

UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS“ DIN GALAȚI
FACULTATEA DE INGINERIE DIN BRĂILA

TEZA DE DOCTORAT

Conducător științific,
Prof.univ.dr.ing. Constantin Stanciu
Conducător științific în cotutelă,
Prof.univ.dr.hab.mat-fiz. Vasile Marina

Doctorand,
Mat. Valerian N Antohe

MULȚUMIRI

Lucrarea a fost realizată în cadrul Școlii Doctorale a Universității „Dunărea de Jos” din Galați.

Doresc să aduc profunde mulțumiri conducătorului științific, domnului **Prof. univ. dr. ing. Constantin Stanciu**, conducătorului științific în cotutelă, domnului **Prof. univ. dr. hab. mat-fiz. Vasile Marina**, pentru sprijinul acordat de-a lungul pregătirii mele, pentru modul în care mi-au călăuzit, ghidat și încurajat întreaga activitate de cercetare științifică.

Mulțumesc în același timp doamnei **Prof. Univ. dr. ing. Maria Gavrilescu**, domnului **Prof. univ. dr. hab. George Bălan**, domnului **Prof. Univ. dr. Matei Macoveanu** și domnului **Prof. univ. dr. ing. Valeriu Jinescu**, pentru experiență, disponibilitate și învățături, experiența dumnealor în domeniu fiindu-mi de un real ajutor.

Aduc mulțumiri domnului **Prof. Univ. dr. George Păun**, membru corespondent al Academiei Române și domnului **Prof. univ. dr. Victor Mitrana** pentru modul în care m-au încurajat și au apreciat pas cu pas dezvoltarea demersului meu în realizarea temei de cercetare.

Adresez mulțumiri colectivului Catedrei de Ingineria Sistemelor Biotehnice și Ecologice din cadrul Facultății de Inginerie din Brăila a Universității „Dunărea de Jos” din Galați, pentru aprecierile și sfaturile de care am beneficiat în toată perioada pregătirii și elaborării lucrării.

Doresc să mulțumesc și familiei, colegilor, tuturor celor care prin sprijinul lor, încurajările, sfaturile sau părerile lor au contribuit la elaborarea acestei lucrări.

Mat. Valerian Antohe

CUPRINS

	Pag.
INTRODUCERE	1
ABSTRACT	6
<u>CAPITOLUL 1 – STUDIU DOCUMENTAR</u>	8
1.1 Încadrarea ariei de studiu	
1.1.1 Poziționare geografică	9
1.1.2 Încadrarea arealului studiat din punct de vedere geomorfologic	14
1.2 Stadiul actual al cercetărilor privind prelucrarea matematică a bazelor de date obținute din monitorizări ecologice	17
1.2.1 Cercetări privind monitoringul	18
1.2.2 Modele matematice elaborate în domeniul protecției calității corpurilor de apă	21
1.2.3 Studii de management privind corpurile de apă	25
1.3 Concluzii și obiectivele cercetării	28
<u>CAPITOLUL 2 – MEDIUL DE CUPRINDERE AL BAZELOR DE DATE, CERCETĂRI ANALITICE ȘI NUMERICE</u>	31
2.1 Baza de date, serii de timp, spațiul parametrilor de calitate a corpurilor de apă	32
2.1.1 Baza de date, funcția de stare a unui parametru de calitate C	32
2.1.2 Spațiul observabil al parametrilor de calitate (SO)	42
2.2 Construcția funcțiilor X_C prin intermediul funcțiilor polinomiale și al funcțiilor de interpolare X_{CR}	47
2.2.1 Construcția funcțiilor X_C prin intermediul funcțiilor polinomiale	48
2.2.2 Construcția funcțiilor de tip X_{CR} cu ajutorul mediului software TableCurve 2D	66
2.3 Concluzii asupra bazelor de date analizate	72
<u>CAPITOLUL 3 – COMPLEXUL DE ALGORITMI DE UNIFORMIZARE, PRELUCRARE ȘI ANALIZĂ A DATELOR (AUPAD)</u>	75
3.1 Uniformizarea seriilor temporale cu ajutorul funcțiilor Spline	76
3.2 Considerații asupra funcțiilor $\tilde{X}_C: \{1,2,3, \dots, 12\} \rightarrow \mathbb{R}$	84
3.2.1 Exemple de analiză a datelor	89
3.2.2 Algoritmul de organizare, prelucrare și analiză a datelor (AUPAD)	91
3.2.3 Indicatori chimici ai regimului de oxigen, reflectarea analizei conform (AUPAD)	97
3.3 Aproximarea uniformă a funcțiilor de stare	100
3.4 Concluzii asupra (AUPAD) și a funcțiilor de stare	102

<u>CAPITOLUL 4 – VERIFICAREA ȘI VALIDAREA COMPLEXULUI DE ALGORITMI (AUPAD), EVALUAREA REZULTATELOR</u>	104
4.1 Modelul matematic integrat (AUPAD)	105
4.2 Oxigen dizolvat – rezultatele aplicării (AUPAD)	117
4.3 Periodicitatea evoluției nivelului de (OD)	149
4.4 Debit – scurgerea solidă – aplicarea (AUPAD)	155
4.5 Consumul biochimic de oxigen – aplicarea (AUPAD)	165
4.6 Considerații asupra sistemului de drenaj urban a orașului Brăila, considerând configurația geometrică a spațiului	176
4.7 Concluzii privind validarea complexului de algoritmi	186
 <u>CAPITOLUL 5 – CONCLUZII FINALE, DIRECȚII ULTERIOARE DE CERCETARE</u>	 188
<i>Lista figurilor</i>	194
<i>Lista tabelelor</i>	198
<i>Bibliografie</i>	200
<i>Listă de lucrări comunicate și publicate de autor</i>	207
<i>Participări la simpozioane și conferințe naționale și internaționale</i>	209

Abrevieri și notații folosite în text:

ANAR	Agenția Națională Apele Române
ANM	Agenție Națională de Mediu
AUPAD	Complexul de algoritmi de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor
CBO₅	Consumul biochimic de oxigen
CCO	Consumul chimic de oxigen
CCO-Cr	Consumul chimic de oxigen prin oxidare cu K ₂ Cr ₂ O ₇ în mediu acid.
CCO-Mn	Consumul chimic de oxigen prin oxidare cu KMnO ₄ în mediu de H ₂ SO ₄ .
CE	Consiliul European
COT	Carbonul organic total
daNUbs	Nutrient Management in the Danube Basin and Its Impact on Black Sea
DWQM	Modelul de calitate al apelor Dunării, „Danube Water Quality Model”
IAWD	International Association of Water Supply Companies in the Danube River
ICPDR	Comisia Internațională pentru Protecția Fluviului Dunărea, „International Commision for Protection of the Danube River”
JDS1	Expediția Joint Danube Survey 1
JDS2	Expediția Joint Danube Survey 2
MONERIS	Modelling Nutrient Emission in River Systems
OD	Oxigen dizolvat
pH	Indicator al acidității, (cologarithmul concentrației ionilor de hidrogen)
PNMBD	Planului național de management aferent porțiunii naționale a bazinului internațional al fluviului Dunărea
Q	Debit
QUAL2K	Stream Water Quality Model
RBDD	Rezervația Biosferei Delta Dunării
RWQM	River Water Quality Model
SARIMA	Seasonal Auto-Regressive Integrted Moving Average
SGA	Serviciul de Gospodărire a Apelor
SMIAR	Sistemul de Monitoring Integrat al Apelor din România
SO	Spațiul observabil al parametrilor de calitate
SO_i	Spațiul previziunilor imediate asociat unui domeniu (SO)
T	Temperatură
TC2D	Software-ul „Table Curve 2D”
TNMN	Sistemul transnațional de monitorizare, „TransNational Monitoring Network”
WFD	Directiva Cadru privind Apa, 2000/60/EC
ACCO	Indicatorul diferența CCO-Cr – CCO-Mn

INTRODUCERE

Importanța apei pentru viață, ca o componentă a ecosistemului global, este din ce în ce mai clară.

Resursele de apă sunt afectate de multe din activitățile care o folosesc ca resursă: agricultură, industrie și activitățile menajere. Astfel, 20% din apele de suprafață ale Europei sunt amenințate foarte serios de poluare.

Directiva Cadru privind Apa, (*Water Framework Directive*), reprezintă o abordare nouă și inovatoare, care extinde scopul protecției apelor către toate tipurile de apă și stabilește obiective clare pentru atingerea la un stadiu bun de calitate. Obiectivele trebuie atinse până în 2015 pentru toate țările din Europa și astfel să fie asigurată folosirea durabilă a resurselor de apă în toată Europa.

În esență, Directiva Cadru privind Apa are drept scop prevenirea poluării la sursă și stabilește mecanismele de control în scopul protejării apei și pentru utilizarea durabilă a acesteia.

Directiva Cadru 2000/60/EC, (WFD), definește apa ca pe un patrimoniu ce trebuie protejat, tratat și conservat.

Calitatea apelor din România este urmărită conform structurii și principiilor metodologice ale Sistemul de Monitoring Integrat al Apelor din România (SMIAR). Acesta cuprinde două tipuri de monitorizare conform cerințelor prevăzute în Legea 310/2004 de modificare și completare a Legii Apelor 107/1996, completată cu Ordonanța de Urgență nr.3/2010 pentru modificarea și completarea Legii apelor nr. 107/1996 care a preluat prevederile Directive Cadru 2000/60/CE în domeniul apei și celelalte directive ale Uniunii Europene.

Se realizează două tipuri de monitoring, și anume: un monitoring de supraveghere având rolul de a evalua starea tuturor corpurilor de apă din cadrul bazinelor hidrografice și respectiv, un monitoring operațional integrat monitoringului de supraveghere, pentru corpurile de apă ce au riscul să nu îndeplinească obiectivele de protecție a apelor.

