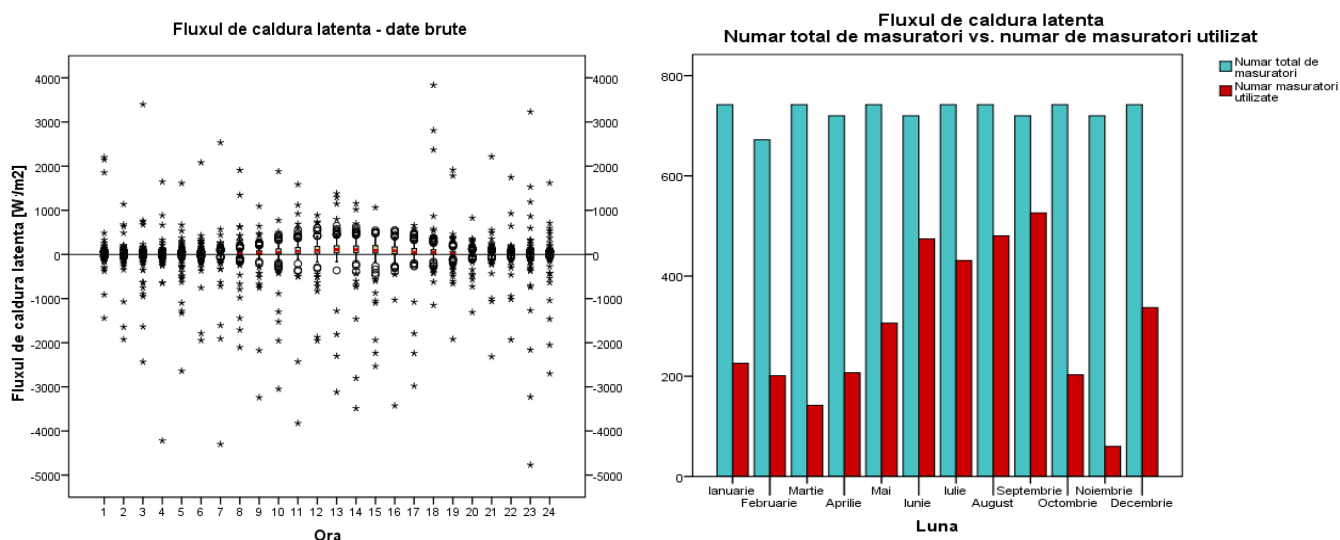


Figura 3.18.

Figura 3.15. Analiza valorilor măsurate pentru fluxul de căldură latentă (Dragomir, et al, 2011d)

Numărul total de măsurători vs numărul de date utilizate pentru fluxul de căldura latentă

În mod generalizat sunt prezentate în tabelul 3.11. numărul de măsurători aferent fluxului de căldură latentă pe parcursul întregului an. Înregistrările au fost efectuate continuu timp de 24 de ore, iar din totalul de 8784 de măsurători au fost validate doar un procent de 45,12%, mai precis 3945 măsurători.

Tabelul 3.11. Analiza generală a datelor valide și a celor lipsă pentru fluxul de căldură latentă

Măsurători valide		Măsurători lipsă		Total	
Număr de măsurători	Procent	Număr de măsurători	Procent	Număr de măsurători	Procent
3945	45,12%	4839	54,88%	8784	100,0%

Analizând fluxul de căldură latentă în SPSS am obținut o *deviație standard* de 80,79 W/m² comparativ cu valoarea medie 57,20 W/m². *Varianța*, este egală cu suma devierilor pătratică din medie, iar pentru fluxul de căldură latentă varianța 6528,09 W/m². Diferența dintre valoarea maximă 479,20 W/m² și valoarea minimă -27,50 W/m² a unei variabile numerice este *Intervalul analizat*, 506,70 W/m².

Pentru analiza statistică a fluxului de căldură latentă au fost utilizate un număr de 3945 valori, reprezentând 45,12% din totalul de 8784 valori înregistrate. Cele mai multe măsurători validate au fost în luna Septembrie 526, iar cele mai puține măsurători validate, au fost cele din luna Noiembrie, 60 de măsurători. Cel mai mare număr de măsurători utilizat în calculele ulterioare este cel din lunile de vară, aproximativ 460 de măsurători din totalul de 720 din luna Iunie, respectiv 742 în lunile Iulie – August și cele mai puține iarna 226 în Ianuarie și 201 în Februarie.

Concluzii parțiale

Obiectivele primare ale acestei cercetări sunt de a examina datele utilizate, pentru a corecta datele brute și de a demonstra că doar datele de înaltă calitate pot fi folosite pentru diferite cercetări. În estimarea sumelor zilnice și anuale ale schimburilor de căldură și CO₂ din ecosistem sunt utilizate doar datele care primesc factorul de calitate 1.

Media înregistrări validate pentru fluxul de căldură sensibilă a fost 9,18 W/m², iar media tuturor măsurătorilor efectuate a fost 3,66 W/m². Din totalul 4258 de măsurători cele mai puține măsurători validate, au fost cele din luna Noiembrie, 75 de măsurători și cel mai mare număr de măsurători validate a fost de 600, în luna August.

Din totalul de 8784 de măsurători efectuate continuu timp de 24 de ore fluxului de căldură latentă au fost validate doar 3945 măsurători, media acestora fiind 43,78 W/m², comparativ cu 34,16 W/m² media tuturor înregistrărilor. Cele mai multe măsurători validate au fost în luna Septembrie 526, iar cele mai puține au fost cele din luna Noiembrie, 60.

Un număr de 3654 măsurători ale fluxului de CO₂ pe parcursul întregului an au fost validate, iar media acestora este de -0,34 μmol m⁻² s⁻¹. Media tuturor înregistrărilor efectuate a fost de 3,55 μmol m⁻² s⁻¹. Cele mai puține date cu factor de calitate 1 au fost înregistrate în luna Noiembrie, aproximativ 70 de valori, iar cele mai multe, 489, au fost înregistrate în luna Septembrie. În analizele ulterioare vor fi utilizate strict doar aceste procente.

În acest capitol am demonstrat că atât fluxul de CO₂ cât și fluxurile de căldură latentă și căldură sensibilă, fără o analiză prealabilă a calității înregistrărilor ar duce la subestimarea balanței de energie.

CAPITOLUL 4

STUDIUL VARIAȚIEI TEMPORALE ȘI AL CORELAȚIEI FLUXURILOR ATMOSFERICE CU PARAMETRII METEOROLOGICI

Fluxurile de căldură sensibilă, căldură latentă sunt pozitive când provin direct de la suprafața solului spre atmosferă. Fluxul de CO₂ este pozitiv când provine din atmosferă către suprafața solului. Fluxurile atmosferice sunt influențate de turbulențele atmosferice.

4.1. Analiza variației fluxurilor atmosferice

4.1.1. Analiza variației fluxului de CO₂

4.1.1.2. Analiza variației lunare a fluxului de CO₂

În perioada Aprilie - Septembrie, fluxul de CO₂ este de la atmosferă către suprafața solului. Fluxul de CO₂ este de la suprafață către atmosferă în perioada Octombrie - Martie. De remarcat este diferența dintre anotimpul de vară și cel de iarnă. În lunile de tranziție, Martie - Aprilie și August - Septembrie se poate observa diferența dintre perioadele cu și fără fotosinteză. Analiza lunară a fluxului de CO₂ indică o creștere semnificativă de la sfârșitul primăverii până la sfârșitul verii.

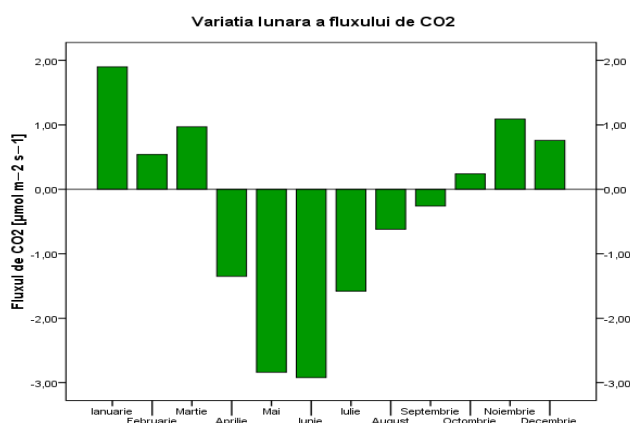


Figura 4.2. Variația lunară a fluxului de CO₂

Fotosinteza împreună cu radiația globală netă, temperatura aerului, creșterea temperaturii solului și turbulența atmosferică sunt factorii care influențează în mod semnificativ variația fluxului de CO₂.

În figura 4.2. sunt reprezentate variațiile lunare ale fluxului de CO₂.

Din analiza variația fluxului de CO₂ din lunile Ianuarie, Februarie și Martie se poate observa că în aceste luni are loc asimilarea de către plante a fluxului net de CO₂. În luna Ianuarie mediile orare sunt doar pozitive, cu valori cuprinse între 0,78 μmol m⁻² s⁻¹ și 3,51 μmol m⁻² s⁻¹, ceea ce indică faptul că CO₂ a fost asimilat de sol, procesul de fotosinteză fiind redus sau inexistent. În Februarie media orară scade de la 1,90 μmol m⁻² s⁻¹ din luna precedentă la 0,54 μmol m⁻² s⁻¹, cu valori negative în intervalul orar 13 – 15.

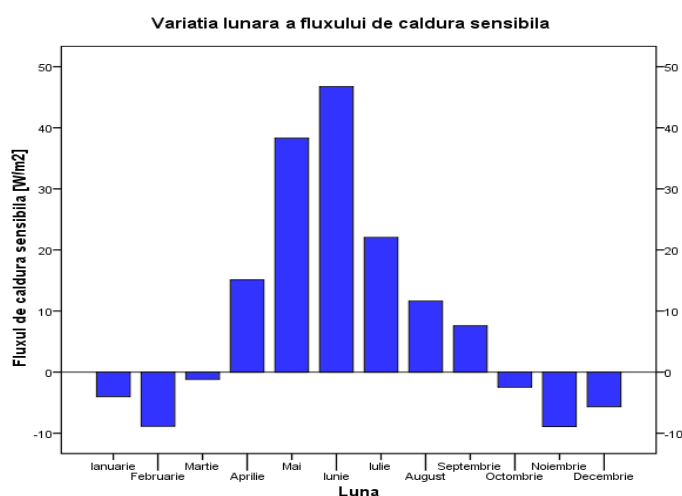
În Martie eliberarea fluxului de CO₂ net din sol are loc între orele 11 – 16, valorile fiind cuprinse între -0,16 μmol m⁻² s⁻¹ și -1,76 μmol m⁻² s⁻¹. Începând cu luna Aprilie, procesul de fotosinteză se intensifică în intervalul orar 9-18, valorile variind între -1,72 μmol m⁻² s⁻¹ și -9,35 μmol m⁻² s⁻¹, ultima fiind media orei 16. Media lunii Mai este -2,84 μmol m⁻² s⁻¹, cu valori negative variind între -1,21 μmol m⁻² s⁻¹ și -12,91 μmol m⁻² s⁻¹.

În lunile de vară Iunie, Iulie și August radiația globală, turbulența atmosferică și temperatura aerului au o influență majoră asupra desfășurării procesului de fotosinteză. Astfel, media lunii Iunie atinge o valoare maximă de -2,92 μmol m⁻² s⁻¹, după care urmează o scădere lentă la -1,58 μmol m⁻² s⁻¹ în Iulie și -0,62 μmol m⁻² s⁻¹ în August. Tot eliberarea fluxului de CO₂ net din sol are loc și în Septembrie, -0,26 μmol m⁻² s⁻¹, după care în lunile Octombrie, Noiembrie și Decembrie are loc asimilarea fluxului de CO₂ de către sol, mediile acestor luni fiind 0,24 μmol m⁻² s⁻¹, 1,09 μmol m⁻² s⁻¹ și 0,76 μmol m⁻² s⁻¹.

4.1.2. Analiza variației fluxului de căldură sensibilă

4.1.2.1. Variația lunară a fluxului de căldură sensibilă

Variația lunară a fluxului de căldură sensibilă depinde de cantitatea de energie netă disponibilă de la suprafață, radiația globală, turbulența atmosferică, temperatura aerului și umiditatea relativă.



În figura 4.5. sunt reprezentate variațiile lunare ale fluxului de căldură sensibilă. În luna Ianuarie fluxul de căldură este transferat din atmosferă către suprafața terestră în intervalele orare 1-8 cu medii orare cuprinse între $-11,25 \text{ W/m}^2$ până la $-1,30 \text{ W/m}^2$ iar între orele 16-24 cu medii orare cuprinse între $-2,68 \text{ W/m}^2$ până la $-4,04 \text{ W/m}^2$.

Figura 4.5. Variația lunară a fluxului de căldură sensibilă

În Februarie, media orară a fluxului de căldură sensibilă este $-8,86 \text{ W/m}^2$, cu valori cuprinse de la $-21,92 \text{ W/m}^2$ până la $15,45 \text{ W/m}^2$. În luna Decembrie media este de $-5,68 \text{ W/m}^2$, deci transferul de energie are loc doar de la sol către atmosferă.

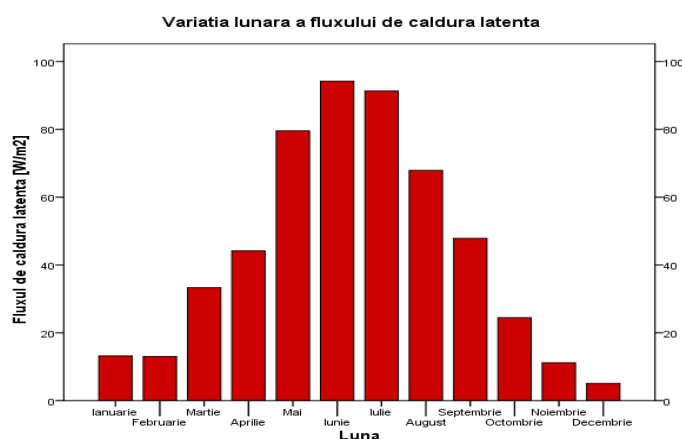
În perioada Martie – Mai, fluxul de căldură sensibilă continuă să crească pe măsură ce se usucă solul. În luna Martie, media fluxului de căldură sensibilă este negativă $-1,19 \text{ W/m}^2$, urmând un trend crescător de la $15,11 \text{ W/m}^2$ în luna Aprilie la $38,31 \text{ W/m}^2$ în Mai.

În lunile de vară Iunie, Iulie și August energia netă este transferată de la atmosferă către suprafața solului, datorită radiației solare absorbite. Mediile orare au valori cuprinse între $46,73 \text{ W/m}^2$ în Iunie media maximă, $22,06 \text{ W/m}^2$ în Iulie și $11,62 \text{ W/m}^2$ în August.