Prezenta teză de doctorat, intitulată „Modelarea matematică a indicatorilor de calitate a corpurilor de apă de suprafață și a apelor uzate”, aduce o serie de contribuții la modelarea și predicția unor indicatori de calitate a apelor Dunării din grupa oxigenului dizolvat, la utilizarea unor ecosisteme naturale pentru decantarea suspensiilor totale, integrat în managementul durabil al apelor.

Apele de suprafață constituie principala sursă pentru consumul de apă însă în același timp în ele sunt deversate majoritatea apelor reziduale. Corpurile de apă nu trebuie să conțină poluanți care să dăuneze sănătății și care nu pot fi eliminați în stațiile de epurare. În vederea urmării implementării politicilor de mediu europene, și având în vedere obiectivul general ca până în 2015 să se atingă “starea bună a corpurilor de apă”, orice demers care poate susține acest efort este unul binevenit. Principala prioritate în sectoarele relevante (a apelor uzate urbane, a evacuării substanțelor periculoase, protecția împotriva nitraților provenind din surse agricole sau refacerea zonelor umede) reprezintă punerea în aplicare a directivelor Consiliului Europei (CE) în scopul de a promova utilizarea durabilă a apei, protejând pe termen lung resursele disponibile.

Calitatea apei a fost afectată în ultimele decenii datorită dezvoltării intensive și extensive a industriei fără a ține cont de nevoile de protecție ale mediului. Deși în ultimii 10 ani noi facilități de tratare a apelor uzate au fost construite sau reabilitate și mai multe instalații vechi au fost modernizate, situația este încă departe de a fi satisfăcătoare.

Cu scopul de a reliefa o stare de fapt a evoluției parametrilor de calitate ai mediului și mai ales a evoluției acestui proces și pentru a realiza o serie de proceduri de îmbunătățire a demersurilor necesare optimizării sistemului de observație și acțiune în timp util împotriva degradării corpurilor de apă din zona Dunării de Jos, s-a realizat studiul cu titlul „*Modelarea matematică a parametrilor de calitate a corpurilor de apă de suprafață și a apelor uzate*”.

Obiectivele urmarite în prezenta teză sunt:

- Analiza indicatorilor de calitate a apelor Fluviul Dunărea, pe parcursul anilor 1992-2006 pentru principalul corp de apa de suprafață în zona Brăila pe distanța în km pe Dunăre 132-375, proiectarea unui model matematic de analiză a datelor specific analizei numerice a seriilor temporale folosind programe informatice și algoritmi proprii de analiză realizate sub diferite medii de programare.
- Realizarea unui model matematic propriu corpurilor de apă prezente în arealul studiat și elaborarea unor forme funcționale matematice specifice seriilor temporale care să redea cât mai fidel, sintetic și corelațional evoluția și interacțiunea dintre o serie de indicatori de calitate ai modelului studiat.
- Construirea unui complex de algoritmi de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor (AUPAD), care să permită completarea datelor lipsă în istoricul bazelor de date, prelucrarea prin metode proprii analizei numerice a seriilor temporale ale bazelor de date, identificarea unor funcții analitice ce pot modela evoluția parametrilor de stare ai corpurilor de apă și identificarea unor predicții ale acestor evoluții.
- Analiza și realizarea modelului matematic care să reflecte impactul zonelor urbane principale din arealul studiat (orașul Brăila și Galați) asupra apelor Dunării și influența zonelor umede asupra nivelului de calitate a corpurilor de apă. Elaborarea unor soluții în sensul considerării zonelor umede și bazine de decantare primară și de autoepurare.
- Elaborarea de soluții în cazul deversării apelor uzate urbane prin regândirea unor aspecte legate de urbanizare, reconsiderarea sistemului de canalizare, micșorarea impactului negativ asupra apelor Dunării și corpurilor de apă în arealul studiat.

Teza este structurată în cinci capitole.

Capitolul 1 realizează un studiu documentar încadrând geografic aria de studiu în cadrul bazinului Dunării și dinamica cercetărilor actuale în domeniu privind bazele de date obținute din cercetări privind nivelul de calitate al apelor de suprafață, prelucrarea matematică a acestora și alte studii referitoare la monitorizarea și

managementul corpurilor de apă. Studiul documentar abordează cercetări privind modelele matematice privind fenomene ecologice proprii corpurilor de apă și este structurat pe „tematică celor trei M”, monitoring, modelare și respectiv management. Materialul bibliografic prezentat conține peste 85 de titluri incluzând și lucrările realizate, publicate și prezentate de către autor cu ocazia unor simpozioane și conferințe în domeniu, desfășurate în țară și străinătate.

Capitolul 2 fixează mediul de cuprindere al bazelor de date și realizează cercetări analitice și numerice ce conțin direcțiile pentru proiectarea complexului de algoritmi de analiză a bazelor de date. În acest capitol sunt definite și fundamentate teoretic o serie de noțiuni și concepte noi necesare realizării algoritmului cum ar fi, funcția de stare a unui parametru de calitate, spațiul observabil al seriilor de timp specifice unui parametru de calitate, modele matematice ale funcțiilor de stare ca funcții continue și derivabile, structuri considerate în urma analizării unor corpuri de apă în situații concrete investigate. Tot în acest capitol se enunță și se susțin ipotezele de lucru pe baza unor cercetări proprii asupra evoluției parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață, din grupa oxigenului dizolvat.

Capitolul 3 prezintă și fundamentează complexul de algoritmi de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor, (AUPAD), motivând prin numeroase exemple necesitatea introducerii și folosirii acestui algoritm de analiză a datelor de mediu. Schema algoritmică realizată, permite analiza evoluției parametrilor de stare ai corpului de apă, comportarea în regim dinamic în timp, relațional și corelațional. Tot aici se prezintă capacitatea de modelare a unor fenomene precum evoluții oscilatorii ai parametrilor de calitate și posibilitatea de realizare a unor predicții pe baza aplicării complexului de algoritmi.

Capitolul 4 este dedicat aplicării practice a (AUPAD), verificării și validării construcției teoretice, prezentând evaluarea rezultatelor și a unor concluzii referitoare la presiunea factorilor poluanți din zona geografică studiată. Rezultatele au pus în evidență evoluția în timp a nivelului de oxigen dizolvat din apele Dunării, evoluții asupra consumului biologic de oxigen, evoluții oscilatorii altele decât cele implicate de aspectul sezonier anual ce pot pune în lumină o presiune a factorilor poluanți din zona geografică, ce a fost considerată, asupra celui mai important corp

de apă al regiunii, și anume fluviul Dunărea. Procedura aplicării (AUPAD) propune o nouă abordare de înregistrare, stocare și analiză a datelor în cadrul agențiilor de mediu. Aceasta a pus în evidență factori ce influențează comportarea parametrilor de calitate ce au fost mai puțin analizați prin complexitatea gradului de interacțiune. Aplicarea modelului matematic urmărește grupa oxigenului dizolvat și influențe asupra acesteia a factorilor climatici precum, circulația atmosferică, nivelul precipitațiilor sau temperatură. Rezultatele sunt prezentate considerând și rezultate ale unor analize anterioare realizate de agenții de mediu în rapoarte anuale, dar aduc în discuție noi interpretări considerând evoluția debitului, curgerea solidă, anual sau lunar ceea ce demonstrează puterea de analiză a algoritmului proiectat. Datele despre factorii influenți au fost analizate tot în structura (AUPAD), descriind și în aceste cazuri aspecte pulsatorii, periodice în evoluția acestor factori. Capitolul se finalizează cu o serie de considerații asupra apelor uzate și a sistemului de drenaj urban al municipiului Brăila, analiza folosind (AUPAD) asupra acestui aspect având ca rezultat unele propuneri privind reproiectarea și reconsiderarea acestui sistem având în vedere și particularitățile din schema structurală geometrică a planului orașului Brăila. Rezultatele și concluziile acestui capitol pot fi considerate pentru reevaluarea și refacerea master-planului referitor la problematica apei și a zonelor protejate din imediata apropiere a zonelor locuite, cu scopul obținerii stării bune a corpurilor de apă.

Capitolul 5 este rezervat concluziilor finale și prezintă atât o sinteză a rezultatelor obținute precum și modalități de implementare a acestor rezultate în cadrul unor studii asupra corpurilor de apă de suprafață sau a apelor uzate. Modelul matematic realizat, poate constitui o nouă metodologie de lucru aplicabilă în cazul modelării unor fenomene dinamice temporale dar și în cadrul considerării altor domenii ce au ca obiect investigarea unor fenomene de mediu. În același timp, în capitolul 5 se identifică și se descriu unele dintre posibilele direcții ulterioare de dezvoltarea a cercetărilor desfășurate pe parcursul realizării tezei, într-un domeniu din ce în ce mai dinamic precum păstrarea și îmbunătățirea calității corpurilor de apă.

ABSTRACT

The importance of water for life, as a component of the global ecosystem, is becoming clearer and clearer. Water resources are affected today by many activities that use the water as a resource and activities belonging to agriculture, industry and domestic activities. Twenty per cent of surface waters in Europe are seriously threatened by pollution.

This thesis, entitled "Mathematical modeling of quality indicators of surface water bodies and wastewater" brings some contributions to the domain of modelling and prediction of some quality indicators of the Danube water, especially taking into consideration the group of dissolved oxygen.

In order to emphasize the level of the evolution of environmental quality parameters and especially the evolution of this process and to make a series of procedures to improve the necessary steps to optimize the system of observation and timely action against degradation of water bodies in Lower Danube area, the study considered has been conducted.

The objectives of this thesis are focused on:

- Analysis of water quality indicators of the Danube River between 1992-2006 for the main body of surface water in the distance in km on the Danube 132-375, designing a mathematical model for data analysis, numerical analysis of time series using specific algorithms and their analysis using in different programming environments.
- Developing a proper mathematical model of water bodies present in the area studied and the construct of specific mathematical functional forms specific to time series to render, synthetically and co-relationally the evolution and interaction of a number of quality indicators of the model studied.
- Building a complex of algorithms in order to uniform, processing and analyze data (AUPAD), allowing completion of missing data in historical databases, processing through own methods of numerical analysis of time series database identification of some analytical functions that can shape the evolution of state parameters of water bodies and identify predictions of these evolutions.
- Analysis and implementation of the mathematical model to highlight the impact of the main urban area studied (the city of Braila and Galati) on the Danube waters and the wetlands influence of the level of quality of water bodies. Working out some solutions in terms of considering wetlands and primary settling as tanks for self-cleaning.
- Working out of solutions for urban sewage spill by rethinking some aspects of urbanization, the sewage system, reducing the negative impact on the Danube water and water bodies in the area studied.

The thesis is divided into five chapters and the original contribution starts with chapter 2.

Chapter 1 makes a documentary study framing the geographic area of study in the Danube basin and the dynamics of current research in the field of databases derived from research on the quality of surface waters, their mathematical processing and other studies related to monitoring and management of water bodies. The documentary research study addresses the mathematical models of ecological phenomena and their water bodies and is structured on the "theme of the three M", **m**onitoring, **m**odelling and **m**anagement respectively.

Chapter 2 sets the coverage area of databases, achieves on analytical and numerical research, containing directions for the design of algorithms for analyzing complex databases. In this chapter there are theoretical definitions of a number of notions and concepts necessary to achieve algorithm such as state function of a quality parameter, observable space of time series-specific to a quality parameter, mathematical models of state functions as continuous functions and derivatives, following the analysis of structures considered bodies of water in actual investigated situations.

Also this chapter sets out and supports assumptions based on their research on the evolution of quality parameters of surface water bodies from the group of dissolved oxygen.

Chapter 3 presents and substantiates the complex of smoothing algorithms, data processing and analysis, (AUPAD), supporting numerous examples the need of introducing and using this algorithm for analyzing environmental data.

Chapter 4 is dedicated to the practical application of (AUPAD), the verification and validation of theoretical construction, presenting the evaluation of results and some conclusions related to the pressure of polluting factors in the geographical area studied. The results revealed the time evolution of dissolved oxygen levels in the waters of the Danube, the evolution of biological consumption of oxygen evolution, oscillator evolutions other than those involved in the annual seasonal aspect that may highlight the pressure of polluting factors in the geographical area that was considered. The chapter ends with some considerations on wastewater and urban drainage system of Braila, analysis using (AUPAD) on this aspect and the resulting proposals to redesign and reconsider this system, taking into account the peculiarities of the geometric structure of the plan scheme of Braila.

Chapter 5 is reserved for final conclusions and presents both a summary of the results and ways to implement these results in the studies on surface water bodies or sewage. The mathematical model developed, may be a new working methodology applicable for modelling of dynamic phenomena within the consideration of time but also other areas that concern the investigation of environmental phenomena.

CAPITOLUL 1 – STUDIU DOCUMENTAR

Scopul acestui capitol este de a încadra aria de studiu a tezei din punct de vedere geografic și geomorfologic, prezentând aria de studiu ca parte integrantă a bazinului Dunării, ca sector al Dunării maritime, conform studiilor actuale în acest sens.

Dinamica cercetărilor în domeniu a fost analizată și s-au luat în considerare studii de ecologie, studii de geografie, studii ale Comisiei Internaționale pentru Protecția Dunării (ICPDR), sistemul trans-național de monitorizare a calității apelor Dunării (TNMN) și impactul acestuia atât în considerarea arealului Dunării de Jos, ca un segment important al Dunării, cât și în încadrarea ariei de studiu din punct de vedere al nivelului de calitate al apelor de suprafață. În același timp, studiul documentar acoperă cercetări actuale privind bazele de date obținute în urma monitorizării nivelului de calitate al apelor de suprafață, sistemul de monitorizare ecologică și considerarea ariei de studiu ca sector geomorfologic din anul 2001 și reconsiderarea acestei delimitări după anul 2005.

Cu scopul de a reliefa cercetările actuale în domeniul monitoringului și a constituirii bazelor de date, materialul bibliografic prezentat ca bază al studiului a fost structurat conform analizei cercetărilor privind monitoringul, modelelor matematice elaborate în domeniul protecției calității apelor de suprafață și respectiv al managementului de mediu privin în special corpurile de apă de suprafață.

Complexul de informații analizat pe parcursul elaborării tezei a direcționat studiul documentar în direcția analizei cercetărilor și rezultatelor obținute pe plan național și internațional în ultima perioadă cu referire directă la prelucrarea matematică a bazelor de date obținute din monitorizări ecologice, dinamica acestora și fructificarea informației acumulate cu scopul de a acționa în continuare pentru dezvoltarea proiectelor ce au ca scop construirea unei imagini fidele a nivelului actual al calității apelor de suprafață și al dinamicii acestui fenomen.

În urma realizării studiului documentar, se poate afirma că segmentul studiat nu este încă analizat suficient conform importanței sale și prin urmare un studiu ce poate aduce noi informații în acest sens constituie un element de noutate în domeniul studierii corpurilor de apă de suprafață.

1.1. ÎNCADRAREA ARIEI DE STUDIU

1.1.1 POZIȚIONARE GEOGRAFICĂ

Aria de studiu se găsește în partea terminală a bazinului hidrografic al Dunării. Această zonă este denumită de majoritatea geografilor români sectorul Dunării maritime, în general pentru trăsăturile morfologice ale albiei minore și în special pentru adâncimea mai ridicată decât a sectoarelor din amonte. Zona de studiu este încadrată din punct de vedere matematic într-un patruleter imaginar, cu un perimetru de aproximativ 480 km, încadrat în detaliu pentru bazinul Dunării pe teritoriul României în figura 1.1, și prezentat la o scară mărită pe suportul Google Maps în figura 1.2.



Figura 1.1 Încadrarea ariei de studiu la nivelul bazinului Dunării, pe teritoriul României

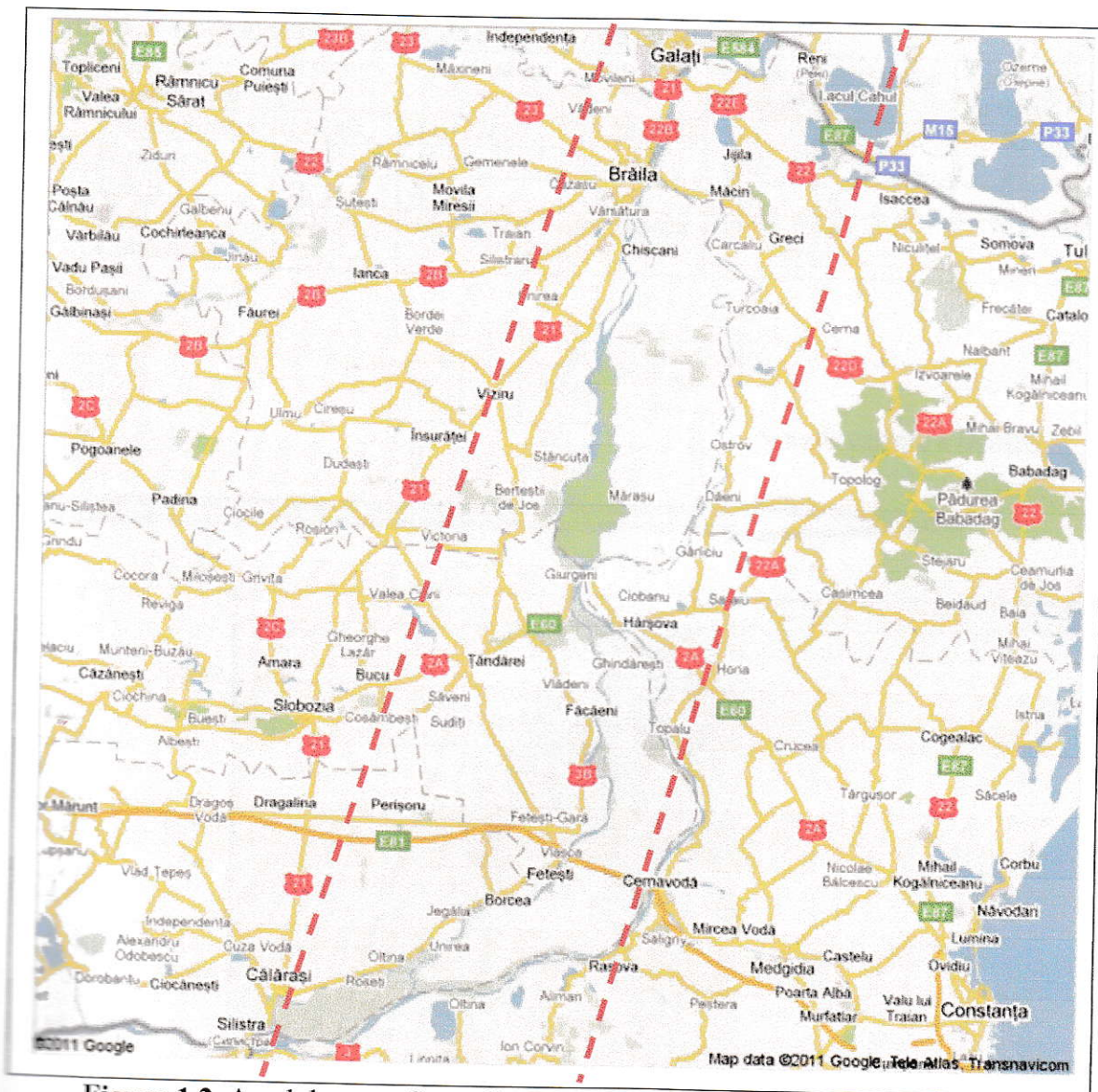


Figura 1.2 Arealul geografic studiat prezentat folosind o imagine Google Maps

Pe un areal extins, cum este bazinul Dunării, de o importanță deosebită este alegerea stațiilor de monitorizare a calității apelor Dunării, acest număr fiind mai mare în zonele cu mai mulți afluenți. Pentru realizarea și prezentarea unor calcule și rezultate topografice, s-au fixat pe imaginea hărții stațiile de monitorizare a calității apelor fluviului Dunărea în figura 1.3, folosind imaginile hărților geografice proprii Google Maps și softul GeoGebra, (fig. 1.4). Stațiile de monitorizare considerate se vor nota în continuare cu S1, S2, S3 și respectiv S4, iar datele lor se regăsesc în tabelul 1.1.