În lunile Septembrie, Octombrie și Noiembrie intervalul orar în care fluxul de energie este transferat de la sol către atmosferă scade de la 9-16 în Septembrie, 10-15 în Octombrie, 13-14 în Noiembrie, iar mediile orare variază de la $5,75 \text{ W/m}^2$ la $61,89 \text{ W/m}^2$ în Septembrie, de la $6,43 \text{ W/m}^2$ la $22,88 \text{ W/m}^2$ în Octombrie și de la $0,60 \text{ W/m}^2$ la $1,60 \text{ W/m}^2$ în Noiembrie.

4.1.3. Analiza variației fluxului de căldură latentă

4.1.3.2. Variația lunară a fluxului de căldură latentă



Pe parcursul lunilor Ianuarie, Februarie și Decembrie, atunci când radiația netă este redusă, fluxul de căldură latentă este extrem de mic, fiind influențat în general de solul umed. În luna Ianuarie fluxul de căldură variază de la $1,15 \text{ W/m}^2$ la ora 1, la un maxim de $22,58 \text{ W/m}^2$ la ora 14, după care descrește până la valoarea de $9,27 \text{ W/m}^2$ la ora 24.

4.8. Variația lunară a fluxului de căldură latentă

Media lunii Februarie $13,03 \text{ W/m}^2$ este apropiată de cea a lunii Ianuarie $13,19 \text{ W/m}^2$, valoarea maximă de $62,15 \text{ W/m}^2$ fiind calculată pentru ora 16.

Pentru a analiza variația lunară ale fluxului de căldură latentă am calculat mediile lunare ale măsurătorilor înregistrate în anul analizat. Acestea sunt prezentate în figura 4.8. Mediile lunare ale fluxului de căldură latentă cresc de la $31,33 \text{ W/m}^2$ în luna Martie, la $44,19 \text{ W/m}^2$ în Aprilie și la $79,59 \text{ W/m}^2$ în Mai datorită creșterii simultane a conținutului de umiditate al solului și a cantității de radiații nete.

Fluxul de căldură latentă este mai mare în lunile Iunie, Iulie și August deoarece evaporația este dependentă de: evapotranspirația este mai mare la o temperatură a aerului mare și la o umiditate mai mică. Cea mai mare valoare medie lunară a fluxului de căldură latentă este cea din luna Iunie, $94,22 \text{ W/m}^2$, urmând apoi să descrească la $91,37 \text{ W/m}^2$ în Iulie și $67,91 \text{ W/m}^2$ în August. Cantitatea de energie radiativă netă și umiditatea ridicată a solurilor conduc la aceste valori maxime. În luna Septembrie, valoarea medie lunară a fluxului de căldură latentă descrește de la $47,85 \text{ W/m}^2$ la $24,50 \text{ W/m}^2$ în Octombrie și $11,20 \text{ W/m}^2$ în Noiembrie.

4.2. Variația parametrilor meteorologici

4.2.2. Variația lunară a parametrilor meteorologici

4.2.2.1. Variația lunară a temperaturii aerului

Media anuală a temperaturii aerului pentru perioada de măsurare, înregistrată la stația Lutjewad, provincia Groningen a fost de $13,08^\circ \text{ Celsius}$.

4.2.2.2. Variația lunară a turbulenței atmosferice

Media anuală a turbulenței atmosferice pentru zona analizată a fost de $0,36 \text{ m/s}$, valorile lunare variind între $0,50 \text{ m/s}$ în luna Ianuarie până la valori de aproximativ $0,30 \text{ m/s}$ în intervalul Aprilie – Decembrie. Variația anuală a turbulenței atmosferice depinde de condițiile generale climatologice, dar și de starea suprafeței active. Media turbulenței atmosferice pentru sezonul de iarnă $0,43 \text{ m/s}$ este mai mare decât cea pentru lunile de vară $0,33 \text{ m/s}$ și mai mare în zilele cu cer senin decât în cele cu cer acoperit.

Variația lunară a parametrilor meteorologici - stația Lutjewad, 2008

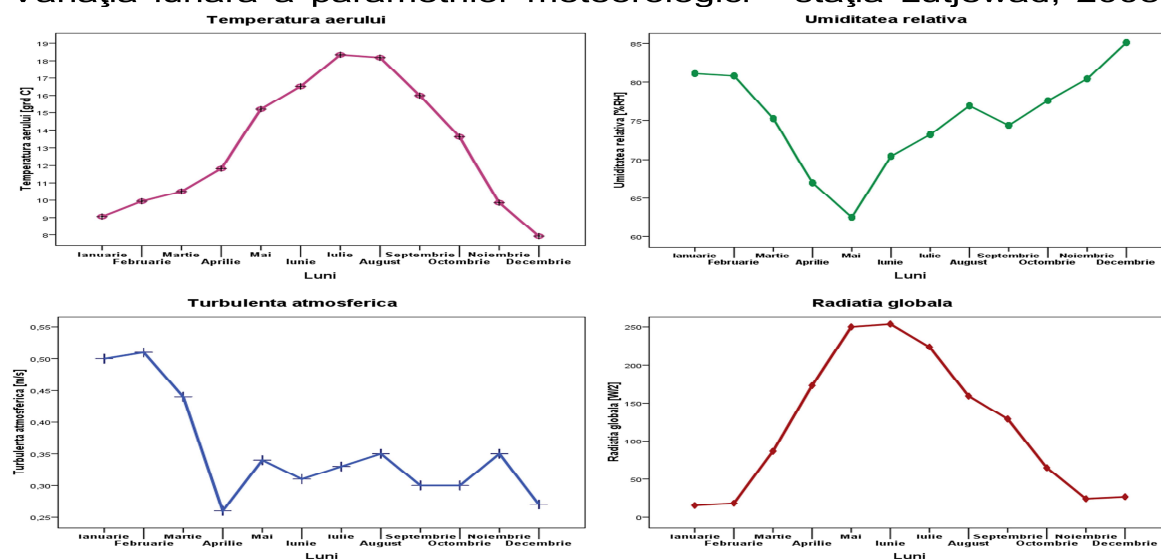


Figura 4.11. Variația lunară a parametrilor meteorologici (temperatura aerului – stânga sus, umiditatea relativă – dreapta sus, turbulența atmosferică stânga – jos, radiația globală – dreapta jos)

4.2.2.3. Variația lunară a radiației globale

Sumele zilnice ale radiației solare sunt minime în luna Ianuarie $15,39 \text{ W/m}^2$ și maxime în luna Iunie $253,73 \text{ W/m}^2$. Limitele, în care variază radiația solară globală, $15,39 \text{ W/m}^2$ până la $26,87 \text{ W/m}^2$ sunt mici în timpul iernii. Acest lucru se datorează înălțimii scăzute a soarelui mici și mai ales nebulozității considerabile din acest sezon. În timpul verii, cantitatea de radiație solară este mai mare de la $253,73 \text{ W/m}^2$ până la $159,36 \text{ W/m}^2$. Media radiației globale pentru sezonul de vară este de $212,31 \text{ W/m}^2$ de zece ori mai mare decât cea din anotimpul de iarnă $20,21 \text{ W/m}^2$.

4.2.2.4. Variația lunară a umidității relative

În lunile de iarnă media umidității relative a fost de $81,85 \%RH$ comparativ ce $73,72 \%RH$. Mediile lunare tind să nu difere prea mult, acestea încadrându-se între $62,52 \%RH$ în luna Mai și $85,11 \%RH$ în luna Decembrie. Creșterea umidității relative este influențată de creșterea ratei de evaporare a suprafeței terestre și de circulația curenților de aer dinspre Marea Wadden, care se află la aproximativ 30 de km.

4.3. Corelația fluxurilor atmosferice cu parametrii meteorologici

4.3.1. Corelația fluxului de CO_2 cu parametrii meteorologici

Fluxul de CO_2 a fost corelat cu softul SPSS cu patru parametrii meteorologici temperatura aerului, turbulența atmosferică, radiația globală și umiditatea relativă.

Tabelul 4.1. Corelația fluxului de CO_2 cu parametrii meteorologici

	Temperatura aerului	Turbulența atmosferică	Radiația globală	Umiditatea relativă
Fluxul de CO_2	0,268	0,837	0,865	0,467

4.3.2. Corelația fluxului de căldură sensibilă cu parametrii meteorologici

În tabelul 4.2. sunt prezentați coeficienții de corelație dintre fluxul de căldură sensibilă și temperatura aerului, umiditatea relativă, turbulența atmosferei, radiația globală.

Tabel 4.2. Corelația fluxului de căldură sensibilă cu parametrii meteorologici

	Temperatura aerului	Turbulența atmosferică	Radiația globală	Umiditatea relativă
Fluxul de căldură sensibilă	0,213	0,814	0,815	0,406

4.3.3. Corelația fluxului de căldură latentă cu parametrii meteorologici

Tabelul 4.3. Corelația fluxului de căldură latentă cu parametrii meteorologici

	Temperatura aerului	Turbulența atmosferică	Radiația globală	Umiditatea relativă
Fluxul de căldură latentă	0,284	0,83	0,86	0,484

Concluzii parțiale

În zona de nord a Olandei transferul fluxurilor atmosferice este influențat de către zona agricolă și Marea Wadden.

Transferul de căldură sensibilă este deosebit de mare atunci când există diferențe majore între temperatura de suprafață și temperatura aerului. În timpul nopții fluxul de căldură sensibilă este transferat din atmosferă către suprafața solului, media acestuia fiind $-9,24 \text{ W/m}^2$, comparativ cu $34,99 \text{ W/m}^2$ media valorilor din timpul zilei. Această diferență apare datorită cantității de energie solară transmisă către suprafața solului, care duce la încălzirea atmosferei implicit la un transfer mai mare de căldură sensibilă.

Transferul de căldură latentă din timpul zilei are o medie de $43,78 \text{ W/m}^2$ comparativ cu intervalul nocturn cand media este de doar $8,50 \text{ W/m}^2$. În timpul primăverii există un gradient de temperatură mai mare între suprafața solului și atmosferă, cu o medie de $52,36 \text{ W/m}^2$. În timpul verii precipitațiile ample, duc la o rată mare de transfer a căldurii latente, media fluxului de căldură latentă fiind $84,50 \text{ W/m}^2$, comparativ cu doar $10,42 \text{ W/m}^2$ media fluxului din lunile de iarnă. Este evident că o creștere a evapotranspirației nu are aceeași semnificație atunci când solul este saturat sau uscat.

Intensificarea tranferului fluxului de CO_2 are loc datorită creșterii radiației solare globale, a temperaturii aerului și umidității absolute în cadrul stratului atmosferic limită. În timpul zilei fluxul de CO_2 este eliberat din sol către atmosferă, media acestuia fiind de $-2,82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, iar pe timpul nopții este de acumulat la nivelul suprafeței terestre, media acestuia fiind de $1,43 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Absorbția radiației solare influențează variația diferențiată în funcție de sezon a procesului de fotosinteză, astfel media fluxului de CO_2 pentru sezonul de iarnă a fost de $1,07 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ și $-1,71 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ în sezonul de vară.

CAPITOLUL 5

ESTIMAREA FLUXURILOR ATMOSFERICE PRIN DOUĂ METODE STATISTICE: REGRESIE MULTIPLĂ (MR) ȘI REȚELE NEURONALE ARTIFICIALE (ANN)

5.1. Estimarea și analiza setului de date pentru fluxul de CO_2 măsurat și încărcat prin MR și ANN

Estimarea directă și cu o precizie înaltă a fluxului de CO_2 este dificilă, deoarece măsurătorile sunt afectate de erori legate de topologia zonei, de exactitatea funcționării instrumentației de măsură, de condițiile meteorologice, precum și de ipotezele asumate în calculele fluxului și în corecțiile ulterioare.

Pentru a identifica parametrii meteorologici care influențează cel mai mult procedeul încărcării setului de date, fluxul de CO_2 a fost corelat cu parametrii meteo. Parametrii meteo care influențează fluxul de CO_2 sunt radiația globală, turbulența atmosferică, umiditatea relativă și temperatura aerului. Coeficienții de corelație dintre mediile orare ale fluxului de CO_2 și importanța parametrilor meteorologici sunt prezentați în figura următoare. Coeficientul de corelație, R^2 dintre radiația globală și fluxul de CO_2 a fost cel mai bun, valoarea obținută fiind

de 0,86. Alte corelații cu valori semnificative au fost 0,83 cu turbulența atmosferică și 0,46 cu umiditatea relativă. Cel mai scăzut coeficient de corelație, a fost 0,26, obținut în urma corelării fluxului de CO_2 cu temperatura aerului.

Încărcarea setului de date direct în fluxul de CO_2 atmosferic din studiul nostru a fost realizat prin metodele ANN și MR, folosind software-ul statistic SPSS.

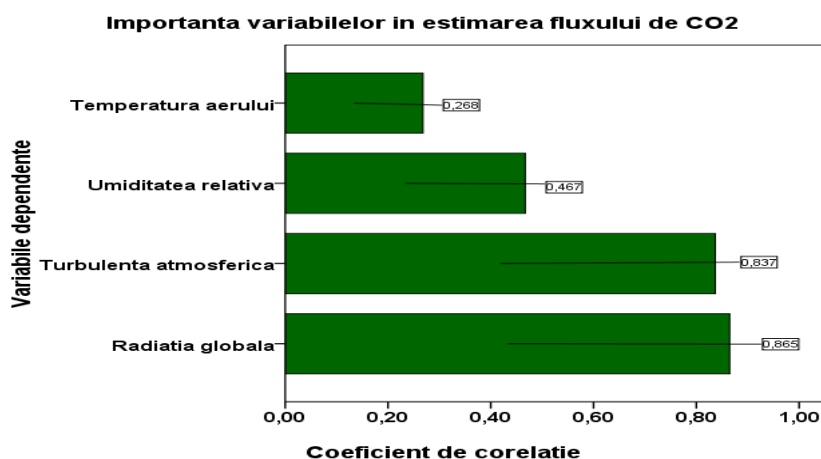


Figura 5.1. Importanța relativă a parametrilor meteorologici în încărcarea setului de date pentru fluxul de CO_2

Importanța relativă a parametrilor meteo, prezentată în figura 5.1. arată că rezultatele sunt dominate de radiația globală, urmată de viteza frecare, umiditatea relativă și temperatura aerului. Importanța unei variabile independente este o măsură pentru a indica cât de mult un model - schimbările prognozate a valorii în conformitate cu variabila dependentă.

5.1.1. Variația lunară a fluxului de CO₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN

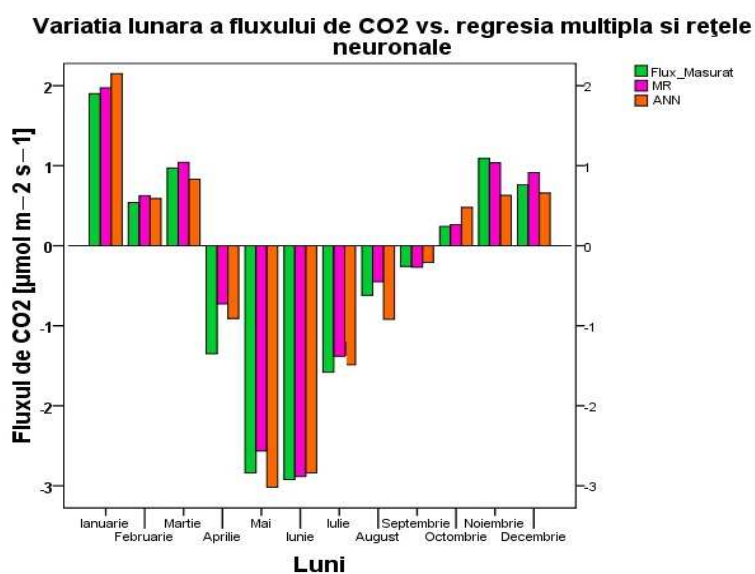
Variația fluxului de CO₂ este o componentă importantă a bugetului de carbon la nivel mondial. Datorită erorilor apărute în măsurarea fluxurilor, cantitatea de CO₂ poate fi subestimată, de aceea în micro meteorologie se elimină valorile extreme apoi se încarcă golurile din setul de date măsurat prin diferite metode statistice pentru a estima valoarea reală balanței de energie dintr-o anumită zonă.

Fluxul de CO₂ analizat în acest studiu a fost măsurat în Olanda la stația meteo Lutjewad. Dintr-un total de 8784 de măsurători au fost validate doar un procent de aproximativ 42% din date, restul neîndeplinind condițiile de calitate impuse.

Media fluxului de CO₂ măsurat a fost de $-0,34 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, iar a fluxului de CO₂ încărcat prin MR a fost de $-0,20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o diferență relativ mică, care duce la concluzia că este posibil ca fluxul încărcat prin regresie multiplă să subestimeze valoarea reală a acestuia.

În figura 5.2. sunt reprezentate în culoarea verde mediile lunare ale fluxului de CO₂ măsurat și cu roz mediile lunare ale fluxului de CO₂ încărcat prin MR și prin metoda ANN în culoarea portocaliu.

Valorile mari ale fluxului de CO₂ din luna Iulie pot fi explicate prin, preluarea CO₂ de către vegetație, prin procesul de fotosinteză, care este mai mare în sezonul cald și în cel de creștere, decât în perioada rece. Condițiile atmosferice, asimilarea și respirația plantelor se schimbă cu anotimpurile. În timpul sezonului de vară, mediile orare ale fluxului de CO₂ sunt mai mari, deoarece fotosinteză apare cel mai rapid în lunile de vară, deoarece există mai multă lumină în timpul verii, iar CO₂ este absorbit de vegetație. Respirația, de asemenea, crește cu temperatura, astfel, respirația este mare în timpul verii. În perioada de la sfârșitul verii, luna August, media fluxului de CO₂ măsurat scade la $-0,62 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Acest lucru este legat de scăderea capacității de fotosinteză la sfârșitul perioadei de vegetație: cartofii și grâul de toamnă



sunt în faza de maturare, sfeclă de zahăr crește încă și de faptul că variațiile fluxului de CO₂ sunt mari. Variația lunară fluxului de CO₂ este influențată de condițiile meteorologice, în special de radiația globală turbulența atmosferică, dar și de procesul de fotosinteză. În lunile de iarnă când radiația solară este scăzută se poate observa că diferențele dintre fluxul de CO₂ măsurat și fluxul de CO₂ încărcat prin MR sunt destul de mici.

Figura 5.2. Variația lunară a fluxului de CO₂ măsurat (culoarea verde) și a fluxului de CO₂ încărcat prin MR (culoarea roz) și prin metoda ANN (culoarea portocaliu)

În luna Ianuarie media fluxului de CO₂ măsurat este 1,91 μmol m⁻² s⁻¹, iar a celui încărcat prin MR 1,97 μmol m⁻² s⁻¹, o diferență de 0,06 μmol m⁻² s⁻¹, comparabilă cu cea din luna Noiembrie de exemplu 0,05 când media fluxului măsurat a fost 1,09 μmol m⁻² s⁻¹ și a celui încărcat 1,04 μmol m⁻² s⁻¹.

Diferențe mari între mediile lunare măsurate și mediile lunare încărcate prin MR apar în lunile Aprilie, 0,62 μmol m⁻² s⁻¹ și în Mai, 0,27 μmol m⁻² s⁻¹, luni în care cresc atât temperatura aerului și cât cantitatea de radiație solară, influențând astfel ritmul procesului de fotosinteză. În luna Aprilie media fluxului de CO₂ măsurat este -1,35 μmol m⁻² s⁻¹ și a celui încărcat prin MR -0,73 μmol m⁻² s⁻¹. Metoda de încărcare a setului de date prin MR are cea mai bună acuratețe în luna Septembrie când media fluxului de CO₂ măsurat a fost -0,26 μmol m⁻² s⁻¹ și celui încărcat prin MR a fost -0,27 μmol m⁻² s⁻¹.

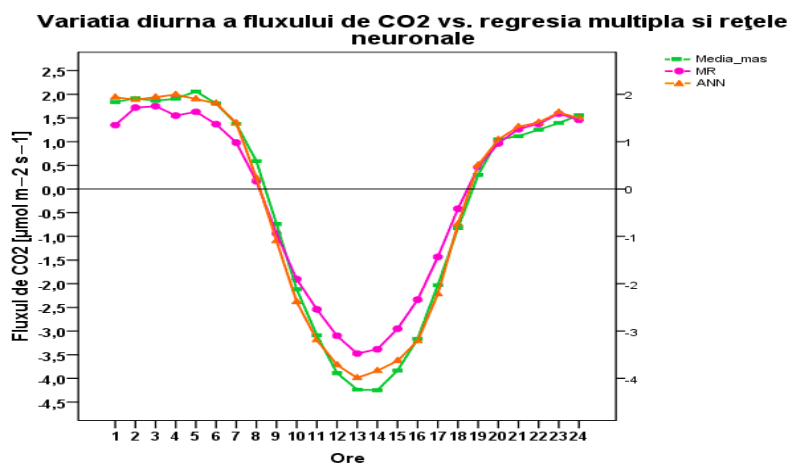
Analizând figura 5.2. putem afirma că valorile încărcate prin metoda ANN sunt apropiate de cele măsurate în fiecare lună. Diferențe notabile pot fi observate, de exemplu, în lunile Aprilie, Iulie, August, dar cea mai mare variație dintre datele măsurate și cele încărcate prin tehnica ANN există în luna Noiembrie.

Cele mai bune rezultate în încărcarea setului de date au fost obținute în luna Septembrie, când media valorilor încărcate prin metoda ANN a fost -2,21 μmol m⁻² s⁻¹ și a celor măsurate a fost -2,26 μmol m⁻² s⁻¹. În luna Noiembrie au fost înregistrate cele mai mari variații dintre media valorilor măsurate 1,09 μmol m⁻² s⁻¹ și a celor încărcate prin metoda ANN 0,63 μmol m⁻² s⁻¹, iar variația a fost de 0,46 μmol m⁻² s⁻¹.

5.1.2. Variația diurnă a fluxului de CO₂ măsurat și încărcat prin MR și ANN

Valorile pozitive ale fluxului de CO₂ sunt observate în luna Ianuarie. De obicei, în timpul iernii este mai puțină lumină solară, iar fotosinteza se desfășoară într-un ritm lent. Cele mai multe zone agricole sunt goale în timpul iernii, doar grâul de iarnă este deasupra solului. Respirația este mică în lunile de iarnă. Metoda rețelelor neuronale a fost, eficientă, diferența dintre valorile încărcate și cele măsurate au variat de la 0,05 μmol m⁻² s⁻¹ la 0,46 μmol m⁻² s⁻¹. Media anuală a valorilor măsurate este de -0,33 μmol m⁻² s⁻¹, iar a datelor încărcate statistic prin tehnica ANN este de -0,34 μmol m⁻² s⁻¹.

Din figura 5.3. se poate observa că ratele maxime ale procesului de fotosinteză apar de obicei înainte de amiază iar ratele minime apar, de obicei imediat după apusul soarelui, și înainte de



răsăritul soarelui din ziua următoare. În culoarea verde am reprezentat fluxul de CO₂ măsurat la stația meteo Lutjewad, iar în culoarea roz fluxul de CO₂ încărcat prin MR, iar valorile obținute prin încărcarea setului de date cu metoda ANN, în culoarea portocaliu.

Figura 5.3. Variația diurnă a fluxului de CO₂ măsurat (culoarea verde) și a fluxului de CO₂ încărcat prin MR (culoarea roz) și prin ANN (culoarea portocaliu)

Valorile negative din timpul nopții, primele ore ale dimineții și seara indică pierderea fluxului de CO₂ net din sol, iar valorile pozitive din cursul zilei indică asimilarea de către plante a fluxului net de CO₂.

Mediile orare ale măsurătorilor efectuate de-a lungul unui an și mediile orare ale fluxului de CO₂ obținut prin metoda ANN, au fost calculate pentru a analiza variația diurnă a fluxului de CO₂. Cu fluctuații relativ mici, între mediile orare, valoarea maximă a fluxului net de CO₂, - 4,25 μmol m⁻² s⁻¹, a fost înregistrată la ora 14. În timpul zilei, valorile negative ale fluxului de CO₂ indică o acumulare a CO₂ (proces de aflux) între orele 9 și 18 și o eliberare a fluxului de CO₂ pe timpul nopții (procesul de eflux) între orele 19 și 8 în zona analizată. În timpul zilei, CO₂ asimilat prin fotosinteză, -2,82 μmol m⁻² s⁻¹ a fost aparent mai mare decât volumul eliberat prin procesul de respirația a vegetației din timpul nopții, 1,11 μmol m⁻² s⁻¹. Media zilnică a valorilor măsurate este -0,34 μmol m⁻² s⁻¹ în timp ce media zilnică a valorilor obținute prin metoda ANN este -0,31 μmol m⁻² s⁻¹.

Respirația plantelor are un punct maxim după-amiaza, în jurul orei 14, când media fluxului de CO₂ măsurat este -4,25 μmol m⁻² s⁻¹ și a celui prin MR este -3,38 μmol m⁻² s⁻¹. Cele mai mari diferențe între mediile orare ale fluxului de CO₂ măsurat și mediile fluxului de CO₂ încărcat statistic apar în intervalul orar 11-18, acestea variind de la 0,41 μmol m⁻² s⁻¹ la 0,88 μmol m⁻² s⁻¹. Precizia scăzută a metodei MR poate fi explicată prin acumularea intensă a fluxului de CO₂ în acest interval orar.

În general acuratețea metodei de încărcare a setului de date, ANN a fost bună, excepție făcând valorile obținute pentru intervalele orare 8 -10 și 13-15, intervale în care diferențele dintre mediile orare ale valorilor măsurate și cele ale valorilor estimate au variat de la 0,21 μmol m⁻² s⁻¹ la 0,36 μmol m⁻² s⁻¹. La ora 20, media valorilor pentru fluxul de CO₂ măsurat a fost de 1,05 μmol m⁻² s⁻¹ și fluxul de CO₂ încărcat prin metoda ANN a fost 1,04 μmol m⁻² s⁻¹, iar diferența de 0,01 μmol m⁻² s⁻¹ indică o precizie foarte bună a metodei ANN.

Erori sistematice medii pătrate (MSB) pentru fluxul de CO₂ estimat prin metoda MR a fost 0,75 μmol m⁻² s⁻¹ comparativ cu 0,49 μmol m⁻² s⁻¹ media erorilor sistematice a fluxului de CO₂ estimat prin metoda ANN. În perioada Martie – August media erorilor sistematice a fluxului de CO₂ estimat prin metoda MR a fost 0,84 μmol m⁻² s⁻¹, iar a celui estimat prin metoda ANN a fost de 0,54 μmol m⁻² s⁻¹. Valori mai scăzute ale erorilor sistematice medii au fost obținute pentru intervalul Septembrie – Februarie, 0,66 μmol m⁻² s⁻¹ media erorilor pentru fluxul estimat prin MR și 0,44 μmol m⁻² s⁻¹ media erorilor sistematice a fluxului estimat prin ANN.

Coefficientul de determinație **R²** a fost calculat pentru a determina gradul de acuratețe al metodelor de estimare a fluxului de CO₂. Media anuală a acestui parametru statistic a fost de 0,78 pentru fluxul estimat utilizând metoda MR și 0,89 la utilizarea metodei ANN. Cele două metode statistice au o acuratețe bună în perioada Aprilie – Octombrie. În luna Noiembrie, pentru metoda MR, R² a fost de 0,33, iar R² pentru ANN a fost 0,85, valoarea ce subliniază acuratețea ridicată a metodei ANN comparativ cu MR.