Tabel 1.1 Coordonatele stațiilor de monitorizare considerate

No	Stație de monitorizare	Indicativ	Longitudine	Latitudine	km pe Dunăre	Altitudine	Indicativ în teză
1	Chiciu/Silistra	L0280	44,121667	27,243889	375	13	S1
2	Gropeni	Gr	45,08	27,90	180	5	S2
3	Brăila 1	Br 1	45,18	27,93	176	4	S3
4	Reni-Chilia/Kilia	L0430	45,482216	28,226624	132	4	S4

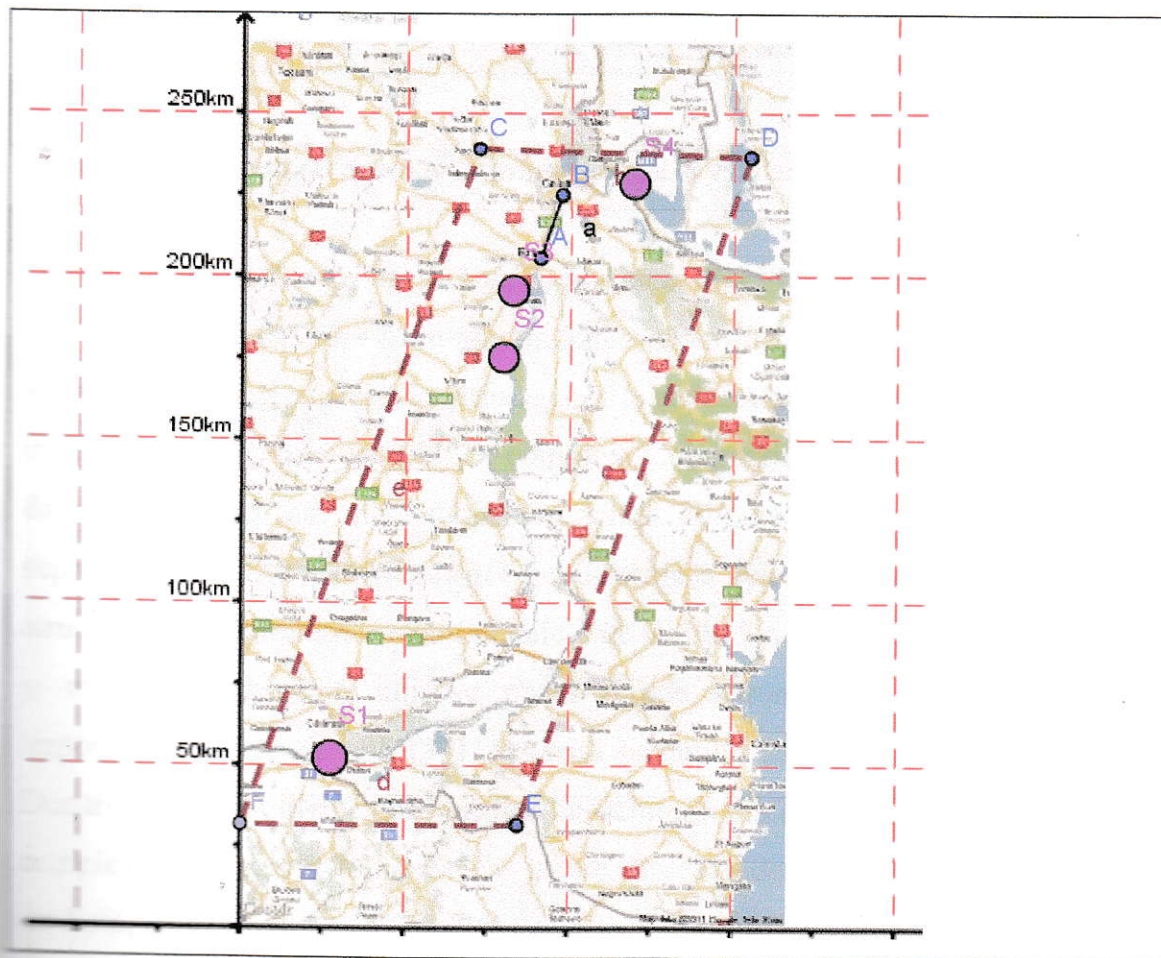
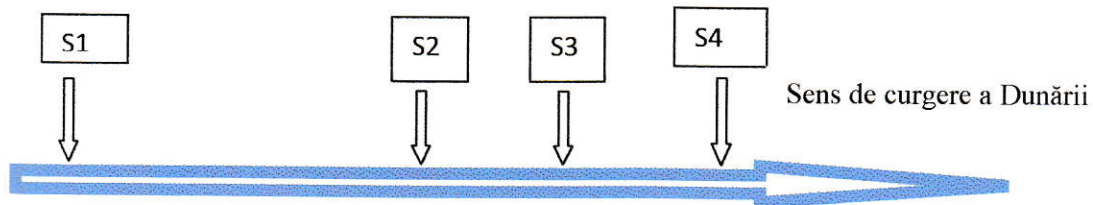


Figura 1.3 Imaginea arealului studiat și a stațiilor de monitorizare considerate, procesate cu ajutorul soft-ului GeoGebra

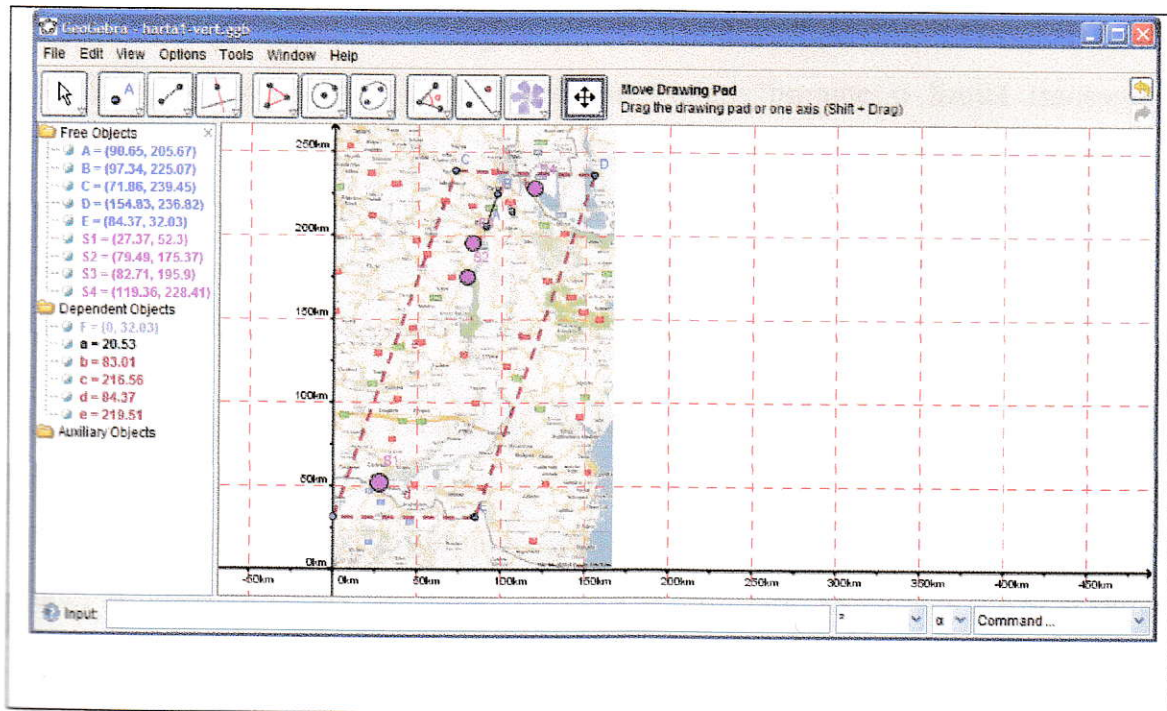


Figura 1.4 Calculul perimetrului arealului studiat și validarea scării cu distanțe cunoscute

Dunărea și afluenții săi străbat importante suprafețe din Europa Centrală și de Sud-Est, făcând legătura între unități fizico-geografice cu trăsături naturale diferite ale căror caractere le preia, le întrunește și le reflectă în regimul său hidrologic, care în felul acesta, devine deosebit de complex. Complexitatea regimului hidrografic se datorează în cea mai mare parte diversității alimentării cu alte surse de ape de suprafață [34]. Datorită repartiției neuniforme a reliefului, înălțimii și circulației atmosferice, precipitațiile medii anuale care cad în bazin și variază între peste 3000 și mai puțin de 400 mm, se poate reliefa sezonabilitatea comportării acestei importante resurse de apă [37]. Datorită bazinului său hidrografic atât de întins, Dunărea ridică probleme hidrografice deosebite în toate sectoarele sale, dar cele mai complexe sunt și vor rămâne cele legate de zona de varsare. În zona geografică studiată, albia majoră este deosebit de extinsă, (aproape 10 km), de-o parte și de alta a fluviului, în sectorul cuprins de confluența cu Brațul Măcin și până la cea cu Siretul. După îngustarea din dreptul Promotoriului Bugeacului, albia se extinde din nou întreruptă totuși de pintenul calcaros de la Isaccea. Limita estică și sudică este dată de aliniamentul format de înălțimile Dobrogei de Nord. În nord, limita are un caracter administrativ, fiind dată de frontiera cu Ucraina și Republica Moldova.

Această limită cu caracter administrativ este trasată, mai departe, spre vest în lungul digului ce leagă localitatea Giurgiulești, (R. Moldova), de orașul Galați. Întâlnirea cu Câmpia Covurlui, în dreptul orașului Galați, impune o limită tranșantă și deosebit de clară. În cadrul Câmpiei Siretului Inferior, delimitarea domeniului Dunării se face cu mult mai greu datorită lipsei urmelor lăsate de fluviu, (grinduri, privaluri, bălți, etc.). Vechea șosea care leagă Brăila de Galați poate fi privită ca limită, mai ales că urmărește o treaptă mai înaltă de relief, la peste 6-7 m [38].

Localități importante în arealul de studiu

Orașul Brăila este situat în sud-estul României, pe malul stâng al Dunării, la extremitatea nord-estică a Câmpiei Brăilei (Bărăganul Nordic), fiind reședința de județ al județului cu același nume. Datorită acestui fapt, localitatea a fost și rămâne ca poziție geografică, o localitate importantă în raport cu provinciile românești, dar și față de fluviu, munte și mare. Brăila se găsește la $45^{\circ} 16' 11''$ latitudine nordică și $27^{\circ} 58' 44''$ longitudine estică și va constitui una din importantele aglomerări urbane ale patruleterului imaginar al prezentului studiu.

Brăila se află așezată pe malul stâng al Dunării, pe o terasă care este încadrată spre nord, vest și sud de luncile Siretului, Buzăului și Călmățuiului, aflate la distanțe de până la 20 km. Zona cea mai joasă a orașului, situată pe grindul fluvial, are față de Dunăre 3-4 m peste nivelul mării. În această zonă se găsesc cea mai mare parte a instalațiilor portuare. Urmează o zonă care aparține Luncii Dunării, cu înălțimi de 4-6 m, care face trecerea spre terasa Brăilei. În această zonă se află cartierul Comorofca, fosta Uzină de Apă și terenurile joase dinspre satul Vărsătura. Cea mai mare parte a orașului se întinde în zona de terasă, care are înălțimea între 12-25 m și care se ridică peste un versant paralel cu fluviul, cunoscut sub numele de faleză. Terasa Brăilei este plană, coborând de la nord unde se află Piscul Brăilei (33 m) spre sud unde atinge 15 m, iar de la est la vest înălțimea variază între 25 m la Grădina Mare și 10 m în cartierul Lacu Dulce.

Frântea terasei, spre Lunca Siretului Inferior, a fost terasată, în cea mai mare parte, în vederea prevenirii surpării, iar spre Dunăre este fragmentată în nouă văi, numite văduri, căi de acces din cele mai vechi timpuri din oraș către port. Adâncimea acestora crește de la sud la nord iar diferența de adâncime se explică prin prezența

nisipurilor eoliene din partea de nord care au favorizat o eroziune mai accentuată. Înainte de a fi terasată, această zonă se surpa, iar materialul rezultat se deplasa cu 7-8 m față de baza terasei. În rada portului apăreau izvoare la nivelul străzilor atunci când nivelul freatic era mai ridicat însă aceste izvoare au fost drenate subteran în urma amenajărilor efectuate.

Sub aspect genetic, hinterlandul brăilean și teritoriul ocupat de orașul medieval și modern, ca parte a Câmpiei Române, poartă evoluția acesteia. Este vorba, prin urmare, de un spațiu larg depresionar, cu caracter subsident (mai ales în partea estică), situat la zona de contact între geosinclinalul carpatic, Platforma Moesică (Prebalcanică), Podișul Moldovenesc și Horstul Dobrogean, cunoscut în literatura de specialitate și sub numele de Depresiunea Valahă.

Cu o suprafață de 4.466,2 km², reprezentând 1,9% din suprafața României, Județul Galați este situat în zona estică a României, în extremitatea sudică a platoului Moldovei, la 45° 27' latitudine nordică și 28° 02' longitudine estică. Situat pe malul stâng al Dunării, ocupă o suprafață de 241,5 km², la confluența râurilor Siret (la vest) și Prut (la est), lângă lacul Brateș, la cca. 80 de kilometri de Marea Neagră. Orașul Galați, reședința de județ se întinde pe trei terase, valea orașului, cu altitudini între 5-7 m și alte două, prima cu altitudine între 20-25 m (centrul orașului) și a doua cu altitudini ce depășesc 40 m.

În dreptul municipiului Galați, Dunărea are o albie minoră în lărgime de 600-1000 m și adâncimi ce depășesc 15-16 m în șenalul navigabil, făcând accesibilă intrarea pe fluviu a navelor maritime. Pe sectorul județului Galați fluviul Dunărea se întinde pe o lungime de 22 km, între confluența cu râul Siret și confluența cu râul Prut.

1.1.2. ÎNCADRAREA AREALULUI STUDIAT DIN PUNCT DE VEDERE GEOMORFOLOGIC

Expedițiile care au avut în vedere întregul bazin al Dunării s-au desfășurat în 2001, „Joint Danube Survey 1”, (JDS1) și respectiv „Joint Danube Survey 2”, (JDS2) în 2007, desfășurate sub auspiciul Comisiei Internaționale pentru Protecția Fluvială Dunărea, „International Commission for Protection of the Danube River” au realizat un studiu complex asupra stării ecologice a Dunării, pe tot parcursul

fluviului. Prima expediție a structurat bazinul Dunării în nouă sectoare geomorfologice, (fig. 1.5.a).

Sectorul 8, (fig. 1.5.b), se întinde de la Râul Jantra și până la localitatea Reni, (km pe Dunăre: 573-132) și include aproape în întregime arealul studiat în teză. Sectorul 8 este caracterizat ca zonă de câmpie și conținând insulele aluviale dintre cele două brațe ale Dunării [39].

Conform concluziilor Primei expediții JDS1 apele Dunării au fost încadrate în nivelul de calitate III și au reliefat influențele negative ale bazinelor hidrografice ale râurilor Olt și Argeș ca având un impact negativ asupra zonei 8. Acestea au produs o poluare puternică cu substanțe organice, depășind chiar categoria III. Aceeași stare deficitară s-a reliefat și în cazul statutului chimic al Dunării, luând în considerare nivelul oxigenului dizolvat și puternica influență a orașelor mari de pe cursul Dunării, Budapesta, Belgrad și București prin intermediul râului Argeș. Ca o consecință se pot aminti nivelul ridicat al solidelor în suspensie (între 50 mg/l și 150 mg/l), precum și compuși pe bază de fosfor peste limită. Rezultatele care s-au identificat în cazul expediției JDS1 au propus din aceste considerente și o revizuire a (TNMN). În anul 2005 s-a realizat o revizuire și împărțire a cursului Dunării în 10 sectoare, (fig. 1.6), cu caracteristici morfologice și de habitat comune [40].

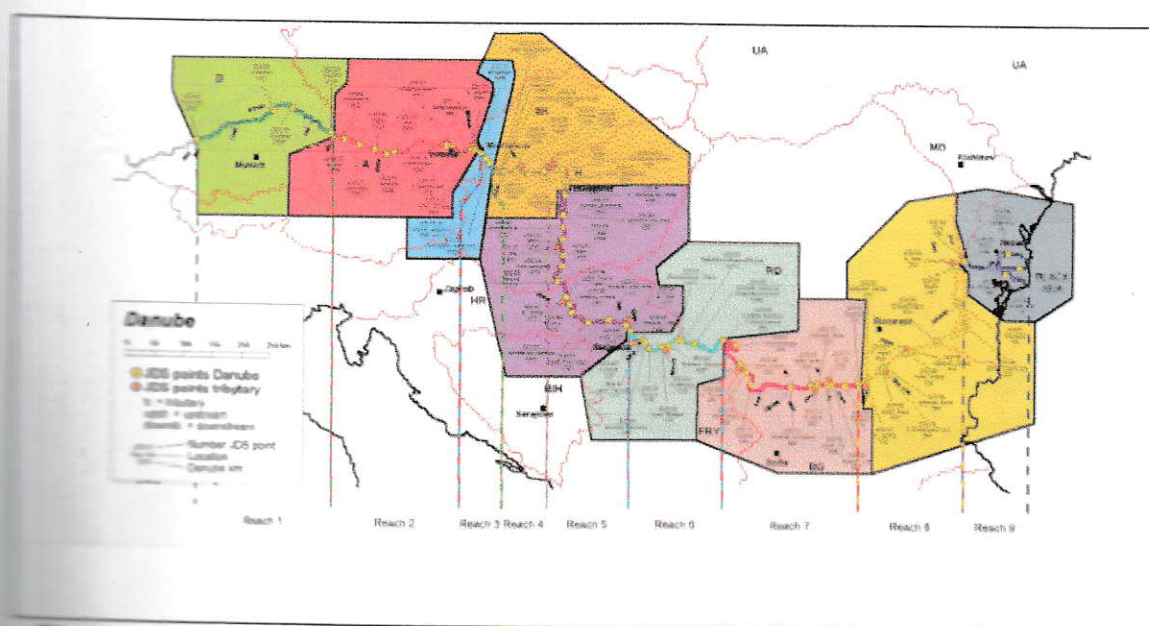


Fig. 1.5.a Structurarea bazinului Dunării de către expediția JDS1 în nouă sectoare geo-morfologice