Un alt parametru statistic calculat pentru a compara acuratețea celor două metode utilizate la estimarea fluxului de CO₂ este **eroarea rădăcinii medii pătrate (RMSE)**. Media RMSE pentru metoda MR a fost de 6,41 μmol m⁻² s⁻¹ și de 5,48 μmol m⁻² s⁻¹ pentru metoda ANN. În estimarea fluxului de CO₂ MR și ANN au avut o acuratețe scăzută în sezonul de vară comparativ cu lunile de iarnă, estimarea fiind influențată și de schimbul net al ecosistemului, de rata fotosintezei, dar și de variația parametrilor meteo. În luna Decembrie valoarea RMSE

obținută pentru metoda MR, $0,19 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a fost aproximativ egală cu cea calculată pentru metoda ANN $0,17 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

În figura 5.8 am reprezentat grafic variația diurnă a a indicatorilor statistici calculați

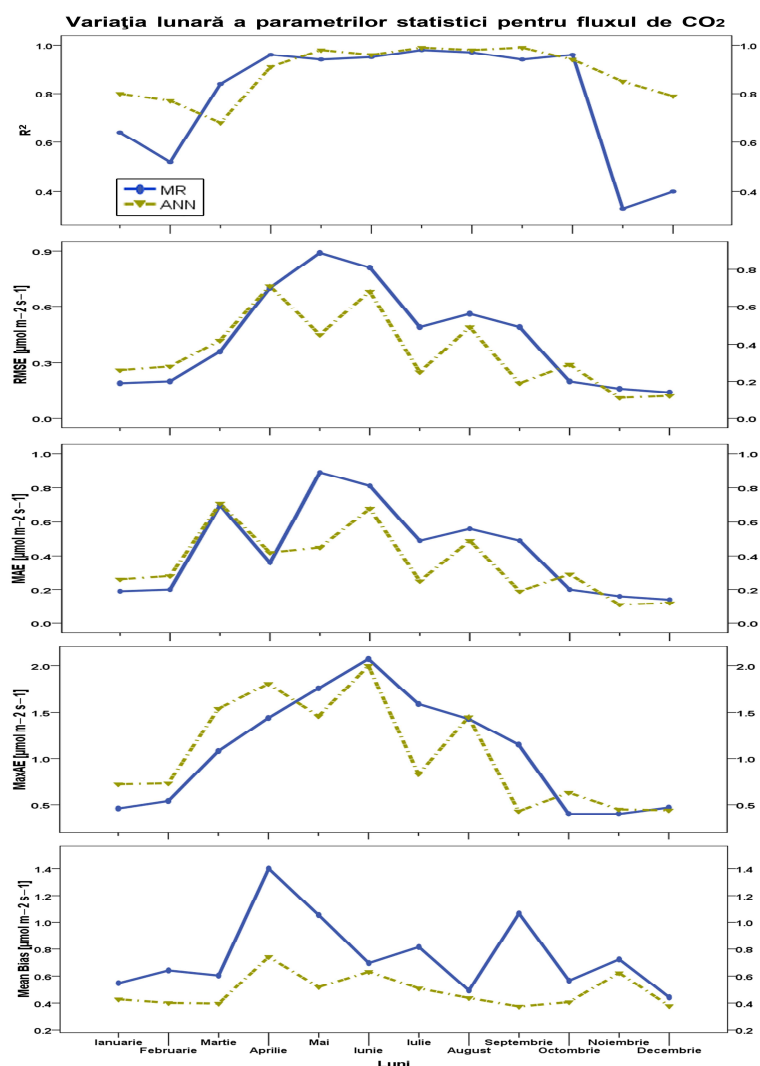


Figura 5.8. Variația lunară a parametrilor statistici pentru fluxul de CO_2 estimat prin MR (culoarea bleu) și ANN (culoarea ocru)

Diferența dintre cele două metode, deși scăzută, de doar $0,3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ indică clar performanța ridicată a metodei ANN în estimarea fluxului de CO_2 . Ambele metode au avut aproximativ aceeași acuratețe la estimarea fluxului de CO_2 în luna Iunie, când media MaxAE calculată pentru metoda MR a fost de $2,09 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ și de $2,00 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ valoarea obținută pentru metoda ANN. Pentru metoda MR, în luna Iulie am obținut o valoare a MaxAE de $1,59 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ și de $0,83 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pentru metoda ANN.

5.2. Estimarea și analiza setului de date pentru fluxul de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN

Pentru a estima transferul de energie dintre atmosferă și suprafața terestră, este utilizată metoda covarianței fluxurilor turbulente. Setul de date obținut prin această metodă nu poate fi utilizat în totalitate datorită erorilor și valorilor extreme înregistrate în condiții de calm atmosferic, situație întâlnită cel mai adesea pe timpul nopții, uneori și datorită nefuncționării la parametrii standard a instrumentelor de măsurare a fluxurilor. Aceste erori sunt determinate

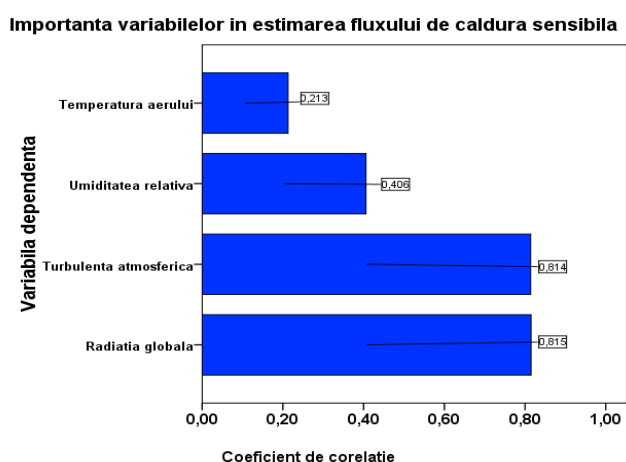
pentru fluxul de CO_2 estimat prin metoda MR, în culoarea bleu și a fluxului de CO_2 estimat prin metoda ANN în culoarea ocru. Eroarea medie absolută (MAE) calculată pentru metoda MR a avut o medie anuală de $5,18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ și de $4,24 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pentru metoda ANN. Acuaratețea superioară a metodei ANN în estimarea fluxului de CO_2 este evidentă în luna Mai, când am obținut o valoare de $0,45 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ comparativ cu $0,89 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ media calculată pentru metoda MR.

Media anuală a parametrului statistic MaxAE pentru metoda MR a fost de $12,81 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, comparativ cu $12,51 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ media anuală a parametrului MaxAE al metodei ANN.

statistic în general în funcție de deviația standard față de media valorilor înregistrate, apoi sunt eliminate din calculele ulterioare.

Pentru fluxul de căldură sensibilă două variabile radiația globală și turbulența atmosferică au avut aproape același coeficient de corelație cu flux de căldură sensibilă, dar coeficientul radiației globale a avut o corelație ușor mai mare, cu fluxul de căldură sensibilă decât celelalte variabile independente. Cele mai importante corelații au fost cele dintre radiația globală și fluxul de căldură sensibilă ($R^2 = 0,815$), turbulența atmosferică și fluxul de căldură sensibilă ($R^2 = 0,814$), 0,406 cu umiditatea relativă și cea mai mică, 0,213, cu temperatura aerului. Cele patru variabile au fost incluse într-un model de regresie în trepte, prima variabilă fiind radiația globală, chiar dacă diferența dintre $R^2 = 0.815$ și $R^2 = 0,814$ este extrem de mică.

La încărcarea fluxului de căldură sensibilă am utilizat doar datele care au obținut factor de calitate 1, adică aproximativ 51,75% din măsurători. Încărcarea setului de date prin MR s-a



făcut cu softul SPSS, utilizându-se o variabilă dependentă, și anume înregistrările valide ale fluxului de căldură sensibilă și patru variabile independente: radiația globală, turbulența atmosferică, umiditatea relativă și temperatura aerului, în funcție de coeficientul de corelație al acestora cu fluxul de căldură sensibilă. Importanța relativă a parametrilor meteorologici în încărcarea setului de date pentru fluxul de căldură sensibilă este prezentată în figura 5.9.

Figura 5.9. Importanța relativă a parametrilor meteorologici în încărcarea setului de date pentru fluxul de căldură sensibilă (Dragomir, et al, 2011e)

5.2.1. Variația lunară a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN

Media valorilor măsurate în anul analizat pentru fluxul de căldură sensibilă a fost de 9,18 W/m^2 , iar media valorilor estimate prin MR a fost de 8,83 W/m^2 și prin metoda ANN a fost 9,52 W/m^2 . În figura 5.10. sunt prezentate în culoarea albastru fluxul de căldură sensibilă măsurat, în culoarea roz mediile lunare ale fluxului de căldură sensibilă încărcat prin metoda MR, iar în culoarea portocaliu mediile lunare ale fluxului de căldură sensibilă încărcat prin metoda ANN.

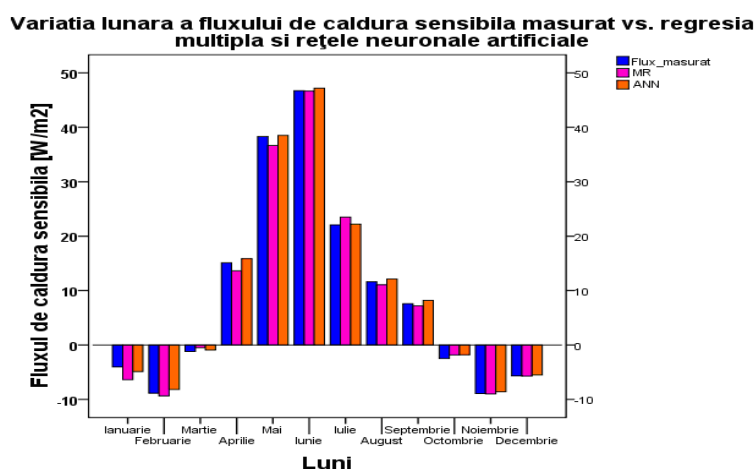


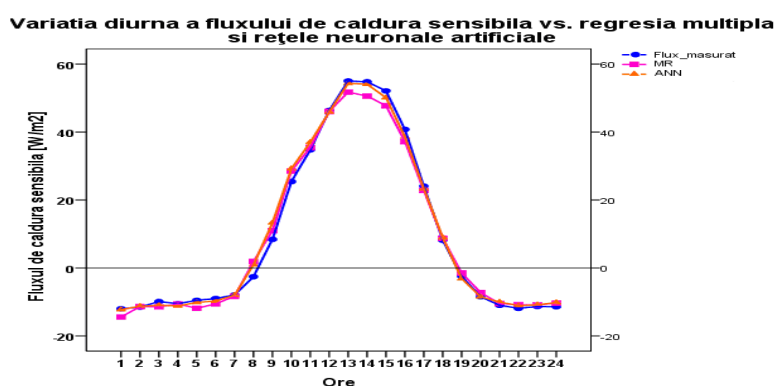
Figura 5.10. Variația lunară a fluxului de căldură sensibilă măsurat (culoarea albastru), a fluxului de căldură sensibilă încărcat prin MR (culoarea roz) prin ANN (culoarea portocaliu) (Dragomir, et al, 2011e)

Diferențele dintre valorile măsurate la stația meteo Lutjewad și cele încărcate prin metoda MR variază între $-1,45 \text{ W/m}^2$ și $2,34 \text{ W/m}^2$. Cele mai bune rezultate au fost obținute în luna Decembrie, media datelor înregistrate fiind $-5,68 \text{ W/m}^2$, iar a celor încărcate statistic fiind $-5,72 \text{ W/m}^2$.

Din analiza variației lunare a fluxului de căldură sensibilă măsurat și a celui încărcat prin ANN se poate observa că între acestea există diferențe foarte mici, care variază de la $0,15 \text{ W/m}^2$ până la $0,76 \text{ W/m}^2$, în luna Ianuarie media fluxului de căldură sensibilă măsurat a fost de $-4,04 \text{ W/m}^2$, iar a fluxului încărcat prin ANN a fost $-4,89 \text{ W/m}^2$. Metoda ANN a avut o acuratețe bună în luna Iulie, când media fluxului de căldură sensibilă măsurat a fost $22,06 \text{ W/m}^2$, iar a celui încărcat prin metoda ANN a fost $22,21 \text{ W/m}^2$. În luna Ianuarie fluxul de căldură este transferat din atmosferă către suprafața terestră, iar diferența de $0,85 \text{ W/m}^2$ apare datorită variațiilor radiației de lungime de undă lungă care este absorbită de către suprafața terestră.

5.2.2. Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin MR și ANN

În figura 5.11. am reprezentat variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat, în



culoarea albastru, în culoarea roz fluxul de căldură sensibilă estimat prin metoda MR și în culoarea portocaliu fluxul de căldură sensibilă estimat prin metoda ANN.

Figura 5.11. Variația diurnă a fluxului de căldură sensibilă măsurat (culoarea

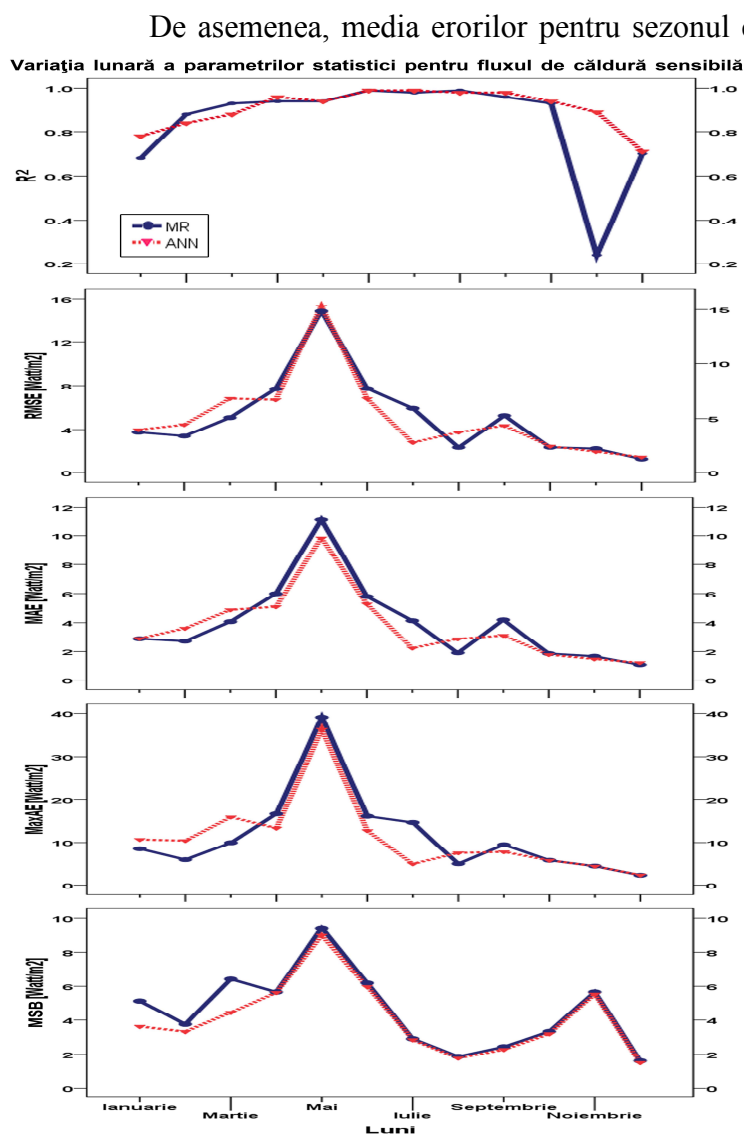
albastru) și a fluxului de căldură sensibilă încărcat prin MR (culoarea roz) și prin metoda ANN (culoarea portocaliu)

Din graficul 5.11. se poate afirma că metoda MR are o acuratețe mai mare pe timpul nopții, când schimburile de căldură dintre suprafața solului și atmosferă sunt mai puțin influențate de radiația solară. Pe timpul zilei, în intervalul orar 8 – 17 diferențele dintre fluxul de căldură sensibilă măsurat și cel încărcat prin MR sunt mai mari, acestea variind între 8 -10 de la $-4,46 \text{ W/m}^2$ la $-2,56 \text{ W/m}^2$, iar între orele 13-17 de la $1,26 \text{ W/m}^2$ la $4,36 \text{ W/m}^2$. Media orară maximă a fluxului de căldură sensibilă a fost înregistrată la ora 13, $55,02 \text{ W/m}^2$ media fluxului măsurat și $51,75 \text{ W/m}^2$ media fluxului încărcat prin MR.

Atât fluxul de căldură sensibilă măsurat, cât și cel încărcat prin ANN au aceeași evoluție pe parcursul celor 24 de ore. Câteva diferențe importante, de la $2,25 \text{ W/m}^2$ la $4,97 \text{ W/m}^2$, apar în intervalul orar 8-11, acestea coincid cu perioada în care fluxul de căldură sensibilă începe să fie transferat de la suprafața solului către atmosferă. De asemenea același fenomen apare și după amiaza, în intervalul orar 15-17, când fluxul începe să fie transferat din atmosferă către suprafața solului, diferențele fiind cuprinse între $1,78 \text{ W/m}^2$ și $2,19 \text{ W/m}^2$

5.2.4. Variația lunară a parametrilor statistici pentru fluxul de căldură sensibilă

Estimarea fluxului de căldură sensibilă prin metoda ANN a avut o acuratețe mai mare decât metoda MR. Media anuală a **erorilor sistematice pătrate (MSB)** obținute în estimarea fluxului de căldură sensibilă prin MR a fost $4,53 \text{ W/m}^2$, iar a celor prin ANN a fost $4,09 \text{ W/m}^2$. Media erorilor calculate pentru valorile estimate prin metoda MR pentru sezonul rece (Septembrie - Februarie) a fost $3,65 \text{ W/m}^2$ și $3,25 \text{ W/m}^2$ și prin metoda ANN.



În figura 5.16. am reprezentat în culoarea albastru distribuția lunară a indicatorilor statistici pentru fluxul de căldură sensibilă estimat prin metoda MR și în culoarea roz estimat prin metoda ANN.

R^2 calculat pentru fluxul de căldură sensibilă estimat prin MR a avut o medie de 0,85 comparativ cu 0,91 media pentru fluxul estimat prin ANN. Conform R^2 ambele metode au avut o acuratețe bună în perioada Aprilie – Octombrie, cu valori cuprinse între 0,93 și 0,99 pentru MR și de la 0,94 la 0,99 pentru ANN, ultima metodă fiind superioară.

Eroarea rădăcinii medii pătrate (RMSE) indică o acuratețe superioară pentru ANN comparativ cu MR. Ambele metode indică o performanță scăzută în estimarea fluxurilor în luna Mai când RMSE pentru MR a fost de $14,84 \text{ W/m}^2$ și de $15,30 \text{ W/m}^2$ pentru ANN.

Eroarea rădăcinii medii pătrate (RMSE) indică o acuratețe superioară pentru ANN comparativ cu MR. Ambele metode indică o performanță scăzută în estimarea fluxurilor în luna Mai când RMSE pentru MR a fost de $14,84 \text{ W/m}^2$ și de $15,30 \text{ W/m}^2$ pentru ANN.

Figura 5.16. Variația lunară a parametrilor statistici pentru fluxul de căldură sensibilă estimat MR (culoarea albastru) și ANN (culoarea roz) (Dragomir, et al, 2011e)

Mediile anuale ale **erorii medii absolute (MAE)** de $3,95 \text{ W/m}^2$ și $3,70 \text{ W/m}^2$ calculate pentru MR și ANN, confirmă ca metoda ANN are o performanță mai bună decât MR în estimarea fluxului de căldură sensibilă.

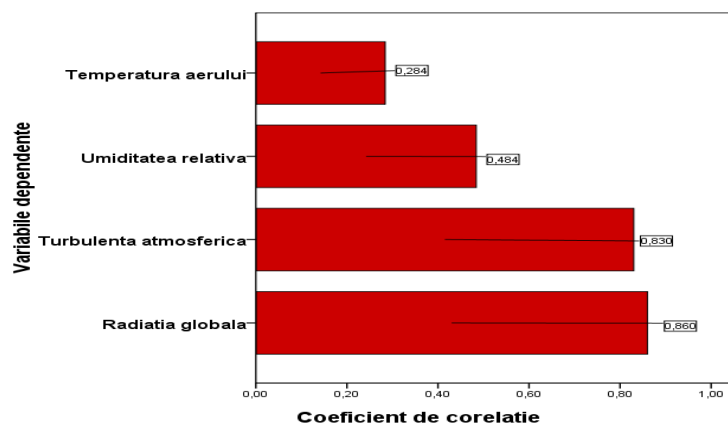
Eroarea maximă absolută (MaxAE) calculată pentru cele două metode de estimare a fluxului de căldură sensibilă a avut o medie anuală de $11,50 \text{ W/m}^2$ pentru MR și de $11,03 \text{ W/m}^2$ pentru ANN. Ambele metode au avut o acuratețe scăzută în perioada Aprilie – Iulie, când mediile **MaxAE** pentru MR a fost $12,69 \text{ W/m}^2$ și $10,12 \text{ W/m}^2$ pentru ANN. De notat diferența foarte mare din luna Iulie când valoarea **MaxAE** pentru MR a fost de $14,60 \text{ W/m}^2$ și de doar $4,98 \text{ W/m}^2$ pentru ANN.

5.3. Estimarea și analiza setului de date pentru fluxul de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN

Analiza cantitativă a fluxului de căldură latentă este importantă pentru a studia schimbul de energie al vaporilor de apă dintre ecosistemele terestre și atmosferă. Fluxul de căldură latentă sau fluxul de vapori apă este utilizat în modelarea climatică la nivel mondial, în

prognozarea generală a circulației curenților atmosferici atât la înălțimi mari cât și la suprafața solului.

Parametrii meteorologici care influențează fluxul de căldură latentă sunt: radiația globală, turbulența atmosferică, umiditatea relativă și temperatura aerului. Pentru a afla care este influența parametrilor meteorologici asupra fluxului de căldură latentă, la încărcarea setului de date, am calculat coeficienții de corelație dintre mediile orare ale fluxului de căldură latentă și



pentru fiecare dintre cei patru parametrii au fost calculate importanța lor relativă. Coeficientul de corelație, R^2 0,86 dintre radiația globală și fluxul de căldură latentă are valoarea cea mai mare. Coeficienții de corelație au valori de 0,83, cu turbulența atmosferică, cu umiditatea relativă 0,48 și 0,28, cel mai scăzut coeficient, cu temperatura aerului.

Figura 5.17. Importanța relativă a parametrilor meteorologici în încărcarea setului de date pentru fluxul de căldură latentă (Dragomir, et al, 2011e)

Astfel, fluxul de căldură latentă depinde în principal de cantitatea de radiații primite, în sensul că aceasta a fost primul parametru utilizat pentru a grupa datele radiației pozitive, pe timpul zilei și radiații negative pe timp de noapte.

5.3.1. Variația lunară a fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin MR și ANN

Media anuală a fluxului de căldură latentă măsurat la stația meteo Lutjewad a fost $43,78 \text{ W/m}^2$, a fluxului de căldură latentă încărcat prin tehnica MR a fost de $41,09 \text{ W/m}^2$ și valoarea de $43,86 \text{ W/m}^2$ reprezintă media fluxului de căldură latentă estimat prin metoda ANN. Diferența de $2,90 \text{ W/m}^2$ este foarte mică, putând afirma că metoda de încărcare a setului de date a avut o precizie bună, dar diferența de doar $0,08 \text{ W/m}^2$ indică faptul că metoda ANN are o acuratețe foarte bună.

În perioada Septembrie - Ianuarie diferențele dintre mediile lunare măsurate ale fluxului de căldură latentă și mediile lunare ale fluxului de căldură latentă încărcate prin MR sunt destul de mici, de la $-0,14 \text{ W/m}^2$ la $2,92 \text{ W/m}^2$, cele mai bune rezultate fiind cele obținute în luna Decembrie $5,05$ media valorilor măsurate la $5,19$ media valorilor încărcate prin MR. Acuratețea ridicată a metodei MR din luna Decembrie poate fi explicată astfel, deoarece

evaporarea apei este dependentă de temperatură, la o temperatură mai mică rezultă o evaporare mai lentă, implicit variații mai scăzute ale fluxului de căldură latentă.

Variația lunară a fluxului de căldură latentă măsurat vs. regresia multiplă și rețele neuronale artificiale

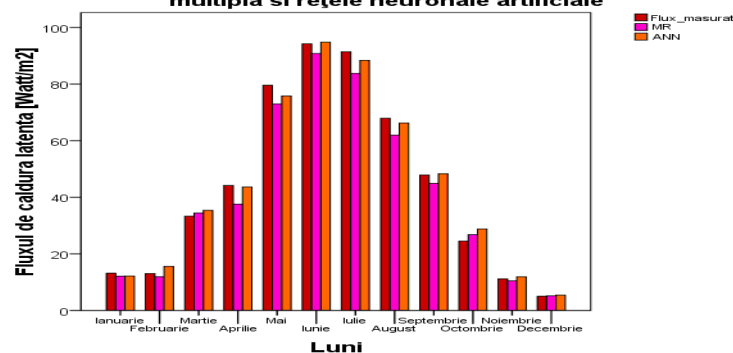


Figura 5.18. Variația lunară a fluxului de căldură latentă măsurat (culoarea roșu) și a fluxului de căldură latentă încărcat prin MR (culoarea roz) prin metoda ANN (culoarea portocaliu) (Dragomir, et al, 2011e).

În figura 5.18. am reprezentat în culoarea roșu variația lunară a fluxului de căldură latentă măsurat, cu roz variația fluxului de căldură latentă încărcat prin MR, iar în culoarea portocaliu fluxul de căldură latentă încărcat prin metoda ANN.

În luna Iulie, când există o temperatură mai mare rezultă apare și o evaporare mai rapidă, deci o variație mai mare a fluxului de căldură latentă. Media valorilor măsurate din această lună a fost de $91,37 \text{ W/m}^2$, iar a celor încărcate prin MR de $83,76 \text{ W/m}^2$.

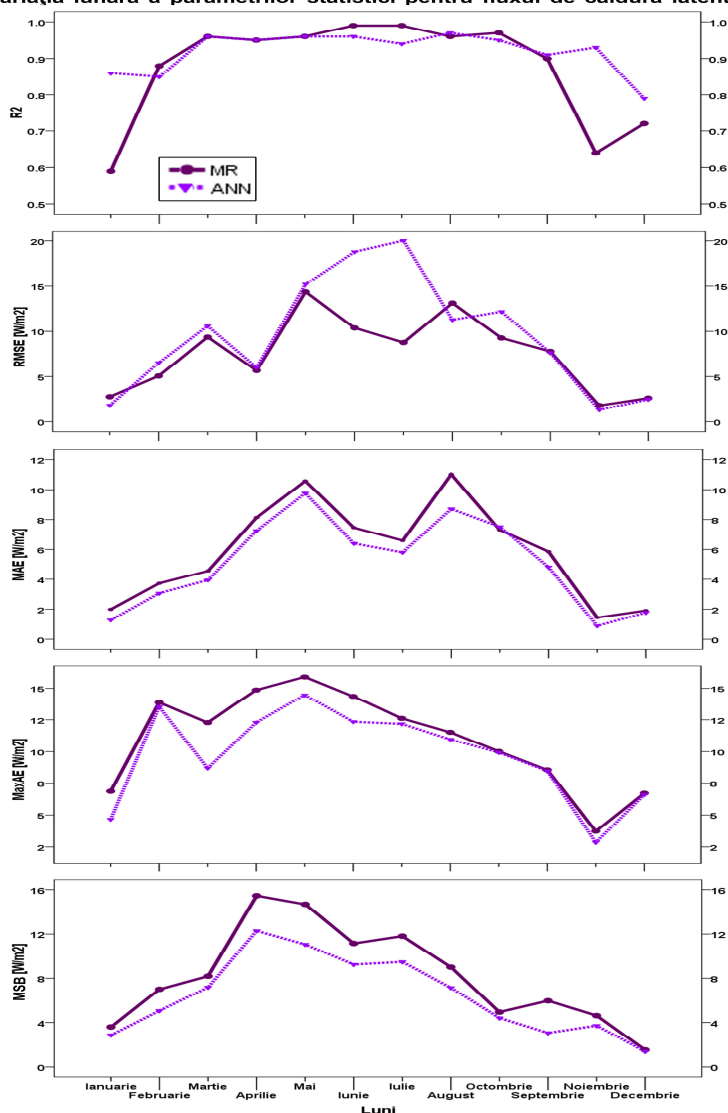
În general în lunile de primăvară, Martie – Mai, au apărut diferențe între fluxul de căldură latentă măsurat și cel obținut prin tehnica ANN. Aceste diferențe sunt cuprinse între $2,08 \text{ W/m}^2$ și $3,71 \text{ W/m}^2$. În luna Iunie, fluxul de căldură latentă măsurat atinge valoarea maximă $94,22 \text{ W/m}^2$, iar fluxul de căldură latentă obținut prin tehnica ANN are o valoare de $94,82 \text{ W/m}^2$.

Fluxul de căldură latentă este dependent de viteza vântului, evapotranspirația fiind mai mare la o viteză a vântului mare. Deși valoarea maximă este atinsă în luna Iunie, diferența dintre fluxul măsurat și cel obținut prin ANN este foarte mică, $0,6 \text{ W/m}^2$. Diferențe notabile între fluxul de căldură latentă măsurat și fluxul de căldură latentă încărcat prin metoda ANN au fost obținute în luna Mai $3,78 \text{ W/m}^2$ și în luna Iulie $3,01 \text{ W/m}^2$.

5.3.4. Variația lunară a parametrilor statistici pentru fluxul de căldură latentă

Condițiile meteorologice nefavorabile și funcționarea improprie a instrumentelor de

Variația lunară a parametrilor statistici pentru fluxul de căldură latentă



măsură, duc la goluri mari în setul de date și la o distribuție aleatorie a erorilor. Variațiile lunare ale parametrilor statistici pentru fluxul de căldură latentă estimat prin MR (indigo) și ANN (mov) sunt reprezentate grafic în figura 5.24 .

Media anuală a **erorilor sistematice medii pătrate (MSB)** ale fluxului de căldură latentă estimate prin metoda MR a fost $8,16 \text{ W/m}^2$, iar media anuală a MSB pentru metoda ANN a fost $6,41 \text{ W/m}^2$, în concluzie cea de-a doua metodă a avut o acuratețe superioară comparativ cu prima. Erorile sistematice medii, din sezonul cald au fost de două ori mai mari, pentru metoda MR media acestora a fost $10,90 \text{ W/m}^2$ și $8,49 \text{ W/m}^2$ pentru ANN.