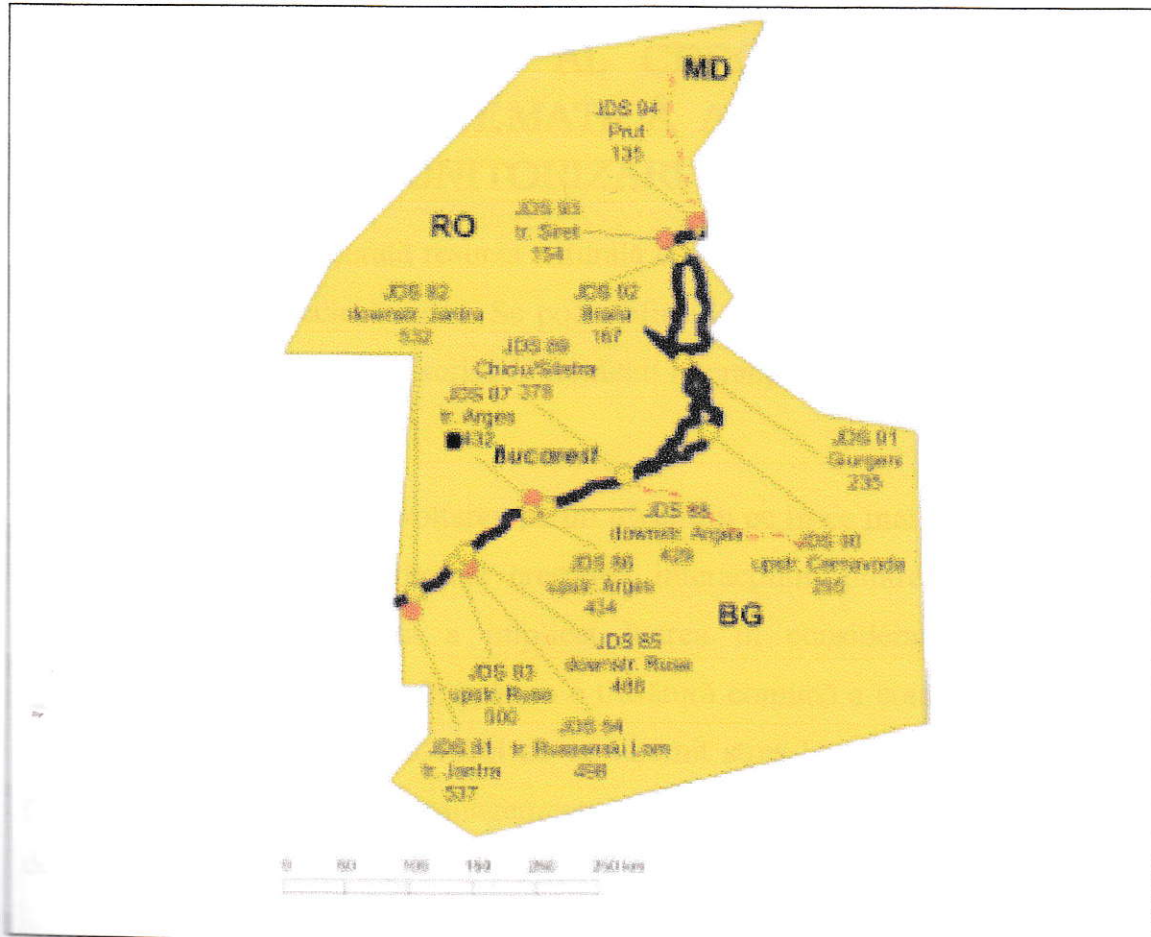


Figura 1.5.b Structurarea bazinului, detaliu pentru sectorul 8

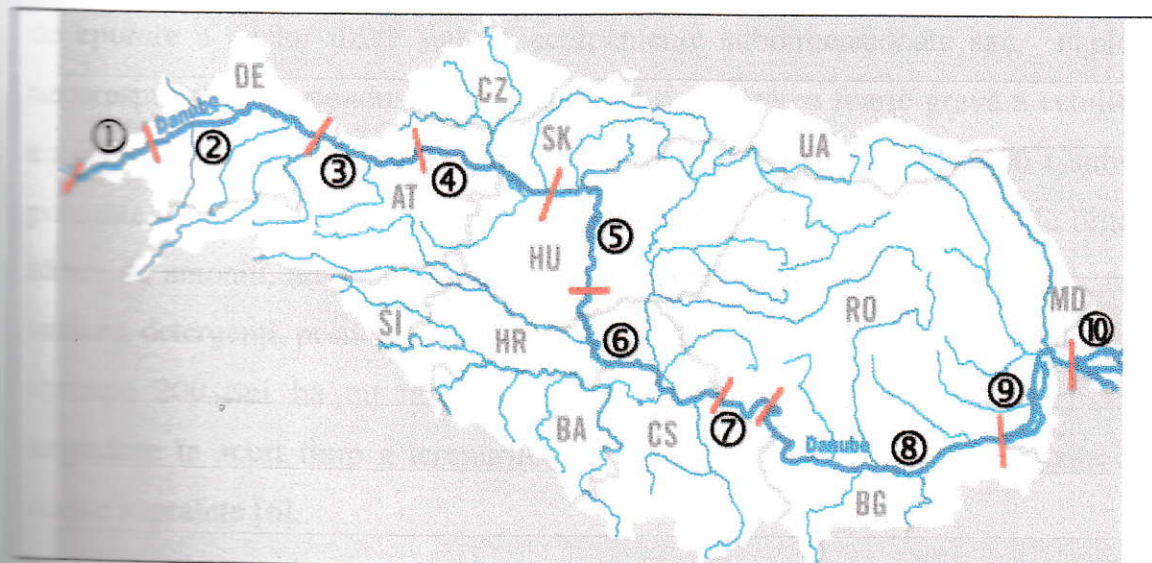


Figura 1.6 Secțiunea tip 9, Eastern Wallachian Danube, km pe Dunăre
375,5 Chiciu/Silistra – 100 Isaccea

1.2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND PRELUCRAREA MATEMATICĂ A BAZELOR DE DATE OBTINUTE DIN MONITORIZĂRI ECOLOGICE

Apa este considerată resursa naturală cea mai importantă pentru dezvoltarea și supraviețuirea speciei umane. Se poate afirma că istoria umanității este centrată pe sursele de apă și poate fi scrisă în termenii interacțiunii și inter-relaționării dintre specia umană și apă [15, 33].

Creșterea populației și dezvoltarea pe un nivel din ce în ce mai înalt al activităților economice și sociale a produs creșterea interacțiunii dintre factorul uman și resursele de apă. Aceasta a implicat luarea în considerare a problematicii managementului resurselor de apă, ca o trăsătură comună a comunităților moderne din întreaga lume. Se poate vorbi de un anumit stres la nivel mondial în ceea ce privește resursele de apă și managementul acestora. Din această cauză în ultimii 25 de ani aceasta a devenit o problemă națională prioritară în multe state ale lumii.

În România, supraconcentrarea industriei în unități gigant, echiparea acestora cu instalații tehnologice vechi, neîntreținute și nereparate la timp, fără echipamente de epurare a apelor uzate sau cu echipamente subdimensionate sau, exploatate necorespunzător au condus în unele zone la deteriorarea foarte gravă a echilibrului ecologic. În cursurile de apă ale țării se evacuează anual 6.875.000 t substanțe poluante, în care predomină: clorurile, materiile în suspensie, substanțele organice, săruri de amoniu, amoniac, azotați, fenoli, metale grele, hidrogen sulfurat, fosfați, cianuri, detergenți, pesticide etc. Apa pentru unele sisteme de irigații pe suprafețe de aproape 200 mii ha nu îndeplinește condițiile de calitate și există riscuri de degradare în scurt timp a terenurilor și compromiterea producției agricole de pe aceste suprafețe [6].

Pe plan național și internațional au fost efectuate cercetări privind zona de vărsare a Dunării [1], managementul resurselor de apă la nivel mondial [2], și implementarea acestor studii în cazul bazinului Dunării [3], monitorizarea, analiza

și interpretarea unor parametri de calitate ai mediului, proiectarea modelelor matematice considerând procesele unitare în cadrul apelor uzate, monografiile și studiile de ecologie și protecția mediului [5, 6, 7, 20].

Pot fi amintite cercetările și materialele teoretice despre resursele de apă, studii hidrotehnice privind amenajările bazinelor hidrografice și impactul acestora asupra stării mediului [19], sau proiectele ce au în vedere reducerea încărcării cu nutrienți, precum „Danube Pollution Reduction Programme”, (Program de reducere a poluării Dunării, 1997-1999), și modelul “Danube Water Quality Model”, cu acronimul DWQM și raportul final din anul 1999 [52].

Ecologia modernă conține trei mari planuri de abordare a problemelor complexe, de mediu: ele poartă numele de regula celor trei **M**, după cum urmează: 1. **Monitoring**, 2. **Modelare** și 3. **Management** [20]. Având în vedere aceasta, literatura de specialitate poate fi structurată în conformitate cu această regulă.

1.2.1. CERCETĂRI PRIVIND MONITORINGUL

Termenul de monitorizare înglobează, de cele mai multe ori, toate aspectele referitoare la colectarea informației despre calitate, și anume:

- ◆ Monitorizare = colectarea informației în anumite puncte stabilite, la intervale de timp stabilite, cu o frecvență obiectivă;
- ◆ Monitorizare = punerea la dispoziție a datelor pentru a reliefa condițiile cerute și eventuale tendințe și creerea unei baze de date flexibile și ușor de interpretat;
- ◆ Monitorizare = evaluarea informației, analiza și realizarea informației conexe legate de trend, tendințe, evoluții posibile în timp, realizarea unor modele matematice de analiză și predicție.