Figura 5.24. Variația lunară a parametrilor statistici pentru fluxul de căldură latentă estimat prin MR (culoarea indigo)

și ANN (culoarea mov) (Dragomir, et al, 2011e)

Media anuală a R^2 calculat pentru metoda MR a fost 0,88 comparativ cu 0,92 calculat pentru ANN. MR a avut o acuratețe mai bună decât ANN în lunile Iunie și Iulie, 0,99 comparativ cu 0,96 și 0,94. R^2 a indicat diferențe majore între cele două metode în lunile Ianuarie și Noiembrie 0,59 și 0,64 pentru MR comparativ cu 0,86 și 0,93 pentru ANN.

Eroarea rădăcinii medii pătrate (RMSE) pentru metoda MR a fost de 9,48 W/m² și de 7,58 W/m² pentru metoda ANN. În perioada Aprilie – Septembrie ambele metode au avut o acuratețe scăzută în estimarea fluxului, cea mai scăzută performanță fiind cea din luna Mai, când RMSE pentru MR a fost de 14,36 W/m² și 15,22 W/m² pentru ANN.

Din calculul **erorii medii absolute (MAE)** se poate afirma că în perioada Mai – August atât MR cât și ANN au avut o acuratețe scăzută, media MAE pentru MR a fost de 8,91 W/m² și 7,66 W/m² pentru ANN, comparativ cu lunile de iarnă, când media MAE pentru metoda MR a fost de 2,54 W/m² și media MAE pentru metoda ANN a fost de 2,03 W/m². **Eroarea maximă absolută (MaxAE)** a indicat cea mai scăzută acuratețe a metodelor de estimare a fluxului de căldură sensibilă în luna Mai, când media MaxAE pentru MR a fost de 15,91 W/m² și 14,46 W/m² pentru ANN. Ca medii anuale ale MaxAE am obținut o valoare de 10,93 W/m² pentru metoda MR și 9,74 W/m² pentru metoda ANN.

Concluzii parțiale

Importanța variabilelor dependente indică gradul de influență asupra prognozei datelor lipsă, în conformitate cu variabila dependentă. Programul SPSS evaluează relevanța predictorilor în completarea lipsurilor din setul de date, fiind de fapt coeficienții de corelație dintre fluxul măsurat și parametrii meteorologici. Estimarea fluxului de CO₂ prin metoda ANN a dus la rezultate mult mai apropiate de cele măsurate comparativ cu metoda MR. Pe timpul nopții, când are loc o acumulare a CO₂ la nivelul solului, ambele metode au avut o acuratețe mult mai bună comparativ cu intervalul orar în care CO₂ este eliberat către atmosferă.

MR are o acuratețe mai mare cu cât setul de date măsurat este mai mare, concret, în sezonul de vară la estimarea fluxului de căldură sensibilă au fost utilizate un număr de 1727 dintr-un total de 2204, iar diferența dintre media fluxului măsurat și a celui estimat a fost de 0,29 W/m². Metoda statistică ANN dă rezultate mai bune atunci când există un transfer negativ de căldură sensibilă, adică atunci când fluxul este transferat din atmosferă către suprafață, în intervalul orar 20 -7 diferența dintre fluxul măsurat și cel estimat prin ANN a fost de 0,04 W/m², comparativ cu intervalul 8-19, când fluxul de căldură sensibilă este transferat de la suprafața terestră către atmosferă și am obținut o diferență de 0,69 W/m² între media fluxului măsurat și a celui încărcat prin metoda ANN.

Estimarea fluxului de căldură latentă prin MR a avut o precizie bună dovedită prin diferența de 2,70 W/m² dintre media fluxului măsurat și media fluxului estimat. În general acuratețea metodei ANN este una destul de bună, diferențele dintre mediile fluxului de căldură latentă măsurat și a fluxului de căldură latentă estimat prin ANN pentru intervalul orar 8-19 a fost de 0,67 W/m² și 0,41 W/m² pentru fluxul măsurat și cel estimat prin ANN în intervalul orar 20 – 7. Rata de transfer a fluxului de căldură crește la o temperatură și la o radiație globală mai mare, acesta fiind și motivul pentru care apar erori semnificative în sezonul de creștere al vegetației. Media anuală a RMSE pentru MR este de 9,49 W/m² și doar 7,58 W/m² pentru ANN. Și MAE indică aceeași acuratețe superioară a metodei ANN 5,10 W/m² față de 5,88 W/m² media pentru MR.

CAPITOLUL 6

ANALIZA INVENTARIERII ȘI MONITORIZĂRII POLUĂRII ATMOSFERICE ÎN JUDEȚUL BRĂILA

Creșterea gazelor cu efect de seră (CO_2 , CH_4 , CO și N_2O) în atmosferă determină o tendință de încălzire a climatului prin efectul de seră, în sensul că aceste gaze asociate cu vapori de apă absorb radiațiile infraroșii reflectate de suprafața Pământului și le retransmit parțial către acesta, contribuind la încălzirea climei. (Burroughs, 2001).

Inventarul local al emisiilor poluanților atmosferici se bazează pe informațiile furnizate de către operatorii inventariați (mașini de producție, echipamente și vehicule utilizate și a consumului total de combustibil / utilizat în anul anterior) și bazate pe date statistice (numărul de locuitori din județ, numărul și categoriile de vehicule înmatriculate)(A.P.M. Brăila, 2008).

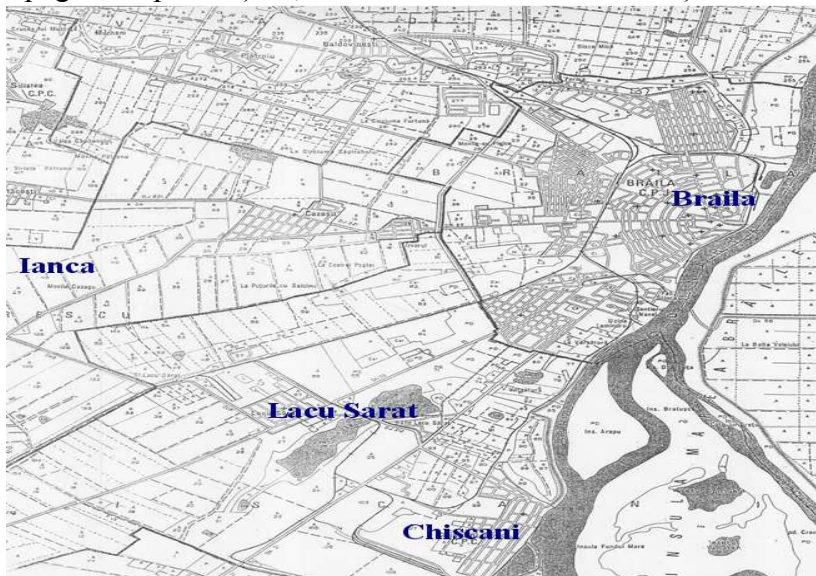
Necesitatea monitorizării a reieșit dintr-o situație reală și anume faptul că în datele privind poluarea aerului există diferențe foarte importante pe perioade de măsurare diferite fără o corespondență în modificări spectaculoase a situației surselor și intensității emisiilor. Ideea acestui capitol a venit din concluzia că diferențele de valori au coincis cu modificarea modalității practice de analiză statistică a rezultatelor, respectiv abordarea datelor prin prisma altui program informatic.

Setul de date colectat din perioada 1999-2002 nu poate fi în întregime corelat cu perioada 2003-2008, deoarece măsurătorile au fost făcute pe baza unor metodologii diferite: CORINAIR 1995 și AP 42 în prima perioadă și CORINVENT-CORINAIR software-ul și, în ultimii ani. Menținerea controlului concentrațiilor poluanților atmosferici și clasificarea acestora conform standardelor europene în vigoare se face prin monitorizarea permanentă, având ca scop protecția calității aerului în zona județului Brăila (Voiculescu et al, 2011).

Pe baza metodologiei CORINAIR și utilizând softul CORINVENT, sunt calculate emisiile poluanților utilizând ca date de intrare cantități de combustibil utilizat, valori de producție, număr de animale, număr de autovehicule, etc.

6.1. Rețeaua de prelevare a poluanților atmosferici în județul Brăila

Monitorizarea calității aerului are un rol esențial, atmosfera fiind cel mai important vector de propagare a poluanților, ale căror efecte sunt resimțite la nivel local, la nivel global în toate elementele mediului biotic și abiotic.



Rețeaua de monitorizare a calității aerului în județul Brăila acoperă 6 domenii de interes (Brăila, Chiscani, Lacul Sarat, Ianca, Faurei și Mucea) și a fost creată ținând cont de sursele de poluare și de dispersia acestora în funcție de parametrii meteorologici, fiind amplasate astfel:

Figura 6.1. Zonele pentru prelevarea poluanților atmosferici în județul Brăila

6.2. Stabilitatea și continuitatea seturilor de date a poluanților atmosferici

Pentru a cerceta două metode diferite de inventariere a poluanților atmosferici am elaborat o metodă statistică de analiză a seturilor de date măsurate de către Agenția pentru Protecția Mediului Brăila.

Această metodă de corectare a seturilor de date a rezultat din estimări inexacte a emisiilor poluanților atmosferici și din inventarierea acestora prin două metode diferite CORINAIR și CORINVENT. În momentul reprezentării variației s-a constatat că există salturi nejustificate ale unor poluanți, fapt care a determinat găsirea unei metode de corecție care să permită o analiză corectă a rezultatelor măsurătorilor.

Un studiu pe termen lung a poluării bazată pe seturile de date existente nu este posibilă deoarece au fost folosite pentru estimarea și inventarierea emisiilor două metode diferite. Figura 6.2. prezintă setul de date originale complete pentru o perioadă de 9 ani, în cazul în care cel puțin două din emisiile estimate, CH₄ și NH₃, au variații bruște, în 2003, cu valori extrem de mici, în primul interval de timp, comparativ cu cel de-al doilea interval de timp, 2003 - 2008. Acest lucru sugerează, de asemenea, că estimările, sunt influențate de metologia diferită dintre cele două metode utilizate, CORINAIR și CORINVENT.

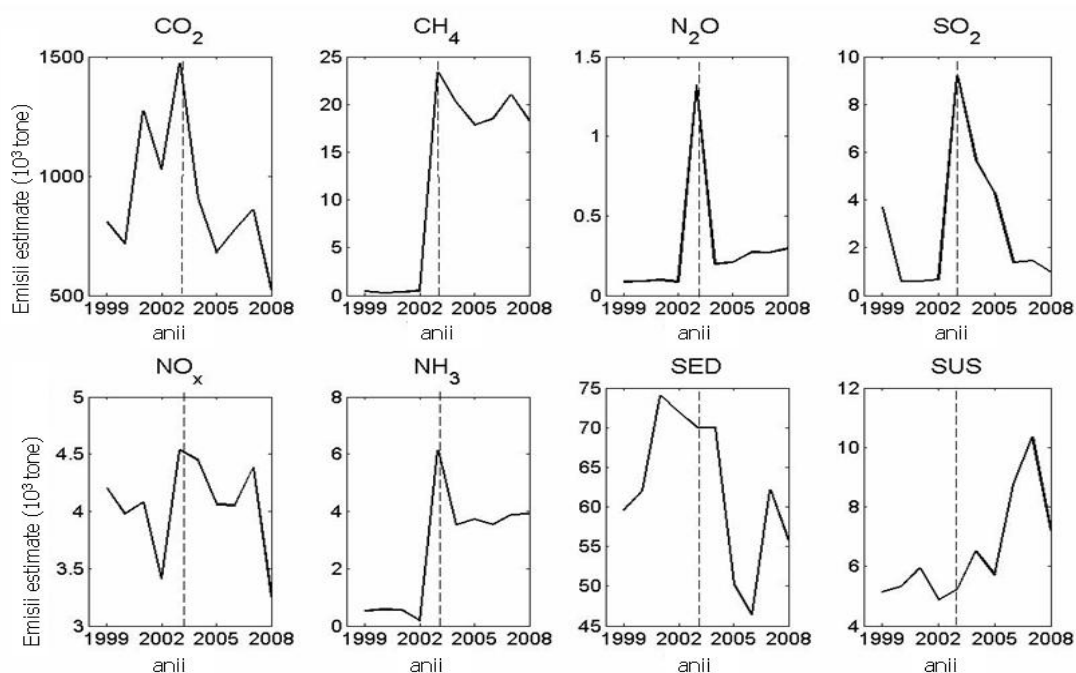


Figura 6.2. Seturi de date originale pentru județul Brăila pentru șase poluanți gazoși și particulele în suspensie și sedimentabile. Linia verticală punctată separă perioadele în care estimările au fost efectuate cu Corinair 1995, AP 42 (1999-2002) și CORINVENT (2003-2008). În ultimele două grafice sunt reprezentate pulberile în suspensie (SUS), precum și particulele sedimentabile (SED)(Voiculescu, et.al, 2011)

Pentru a analiza evoluția pe termen lung a inventarului emisiilor, a fost introdusă o metodă pentru a obține seturi de date stabile și continue, utilizând analize statistice bazate pe momente (variabile) statistice. Valorile au fost separate în două serii, fiecare corespunzând unei perioade. Pentru ambele serii au fost luate în calcul aceleași variabile. Am presupus că există o proporționalitate liniară între cele două serii. Următorul pas a fost stabilirea primelor două momente de distribuție, medii și dispersia repartizării. În acest sens am obținut o serie de valori continue, ca și cum aceeași metoda, CORINVENT, ar fi fost folosită pe întreg intervalul 1999-2008.

Rezultatele sunt prezentate în Figura 6.3. în care variația emisiei anuale estimate inițial folosind cele două metode este reprezentată de o linie continuă, pentru fiecare din cei opt poluanți atmosferici. Cu linia punctată este reprezentat "setul de date corectat", adică valorile pe care le-am obținut prin metoda descrisă anterior.

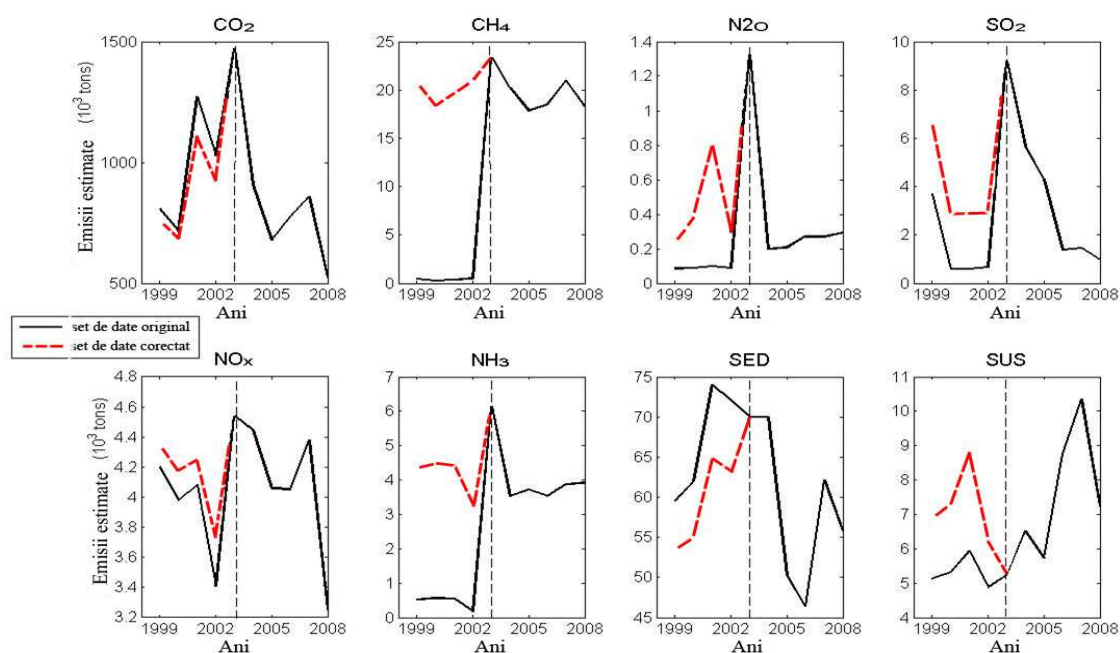


Figura 6.3. Seturi de date originale și corectate pentru județul Brăila pentru șase poluanți gazoși și particulele în suspensie și sedimentabile. Linia verticală punctată separă perioadele în care estimările au fost efectuate cu Corinair 1995, AP 42 (1999-2002) și CORINVENT (2003-2008). În ultimele două grafice sunt reprezentate pulberile în suspensie (SUS), precum și particulele sedimentabile (SED) (Voiculescu, et.al, 2011)

Diferența dintre setul de date inițial și cel obținut este evidentă pentru doi compuși

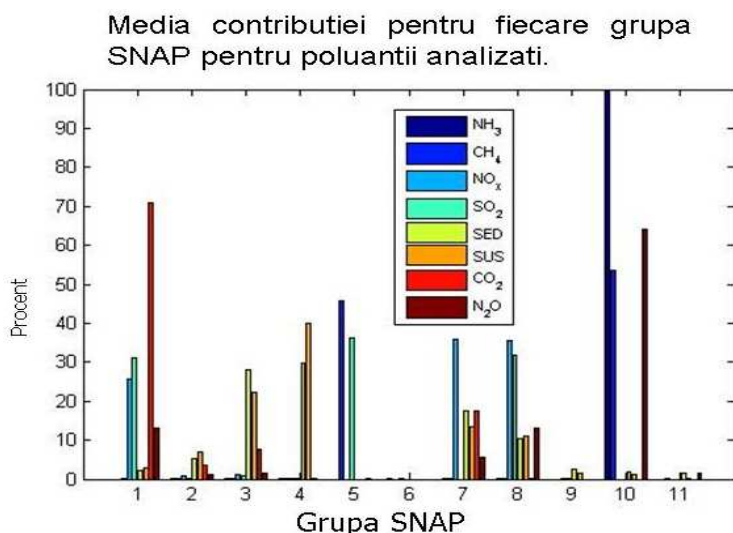


Figura 6.4. Compararea între contribuția fiecărei grupe SNAP (surse de poluare) pentru poluanții gazoși și particulele sedimentabile analizate. (Voiculescu, et.al, 2011)

Contribuția medie pe fiecare sursă de poluanți atmosferici analizați, în funcție de repartizarea SNAP, pot fi observate în figura 6.4. Astfel s-ar putea explica cauza diferenței

enorme dintre intervalul de valori estimate de CORINVENT și CORINAIR. O sursă comună pentru CH₄ și NH₃ este grupa SNAP 10 Agricultură, cu mai mult de 99% contribuție procentuală de NH₃ și cu o contribuție mai mult de 50% pentru CH₄. Mai mult decât atât, agricultura nu contribuie în mod semnificativ la alte emisii, care sunt mai puțin afectate de tranziția de la o procedură estimare la alta. CH₄ are ca sursa SNAP 5: Extracția și distribuția combustibililor fosili și a energiei geotermale. Energia geotermală poate fi exclusă de la sursele posibile, precum și activități de extracție, astfel, singura sursă ramasă, care ar putea să nu fie corect evaluată de către prima metodă ar putea fi, de asemenea, distribuția combustibililor fosili (Voiculescu et al, 2009).

Sursele majore de poluare sunt atât agenții economici și de traficul rutier. Tendința generală a concentrației de pulberi în suspensie este în scădere și cel mai rapid, reducerea concentrației se observă cu o scădere de la mai mult de 90 de mg/m³ la aproape jumătate, adică mai puțin de 50 mg/m³ (Dragomir et al, 2010).

Grupele SNAP corespunzătoare acestui poluant sunt: Grupa 3 - arderea în industria de prelucrare, Grupa 4 – procese de producție, Grupa 7 - transport rutier, Grupa 8 – alte surse mobile și prelucrări. Rezultatele acestui studiu arată că cel mai probabil, toate contribuțiile surselor la poluarea atmosferică nu sunt corect cuantificate. Acest lucru este susținut de diferențele mari între rezultatul obținut prin folosirea metodologiilor de inventariere diferite și de diferențele dintre emisiile estimate, precum și măsurători. O coincidență unu-la-unu între estimări și măsurători nu poate fi de așteptat, cu toate acestea, tendințele anuale și pe termen lung ar trebui să fie similare, ceea ce nu este valabil și pentru unii dintre poluanți (Voiculescu et al, 2011).

Concluzii parțiale

Rezultatele obținute arată că cel mai probabil contribuțiile unor surse de poluare atmosferică nu sunt cuantificate corect. Acest lucru este susținut de diferențele mari între rezultatul obținut folosind diferite metodologii de inventariere și de diferențele dintre emisii estimate și măsurători. O suprapunere exactă între estimări și măsurători nu poate fi obținută, cu toate acestea, tendințele anuale și pe termen lung ar trebui să fie similare, ceea ce nu este valabil și pentru o serie dintre poluanții analizați.

Deoarece factorul de emisie este bine definit, cauza cea mai probabilă pentru estimări eronate, în unele cazuri, este rata de activitate, care este un parametru subiectiv. Rata de activitate este calculat pe baza declarațiilor furnizate de către operatorii inventariați. Potențialul schimbărilor climatice bruște și existența unor praguri pentru efectele sale necesită revizuirii ale estimărilor noastre statistice și practice.

CONCLUZII FINALE

Subiectul principal al acestei lucrări este estimarea, corecția și analiza seturilor de date ale fluxurilor de căldură sensibilă, căldură latentă și CO₂ măsurate prin metoda covarianței turbionare într-o zonă agricolă, dar și a înregistrărilor și estimărilor unor poluanți atmosferici, date colectate prin două metodologii diferite. O consecință a acestui studiu este și faptul că variația parametrilor meteorologici temperatura, umiditatea relativă, turbulența atmosferică și radiația globală joacă un rol mai important în estimarea balanței de energie și cunoașterea coeficientului schimbului turbulent decât se admite la ora actuală. Concluziile finale se pot grupa după cum urmează:

I. Analiza calității setului de date măsurat prin metoda covarianței turbionare

- Topografia zonei influențează echilibrul energetic al fluxurilor de căldură sensibilă, căldură latentă și CO₂. Pentru intervale de o oră, advecția verticală are o contribuție semnificativă asupra transferului de căldură de la și către suprafața terestră și de asemenea asupra variațiilor fluxului de CO₂.
- Setul de date obținut prin metoda covarianței turbionare nu poate fi utilizat în totalitate datorită erorilor și valorilor extreme înregistrate în diferite condiții (calm atmosferic, condiții meteorologice extreme, nefuncționare la parametrii standard a instrumentelor de măsurare a fluxurilor).
- Concret, am obținut un factor de calitate 1 pentru un procent de 51,75% dintre măsurătorile fluxului de căldură sensibilă, un procent de 45,12% dintre măsurătorile fluxului de căldură latentă și doar 41,96% pentru măsurătorile fluxului de CO₂.

II. Studiul variației parametrilor meteorologici

- În timpul zilei **schimburile turbulente** din atmosferă se caracterizează prin valori mari cu o medie 0,38 m/s îndreptate dinspre suprafața terestră spre atmosferă și cu o medie de 0,28 m/s în timpul nopții, valori mici care sunt orientate de la atmosferă către suprafața solului.
- Media anuală a **temperaturii aerului** pentru anul analizat, înregistrată la stația Lutjewad, a fost de 13,08° C, cu valori care variază de la 11,94° C în primele ore ale dimineții și până la 14,41° C după – amiaza. Pentru perioada rece Octombrie – Martie media temperaturii aerului a fost 10,15° Celsius de comparativ cu 16,0° C pentru perioada caldă, lunile Aprilie – Septembrie.
- **Umiditatea relativă** nu variază în mod semnificativ în funcție de anotimp, media în anotimpul rece fiind de 80,04% și 70,73% pentru sezonul cald.
- Intensitatea **radiației globale** este minimă în Ianuarie, cu o medie lunară de 15,39 W/m² și un maxim de 253,73 W/m² în luna Iunie. În decursul zilei, valoarea maximă a radiației globale 360,58 W/m² se înregistrează la amiază, la ora 13, datorită unghiului înălțimii Soarelui și transparenței atmosferei și o valoare minimă -1,06 W/m² la ora 22.

III. Analiza variației fluxului de CO₂ măsurat și încărcat prin metodele MR și ANN

- Tehnica ANN de completare a datelor prezintă o acuratețe foarte bună pentru umplerea golurile din seturile de date care descriu fluxurile turbulente ale gazelor, cum ar fi CO₂ sau fluxurile de căldură sensibilă și căldură latentă.
- În analiza de MR, am inclus patru variabile cantitative (radiația globală, turbulența atmosferică, temperatura aerului și umiditatea relativă) și pe rând câte o variabilă categorică, fluxul de CO₂, sau fluxurile de căldură sensibilă și căldură latentă măsurate la stația meteo Lutjewad. Diferența dintre fluxul de CO₂ estimat prin metoda MR și cel măsurat a fost de 1,21 μmol m⁻² s⁻¹ pentru perioada de noapte, mai exact intervalul orar 20 – 7 și 1,36 μmol m⁻² s⁻¹ în intervalul orar 8 – 19. În sezonul de vară, când există o vegetație dezvoltată, are loc o difuzie mai mare a fluxului de CO₂, datorită creșterii proceselor de fotosinteză și transpirație. Condițiile meteorologice și schimbul cu patura de vegetație (procesul de fotosinteză și evapotranspirație) influențează variația lunară fluxului de CO₂. În lunile de iarnă, când radiația solară este scăzută, diferențele dintre fluxul de CO₂ măsurat și fluxul de CO₂ încărcat prin MR sunt destul de mici, doar 0,10 μmol m⁻² s⁻¹, numărul măsurătorilor utilizat fiind de 764 din 2156 înregistrări efectuate în această perioadă.

- Ambele metode folosite la umplerea datelor prezintă variații sezoniere. Tehnica ANN este totuși mai puțin sensibilă la variația în funcție de anotimp, spre deosebire de tehnica MR, care depinde de factori meteorologici în măsură destul de mare.
- Metoda ANN are o acuratețe foarte bună primavara și toamna, afirmație probată prin valoarea de $0,04 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ diferența dintre media măsurătorilor și estimate. Distorsiuni mai mari apar în timpul verii, atunci când fluxurile de CO_2 sunt negative și valorile lor absolute sunt mai mari.
- Metoda de încărcare a setului de date prin MR are cea mai bună acuratețe în sezonul de toamnă când procesul de fotosinteză să se desfășoare mai lent, cu reacții chimice lente și procesul de transfer de nutrienți mai lung, diferența dintre media fluxului de CO_2 măsurat și media fluxului încărcat prin MR a fost $-0,01 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
- Calculul a cinci indicatori statistici: RMSE, MSB, MaxAE, MAE și R^2 susțin performanța superioară a metodei ANN comparativ cu metoda MR prin media anuală a acestor parametri: RMSE a avut o medie de $6,41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ și ANN de $5,48 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, media anuală a MAE pentru MR a fost de $5,18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ și doar $4,24 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pentru ANN, MaxAE pentru metoda MR a fost de $12,81 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, comparativ cu $12,51 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, iar R^2 a fost 0,89 pentru ANN față de 0,78 pentru MR.

IV. Analiza variației fluxului de căldură sensibilă măsurat și încărcat prin metodele MR și ANN

- La estimarea fluxului de căldură sensibilă s-a utilizat un procent de 51,75% din măsurătorile fluxului de căldură sensibilă, adică cele care au obținut factor de calitate 1. O asociere puternică ($R^2 = 0,814$ și $R^2 = 0,815$) a fost obținută în urma calculării corelației fluxului de căldură sensibilă cu turbulența atmosferică și radiația globală.
- Fluxul anual de căldură sensibilă estimat prin MR este aproximativ egal cu cel măsurat, diferența dintre cele două valori fiind de doar $0,35 \text{ W/m}^2$. Metoda MR are o acuratețe mai mare pe timpul nopții, când schimburile de căldură dintre suprafața solului și atmosferă sunt mai puțin influențate de radiația solară.
- Variația anuală a fluxului de căldură sensibilă este determinată de radiația netă disponibilă și de gradientul de temperatură al aerului și al suprafeței, precum și de utilizarea energiei pentru transferul de căldură. În perioada Octombrie - Martie fluxul de căldură este transferat din atmosferă către suprafața terestră, media fluxului fiind de $-5,19 \text{ W/m}^2$. O medie de $23,57 \text{ W/m}^2$ a fost calculată pentru perioada Aprilie – Septembrie când energia netă este transferată de la atmosferă către suprafața solului, datorită radiației solare absorbite.
- Cea mai mare acuratețe pentru estimarea fluxului de căldură sensibilă s-a obținut folosind metoda ANN. De exemplu R^2 calculat pentru fluxul de căldură sensibilă estimat prin MR a avut o medie anuală de 0,85 comparativ cu 0,91 media pentru fluxul estimat prin ANN, media MSB pentru tehnica MR a fost $4,53 \text{ W/m}^2$, iar pentru ANN a fost $4,09 \text{ W/m}^2$. Diferențele dintre mediile anuale ale MR și ANN pentru indicatorii MAE și MaxAE $0,26 \text{ W/m}^2$ și $0,47 \text{ W/m}^2$ indică o mai bună precizie în estimarea fluxului atmosferic de către ANN.