Monitorizarea este definită ca înglobând o colecție de informații prelevate într-un set de locații la intervale regulate și precizate. Aceste date definesc condițiile curente și prin analiza lor se descriu trendul și evoluția în timp a seriilor temporale ce modelează respectivele baze de date. Pentru a completa procesul de monitorizare, evaluare a datelor, raportarea rezultatelor monitorizării, poate fi detaliat un mod de evaluare a acestui proces prin metode proprii statisticii matematice.

În mod tradițional un proces de monitoring al corpurilor de apă de suprafață a fost proiectat pentru a putea încadra respectivele corpuri de ape de suprafață conform unei cerințe (utilizări) imediate și conformă unei scări a nivelului de calitate.

Nevoia monitorizării în concordanță cu nevoile de folosire ale corpurilor de apă a crescut continuu odată cu creșterea presiunii asupra utilizării diferitelor surse de apă în activitățile umane. Activitățile umane desfășurate într-o anumită locație a unui bazin hidrografic pot afecta calitatea apei din intregul bazin astfel impunându-se restricții pentru utilizatorii aferenți aceluiași bazin hidrografic. Nevoia monitorizării imediate, nevoia măririi frecvenței de control a calității corpului de apă se impune mult mai intens în ultimul timp și prin urmare un sistem operativ de monitorizare în cascadă, care să comunice eventualele modificări de calitate constituie o cerință a sistemelor integrate de monitorizare. Folosirea sistemului standard de monitorizare existent, poate dezvolta un nou cadru de monitorizare proiectat atât ca metodologie dar și ca proces pentru a permite o intervenție în cazul situațiilor limită.

În cazul fluviului Dunărea un organism important ce pune la dispoziție date de calitate este „International Commission for Protection of the Danube River”- „Comisia Internațională pentru Protecția Fluviului Dunărea”, (ICPDR), prin TransNational Monitoring Network, (TNMN), un instrument important în care părțile contractante se angajează să coopereze în domeniul acțiunilor de monitorizare și evaluare.

În 1992 a fost proiectat sistemul transnațional de monitorizare (TNMN), pentru fluviul Dunărea iar acesta a fost lansat oficial în 1996 sub coordonarea Comisiei Internaționale pentru Protecția Fluviului Dunărea, (ICPDR). Rețeaua de monitorizare transnațională, (TNMN) a fost creată pentru a sprijini punerea în aplicare a Convenției Fluviului Dunărea privind protecția în domeniul monitorizării și evaluării calității apelor fluviului. În prezent sistemul este constituit din 75 de stații de monitorizare care captează și interpretează date fizico-chimice și biologice de calitate pentru apele Dunării. Pe lângă acest sistem în ultimii 25 de ani o serie de expediții au navigat pe Dunăre în scopul de a culege date de calitate (expediția Echipei Cousteau în 1993, Expediția Burgund Survey 1998 sau Aquaterra Danube

Survey în 2004). Expedițiile care au avut în vedere întregul bazin al Dunării s-au desfășurat în 2001, „Joint Danube Survey 1”, (JDS1) și respectiv „Joint Danube Survey 2”, (JDS2) în 2007. Rezultatele importante declarate de aceste expediții au fost cele legate de gradul înalt al biodiversității florei și faunei în bazinul Dunării, aceasta conținând multe specii rare. Pe planul rezultatelor negative s-a înscris precizarea unor vaste arii ce produc poluarea organică și microbiologică precum și poluarea intensă în anumite segmente cu metale grele, produse petroliere și reziduuri ale transportului naval, pesticide și alte substanțe chimice folosite de industrie și agricultură.

Unul dintre cele mai importante obiective ale ICPDR este operaționalizarea unui sistem transnațional de monitorizare. Pentru a se crea o imagine clară a calității apelor Dunării, expedițiile Dunării „Joint Danube Survey”, (JDS1 respectiv JDS2) au analizat probe de apă, sedimente, plante și pești, viața acvatică în general. Raportul final al acestor două expediții finalizate în 2001 și 2008 a arătat că Dunărea se află încă sub impactul interacțiunii cu zonele acoperite de orașele mari aflate în bazinul său, aglomerările urbane precum și sub influența principalilor afluenți din bazinul Dunării. Expediția a realizat o hartă concretă a poluării bazinului, proiectând bazele viitoarelor acțiuni posibile prin reducerea cantităților de poluanți și în special al poluării cu nutrienți și poluanți organici. Gradul insuficient de epurare al apelor orașenești sau chiar inexistența tratării deversărilor orașenești constituie surse importante ale poluării realizate de marile capitale precum Budapesta, Belgrad sau București, (JDS2 Raport, 2008) [36].

Scopul declarat al expediției JDS2 a fost acela de a scoate în evidență impactul poluării și faptul că orice efort pentru reducerea gradului de poluare cu aceste substanțe nu poate fi neglijat. Pentru cei aproximativ 81 de milioane de locuitori ai bazinului Dunării expediția a avut motto-ul „Watch Your Danube!”, „Privește Dunărea ta!”, acesta fiind un prim pas în a mări gradul de participare al comunităților umane din bazinul Dunării la acțiunea de prevenție al creșterii gradului de poluare al Dunării datorat activităților domestice sau agro-industriale.

Studii în legătură cu calitatea apelor Dunării în regiunea Belgrad au fost realizate de asemenea pentru anul 2002 avându-se în vedere în principal animalele nevertebrate prezente în corpul de apă de suprafață [32]. Studiul a vizat o distanță

pe fluviu de 66 km iar investigațiile calitative și cantitative, analizele saprobiologice s-au realizat pentru 26 de specii prezente în apă. Concluziile trimit către prezența unei poluării organice încadrând corpul de apă în categoria a III-a de calitate, punând alături studiile realizate pentru lunile mai și octombrie și situând indexul saprobic (conform Pantle & Buck, 1955) ca având între $s=2,78$ și $s=3,43$. Aceasta apare ca relevant considerând poziția celor cinci stații de monitorizare de-a lungul fluviului, în jurul orașului Belgrad. Pe de altă parte studiul este relevant ca fiind unul dintre cele făcute la intrarea Dunării pe teritoriul României. S-a observat abundența speciilor (între 15 și 22) conform perioadelor vizate mai-octombrie și corespunzător nivelului temperaturii ridicate sau joase a apelor Dunării. Concluziile au arătat că apele Dunării în zona Belgrad sunt supuse unui flux poluant constant cu o încărcare organică mare. Pe lângă aceasta, în ciuda nivelului de poluare ridicat există o capacitate semnificativă de autopurificare a acestui important corp de apă de suprafață al zonei [32]. Date privind principalii poluanți organici de tip hidroxiaromatici din apele Dunării au fost publicate în 1997 [35]. Datorită poluării Dunării cu compuși fenolici, autorii recomandă ca stațiile de epurare (Chișcani-Brăila, Tiglina-Galați), de pe marile platforme industriale să funcționeze la capacitate ridicată de epurare. Stațiile de epurare au fost evaluate prin indicatorul $\Delta\text{CCO} = \text{CCO}_{\text{Cr}} - \text{CCO}_{\text{Mn}}$. Indicatorul ΔCCO arată, pe de o parte că, observând cu cât valoarea sa este mai mare, cu atât concentrația de fenoli și combinații hidroxiaromatice este mai mare, respectiv, capacitatea de depoluare organică a stației este mai redusă. Valorile cele mai mari ale ΔCCO se regăsesc în perioada rece a anului.

1.2.2. MODELE MATEMATICE ELABORATE ÎN DOMENIUL PROTECȚIEI CALITĂȚII APELOR

Modelele matematice ale evoluției corpurilor de apă au în vedere impactul factorilor de poluare asupra resurselor de apă. Pentru construcția modelului matematic s-au avut în vedere monografiile în acest domeniu care prezintă modelarea matematică a proceselor ecologice [16,76], modelarea și simularea proceselor de epurare în lucrări apărute în țară [8], și străinătate, sub edituri de prestigiu [9],

principii și concepte fundamentale privind ingineria apelor și a apelor uzate corelate cu metode de calcul [10], precum și studii privind procesele unitare pentru tratarea apelor [18].

Studiile de specialitate acoperă o vastă arie a modelelor teoretice de calcul, prin modele matematice ale parametrilor de calitate ai apelor de suprafață dar și ale apelor uzate. Pentru studiul unui anumit segment aceste modele trebuie adaptate condițiilor specifice arealului studiat, ținând cont de particularitățile parametrilor înglobați în modelul matematic, specific zonei de analizat.

Proiectarea modelului matematic a avut în vedere studiile matematice din domeniul statisticii matematice, analizei numerice și folosirea unor platforme de calcul, precum mediul MATLAB [17], și alte soft-uri informatice. Pentru studiul de față s-au considerat noțiunile teoretice vizând seriile de timp [11], analiza numerică [12, 13], precum și alte lucrări în domeniu ce vizează comportarea unor serii de timp și mai ales modelarea seriilor de timp în sensul realizării unor predicții ale acestor serii temporale [30]. Literatura de specialitate prezintă predictibilități ale unor serii de timp dar cu rezultate notabile și cu impact în practică în domenii ale statisticilor economice sau geo-demografice [20], și mai puțin cu rezultate semnificative în cazul predicției unor fenomene de mediu privind calitatea corpurilor de apă ca sisteme ecologice deschise și evoluția acestora pe termen lung.

Una dintre principalele ținte ale modelării fenomenelor de mediu, este aceea de a produce predicții ale comportării sistemului în timp. Problema intervalului temporal maximal care include predicții rămâne totuși o problemă deschisă.