V. Analiza variației fluxului de căldură latentă măsurat și încărcat prin metodele MR și ANN

- Căldura latentă de evaporare este căldura consumată în procesul evaporăției, aceasta fiind înmagazinată în vaporii de apă. Pentru estimarea fluxului de căldură latentă din această perioadă am utilizat un număr de 655 de măsuratori din 2204 efectuate în total.
- Acuratețea ridicată a MR din anotimpul de iarnă poate fi explicată prin faptul ca evaporarea apei este dependentă de temperatură iar la o temperatură mai mică rezultă o evaporare mai lentă, implicit variații mai scăzute ale fluxului de căldură latentă, diferența dintre media valorilor estimate și măsurate a fost de $0,66 \text{ W/m}^2$, perioadă în care au fost utilizate 764 de măsurători cu factor de calitate 1, din totalul de 2156 înregistrări. În perioada de vară, când există o temperatură mai mare rezultă apare și o evaporare mai rapidă, deci o variație mai mare a fluxului de căldură latentă, am calculat o diferență de $5,66 \text{ W/m}^2$ între media valorilor înregistrate la stația meteo și media datelor încărcate prin MR.
- În intervalul orar 20 – 7 diferențele dintre mediile orare măsurate și cele încărcate prin MR sunt destul de mici, $0,36 \text{ W/m}^2$, datorită ritmului scăzut de evaporare a apei în special noaptea și $4,67 \text{ W/m}^2$ pentru intervalul orar 8 -19 datorită intensității schimbului de energie dintre suprafața solului și atmosferă, transfer prin care suprafața solului pierde energie către aer. Solul cu un conținut mare de apă în faza de topire a zăpezii de la începutul primăverii poate fi o variabilă care influențează estimare a fluxului de căldură latentă din acest sezon.

VI. Corelarea metodologiilor de inventariere a poluanților atmosferici CORINVENT și CORINAIR

- Cei cinci indicatori statistici utilizați în calculul performanței metodelor de încărcare a seturilor de date subliniază faptul că ANN are o acuratețe superioară metodei MR. Media anuală a RMSE pentru metoda MR a fost de $9,48 \text{ W/m}^2$ și de $7,58 \text{ W/m}^2$ pentru metoda ANN. Media anuală a MSB pentru MR a fost $8,16 \text{ W/m}^2$, iar media anuală a MSB pentru metoda ANN a fost $6,41 \text{ W/m}^2$, în concluzie cea de-a doua metodă a avut o acuratețe superioară comparativ cu prima. Ca medii anuale ale MaxAE am obținut $10,93 \text{ W/m}^2$ pentru metoda MR și $9,74 \text{ W/m}^2$ pentru metoda ANN. Media anuală a coeficientului de corelație R^2 calculat pentru metoda MR a fost $0,88$ comparativ cu $0,92$ calculat pentru ANN.
- În ceea ce privește analiza și corectarea datelor privind emisiile de poluanți atmosferici din județul Brăila, se constată faptul că între intervalul de valori estimate de către CORINVENT și intervalul dat de către CORINAIR există diferențe foarte mari, care nu pot fi datorate doar variațiilor emisiilor de poluanți de la o perioada la alta. S-a încercat găsirea unei metode de corectare a datelor de emisii prin care diferențele nerealiste dintre cele două metode să fie reduse. Rezultatele obținute arată că cel mai probabil contribuțiile unor surse de poluare atmosferică nu sunt cuantificate corect. Acest lucru este susținut de diferențele mari între rezultatul obținut folosind diferite metodologii de inventariere și de diferențele dintre emisii estimate și măsurători.
- Comparăția între estimarea emisiilor și măsurătorile in situ arată că există deosebiri foarte mari în ceea ce privește trend-ul pe termen lung al acestora. Deși nu s-ar putea obține o coincidență perfectă tendințele anuale și pe termen lung ar trebui să fie similare, ceea ce nu este valabil pentru unii poluanți. Deoarece factorul de emisie este bine definit, cauza cea mai probabilă pentru estimări eronate este rata de activitate, care este un parametru subiectiv, deoarece aceasta este calculată pe baza declarațiilor furnizate de către operatorii inventariați anual.

Bibliografie selectivă

1. A.P.M. Braila, 2009, Raport starea mediului in judetul Braila – 2008
2. Aubinet, M., Grelle, A., Ibrom, A., Rannik, U., Moncrieff, J., Foken, T., Kowalski, A. S., Martin, P. H., Berbigier, P., Bernhofer, Ch., Clement, R., Elbers, J., Granier, A., Grunwald, T., Morgenstern, K., Pilegaard, K., Rebmann, C., Snijders, W., Valentini, R. and Vesala, T. (2000), Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests the EUROFLUX methodology. *Advances in Ecological Research*, 30, pp. 113-175.
3. Barr, A.G., Black, T.A., Hogg, E.H., Kljun, N., Morgenstern, K., Nestic, Z., 2004, Inter-annual variability in the leaf area index of a boreal aspen-hazelnut forest in relation to net ecosystem production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 126(3-4): p. 237-255.
4. Burba, G., Anderson, D., 2007, Introduction to the Eddy Covariance Method: General. Guidelines and Conventional Workflow”. LI-COR Biosciences, 141 pp.
5. Burroughs, W.J., 2001, Climate change – A Multidisciplinary Approach, Cambridge University Press, UK,.
6. Desai, A. R., P.V. Bolstad, B.D.Cook, K. J.Davis, and E.V.Carey, 2005, Comparing net ecosystem exchange of carbon dioxide between an old-growth and mature forest in the upper Midwest, *Agric and Forest Meteor.*, 128p. 33-55.
7. **Dragomir M. C**, Voiculescu M., Georgescu L. P., Study of air pollution dataset, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, supplement, year III (XXXII), 2009, pag 135-140
8. **Dragomir M. C**, Voiculescu M., Georgescu L. P., Air pollution trend and meteorological parameters in Braila County, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, year II (XXXIII), 2010, 251 – 257
9. **Dragomir M. C**, Klaassen, W., Voiculescu, M., Georgescu, L. P. , van der Laan, S., Estimating annual CO₂ flux for Lutjewad Station using three different gap-filling techniques, 2011 a (*submitted to The ScientificWorld Journal*)
10. **Dragomir M. C**, Voiculescu, M., Klaassen, W., Georgescu, L. P. , Statistical analysis of eddy-covariance heat fluxes measured from a tall tower, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics , Fascicle II, year III (XXXIV), 2011b/2012 (in print)
11. **Dragomir M. C**, Voiculescu, M., Klaassen, W., Georgescu, L. P. , Comparison between gap-filled and measured CO₂ flux, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics , Fascicle II, year III (XXXIV), 2011c/2012 (in print)
12. **Dragomir, M. C.**, Voiculescu, M., Klaassen, W., Georgescu. L. P., Statistical analysis of time series of eddy-covariance flux measurements from a tall tower, International Conference - B.EN.A , 11-13 November , 2011d Bucharest.
13. **Dragomir, M. C.**, Voiculescu, M., Klaassen, W., Georgescu. L. P., Approaches to gap filling missing data of sensible and latent heat flux through multiple regression and artificial neural network, International Conference - B.EN.A, 11-13 November, 2011e Bucharest.
14. Elbers, J.A., 2002, Eddy Correlation System Alterra: User Manual. Wageningen, Alterra.
15. Falge, E., D. Baldocchi, R. Olson, P. Anthoni, M. Aubinet, C. Bernhofer, G. Burba, G. Ceulemans, R. Clement, H. Dolman, A. Granier, P. Gross, T. Grunwald, D. Hollinger, N. O. Jensen, G. Katul, P. Keronen, A. Kowalski, C. T. Lai, B. E. Law, T. Meyers, J. Moncrieff, E. Moors, J. W. Munger, K. Pilegaard, U. Rannik, C. Rebmann, A. Suyker, J.

- Tenhunen, K. Tu, S. Verma, T. Vesala, K. Wilson, and S. Wofsy, Gap filling strategies for long term energy flux data sets, *Agricultural and Forest Meteorology* 107(1): 71-77.
16. Falge, E., D. Baldocchi, R. Olson, P. Anthoni, M. Aubinet, C. Bernhofer, G. Burba, R. Ceulemans, R. Clement, H. Dolman, A. Granier, P. Gross, T. Grunwald, D. Hollinger, N. O. Jensen, G. Katul, P. Keronen, A. Kowalski, C. T. Lai, B. E. Law, T. Meyers, H. Moncrieff, E. Moors, J. W. Munger, K. Pilegaard, U. Rannik, C. Rebmann, A. Suyker, J. Tenhunen, K. Tu, S. Verma, T. Vesala, K. Wilson, and S. Wofsy, 2001, Gap filling strategies for defensible annual sums of net ecosystem exchange. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107(1): p. 43-69.
 17. Finnigan, JJ, Clements, R, Malhi, Y, Leuning R, Cleugh, HA, 2003, A Re-Evaluation of Long-Term Flux Measurement Techniques Part I: Averaging and Coordinate Rotation. *Boundary Layer Meteorology*, 107: 1-48.
 18. Foken, T., Göckede, M., Mauder, M., Mahrt, L., Amiro, B.D. and Munger, J.W., 2004, Post-field data quality control. In: X. Lee, W. Massman and B.E. Law, Editors, *Handbook of Micrometeorology*, Kluwer, Dordrecht, pp. 181–208.
 19. Foken, T., F. Wimmer, et al. , 2006, Some aspects of the energy balance closure problem., *Atmospheric Chemistry and Physics* 6: 4395-4402.
 20. Foken, T., *Micrometeorology*. 2008, Germany: Springer, Berlin (Germany). 328 pages.
 21. Foken, T., 2008, The energy balance closure problem: An overview, *Ecological Applications* 18(6): 1351-1367.
 22. Hollinger, D.Y., Aber, J., Dail, B., Davidson, E.A., Goltz, S.M., 2004, Spatial and temporal variability in forest atmosphere CO₂ exchange. *Global Change Biol* 10:1689–1706
 23. Højstrup, J., 1993, A statistical data screening procedure. *Measuring Science Technology*, 4: 153-157.
 24. Hui, D., Wan, S., Su, B., Katul, G., Monson, R., Luo, Y., 2004, Gap-filling missing data in eddy covariance measurements using multiple imputation (MI) for annual estimations. *Agric Forest Meteorol* 121:93–111
 25. Jacobs, A.F.G.; Heusinkveld, B.G.; Holtslag, A.A.M., 2008, Towards Closing the Surface Energy Budget of a Mid-latitude Grassland, *Boundary-Layer Meteorology* 126(1): 125-136.
 26. Kruijt, B., Elbers, J.A., von Randow, C., Araujo, A.C., et al., 2004, The robustness of eddy correlation fluxes for Amazon rain forest conditions. *Ecol. Applications* 14 (4, S101–S113.
 27. Leuning, R., 2005, Measurements of Trace Gas Fluxes in the Atmosphere Using Eddy Covariance: WPL Corrections Revisited. *Handbook of Micrometeorology*: 119-132.
 28. Moffat, A. M., Papale, D., Reichstein, M., Hollinger, D. Y., Richardson, A. D., Barr, A. G., Beckstein, C., Braswell, B. H., Churkina, G., Desai, A. R., Falge, E., Gove, J. H., Heimann, M., Hui, D. F., Jarvis, A. J., Kattge, J., Noormets, A., et al., 2007, Comprehensive comparison of gap-filling techniques for eddy covariance net carbon fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 147(3-4): p. 209-232.
 29. Neubert, R.E.M., P., Weber, R. Gerritsma and H.A.J. Meijer, 2005, The Atmospheric CO₂ and greenhouse gas monitoring activities at Lutjewad, The Netherlands, Toronto, Canada, 15-18/9/2003 (ed. D. Worthy and L. Huang), No.161, Genf, 203-209.
 30. Noormets, A., J. Chen, and T. Crow, 2007, Age-Dependent Changes in Ecosystem Carbon Fluxes in Managed Forests in Northern Wisconsin, USA. *Ecosystems*,. 10(2): p. 187-203.
 31. Ooba, M, Hirano T, Mogami JI, Hirata R, Fujinuma Y., 2006, Comparisons of gap-filling methods for carbon flux dataset: a combination of a genetic algorithm and an artificial neural network. *Ecol Model* 198:473–486

32. Oost WA, Oost EM, 2004, An alternative approach to the parametrization of the momentum flux over the sea. *Boundary-Layer Meteorol* 113:411–426
33. Papale D. and Valentini, R., 2003, A new assessment of European forests carbon exchanges by eddy fluxes and artificial neural network spatialization, *Global Change Biol.* 9,525–535.
34. Richardson, A.D., D.Y. Hollinger, G.G. Burba, K.J. Davis, L.B. Flanagan, G.G. Katul, J.W. Munger, D.M. Ricciuto, P.C. Stoy, A.E. Suyker, S.B. Verma, and S.C. Wofsy, 2006, A multi-site analysis of random error in tower-based measurements of carbon and energy fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 136:1-18.
35. Simono, J. S., 2003, *Analyzing Categorical Data*, New York: Springer-Verlag.
36. SPSS Inc., 2007, Online version of SPSS 16.0 SPSS Missing Value Analysis, SPSS Inc., 233 South Wacker Drive, 11th Floor, Chicago, IL 60606-6412., Patent No. 7,023,.
37. Van de Wiel, B. J. H., A. Moene, G. Hartogenesis, H.A. De Bruin, and A.A.M. and A. Holtslag, 2003, Intermittent turbulence in the stable boundary layer over land. Part III. A classification for observations during CASES-99, *J. Atmos. Sci*, 60: 2509-2522.
38. Vickers, D., and L. Mahrt, 1997, Fetch limited drag coefficients over shallow water. *Bound.-Layer Meteor.*, 89, 53–79.
39. Voiculescu M., Georgescu L. P., **Dragomir C.**, Analysis of stability and continuity of pollution datasets, *Journal of Env. Protection and Ecology*, nr. 2/2011, 401 – 406
40. Von Randow C, S´a Abreu LD, Prasad GSSD, Manzi AO, Arlino PR, Kruijt A. 2002, Scale variability of atmospheric surface layer of energy and carbon over a tropical rain forest in Southwest Amazonia. Diurnal conditions. *Journal of Geophysics Research* 107: 29.1–2