Perioada inundațiilor din România, în octombrie 2007, a pus în discuție nivelul unei predicții al nivelului apelor folosind datele implementate în sistemul european de alertă, (European Flood Alert System). Astfel, indicații utile au fost transmise cu trei săptămâni înaintea evenimentului pe baza analizei datelor medii pe 15 zile care au dat informații de alertare cu 9 – 11 zile în avans [28]. Pentru studiile de ecohidrologie se acceptă faptul că sunt necesare date continue, interdisciplinare, pe perioade mai mari de 20 de ani. Acestea pot identifica atât un trend cât și evenimente extreme, iar cercetarea unor serii de timp adecvate devine crucială în

acest caz. Mai mult, înțelegerea unor fenomene rare hidroecologice solicită analiza unor baze de date mai mari de 100 de ani, iar analiza trebuie încadrată în sistemul cauză – efect [53].

Ecosistemul apei nu mai poate fi privit astăzi fără a îngloba modelele matematice ale tuturor sistemelor și subsistemelor specifice corpurilor de apă. Astfel, studii publicate recent prezintă proiectarea și optimizarea unor sisteme urbane de administrare a resurselor de apă [21], modelele matematice ce prelucrează evoluția unor sisteme descentralizate de epurare a apelor uzate în zonele periferice ale orașelor mari, ce au la bază algoritmi genetici de planificare [22], sau modele holistice ale managementului resurselor de apă dintr-un bazin hidrografic [23]. Sunt analizate influențele zonelor verzi din aglomerările urbane ce pot reține anumiți contaminanți [29], și sunt realizate modele matematice de analiză ale acestui aspect. S-au realizat de asemenea studii regionale despre resursele de apă și managementul acestora, puse în acord cu schimbările climatice [24], studii ce au reliefat legătura semnificativă dintre dinamica sedimentelor și mobilitatea poluanților pentru fluviul Dunărea, arătându-se consecința fenomenelor de despădurire necontrolată, a eroziunii, a drenajului artificial, canalizărilor, barajelor sau îndiguirilor excesive ale zonelor umede [78]. În același timp s-au realizat studii asupra bazinelor hidrografice a unui râu influențate de apele uzate considerate ca subsisteme distincte, sistemul resurselor de apă, sistemul de drenaj urban și respectiv sistemul apelor pluviale alături de cursul de apă principal care preia apele uzate urbane [25], sau posibilitatea folosirii unor zone de filtrare naturale [26]. Pentru studiul interacțiunii complexe dintre corpurile de apă și mediul economic se folosesc modele integrate hidro-economice într-o abordare holistică, posibil de modelat pentru obținerea unei stări de echilibru a sistemului [27]. Modelele hidrologice sunt strâns legate de poziționarea ca unitate geografică, nu întotdeauna în conformitate cu limitele administrative, intervenind aspectul comportării transfrontaliere a administrării eficiente a bazinelor hidrografice. Astfel noțiunile de model hidro-economic, model hidro-geografic și chiar model geo-politico-social sunt din ce în ce mai mult înglobate în managementul resurselor de apă.

Literatura în domeniu prezintă numeroase abordări ale problematicii legate de modelarea matematică a unor fenomene, urmând domeniul general al realizării modelării matematice [31], utilizând ecuații diferențiale sau ecuații cu derivate parțiale. Optimizarea calculului în scopul găsirii celor mai bune soluții, simularea și găsirea unor relații funcționale ce reflectă corelațiile dintre variabilele de stare a unui proces, propun algoritmi de modelare care să minimalizeze erorile. Ramura modelelor matematice care analizează aspecte ale modelării fenomenelor de mediu și mai cu seamă a calității apelor reflectă și urmărește din punct de vedere al metodologiei abordate aceeași structură, și anume, folosirea modelelor construite pe baza ecuațiilor diferențiale ce explică evoluții ale parametrilor, modele bazate pe analiza numerică și evoluția seriilor temporale sau modele bazate pe teoria probabilităților. Caracteristica metodelor numerice este considerarea metodei diferențelor finite pentru a aproxima datele în mediul bidimensional și importanța aplicării algoritmilor de analiză a datelor pentru considerarea influenței factorilor climatici în aceste analize [81]. Noile abordări ale analizei și modelării parametrilor de calitate, influența temperaturii asupra oxigenului dizolvat și intervenția prin controlul debitelor poate produce rezultate semnificative pentru cursurile de apă ce permit o astfel de acțiune [77]. Pe baza teoriei rețelelor neurale s-au explicat 90% din aspectele legate de încărcarea aparentă bacteriană a apelor fluviului Dunărea în zona orașelor Budapesta și Belgrad. Studiile au arătat că în această zonă concentrația aparentă bacteriană a fost semnificativ mai mică în această regiune decât în alte sectoare. Aceasta a demonstrat influența aglomerărilor urbane și strânsa legătură dintre concentrația de nutrienți și fitoplankton [82]. Un model pentru calitatea unui corp de apă este un model abstract ce utilizează aparatul matematic pentru a descrie comportarea sistemului acvatic în complexitatea sa și a nivelului de calitate a corpului de apă exprimat prin parametrii de calitate ai corpului de apă. Monitorizarea poate fi considerată un supliment al modelului dar, monitorizarea poate produce modele de analiză, stând la baza construcției algoritmice a analizei bazei de date realizate în urma monitorizării [83]. Această abordare de tip “monitorizare-bază de date-algoritm-model-analiză-decizie-

management” poate constitui structura ce stă la baza construirii modelelor matematice în ecologie.

1.2.3. STUDII DE MANAGEMENT

Importanța considerării managementului de mediu împreună cu noțiunea de dezvoltare sustenabilă a mediului înconjurător este astăzi considerată ca o direcție de bază în cadrul acțiunilor de conservare, menținere și folosire rațională a mediului [79]. Directiva cadru a Uniunii Europene, (WFD), intrată în vigoare pe 22 Decembrie 2000 impune statelor Europene necesitatea unei abordări globale a sistemelor de management integrat al apelor urbane. Directiva arată că *“Apa nu este un produs comercial ca oricare altul, ci o moștenire care trebuie păstrată, protejată și tratată ca atare”*, aceasta reprezentând o nouă strategie și o politică în domeniul gospodării apelor la nivel European. Prima Directivă Europeană ce asigură dezvoltarea durabilă, armonizarea dezvoltării sistemului socio-economic cu capacitatea de suport a mediului acvatic, impune dezvoltarea de metodologii de administrare a cursurilor de apă importante și respectiv al sistemului de drenaj urban. Interacțiunile dintre cele două sisteme complexe impune stabilirea presiunilor și impactului produs de sistemele de drenaj urban asupra cursurilor de apă. Utilizarea eficientă a surselor de apă atât din mediul natural cât și din mediul artificial urmărește și va urmări, protejarea surselor de apă și a bazinelor hidrografice. Managementul realizat de țările Europene s-a extins prin acțiuni de bună practică și a cuprins astăzi toate țările bazinului Dunării, definind acțiunea de protecție a corpurilor de apă ca fiind una transfrontalieră [80].

În raportul de mediu din cadrul „Planului național de management aferent porțiunii naționale a bazinului internațional al fluviului Dunărea” al Ministerului Mediului și Pădurilor – Direcția generală managementul apelor, (PNMBD) [14], se definește obiectivul central al obținerii unei „stări bune” din punct de vedere ecologic și chimic, cât și excepții pentru corpurile de apă puternic modificate, cu obiectivul de a ajunge la definitul „potențial ecologic bun” și „starea bună” pentru corpurile de

apă. Obiectivul vizează ca termen anul 2015 sau aplicarea excepțiilor până în anul 2021 sau 2027.

Centrele de cercetare propun ca modele pentru managementul corpurilor de apă proiecte care includ integrarea rețelelor de teledetecție, administrarea bazelor de date și facilitarea schimbului de date, metode de calcul integrate în sisteme informatice performante. Au fost astfel înregistrate progrese în sistemul de teledetecție pentru clorofila A, a solidelor în suspensie dar sunt încă necesare mai multe eforturi în acest sens pentru urmărirea mai multor parametri în timp real. Sunt necesare crearea legăturilor dintre modelele integrate ce vizează calitate resurselor de apă cu cele legate de nevoile de consum. Tratarea apelor uzate afectează deciziile în cazul acestor modele. Depozitarea în acvifer și recuperarea în orice parte a ciclului apei a resurselor de apă trebuie privit cu mult mai mult interes, atât interdependent cât și global. O mai bună cunoaștere a circuitului masei organice sau a moleculelor precursor ar putea preciza cu o mai bună exactitate posibilitatea dezinfecției sau tratării în cazuri limită de poluare.

Printre obiectivele declarate în (PNMBD) se înscriu protecția, conservarea și restaurarea zonelor umede, luncilor inundabile, pentru a asigura biodiversitatea, protecția la inundații și reducerea poluării până în anul 2015.

O atenție deosebită este acordată sectorului Dunării între „Porțile de Fier II” și Brăila și deci un studiu care să vizeze arealul Dunării de Jos în care se încadrează arealul considerat în această lucrare poate aduce noi informații utile în acest sens, zona considerată având în vedere și amenajări hidrografice ulterioare, cum ar fi, construcții hidroelectrice în zona Călărași-Silistra.

Evidențierea efectelor reziduale și evaluarea acestora ca factori de presiune antropici semnificativi prin analiza parametrilor de calitate folosind aparatul modelării matematice pun în lumină rolul de diagnostic al acestui studiu ceea ce este declarat ca dificil sau cu un oarecare caracter orientativ și mai puțin diagnostic în cazul (PNMBD), doar pe baza datelor puse la dispoziție de Agenția Națională Apele Române, (ANAR). Analiza unor date de calitate și proiectarea unui nou model matematic de analiză a datelor se supune astfel unor deziderate cum ar fi

indisponibilitatea unor date/prognoze sau estimarea tendințelor doar pe baza unui set restrâns de indicatori considerați a avea cea mai mare relevanță.

În cazul evaluării factorilor de mediu, (PNMBD) descrie anumite limitări în acest sens, mai ales în cazul dinamicii prognozate și anume, pentru sursele de poluare punctiformă dinamica prognozată se bazează doar pe nivelul indicelui CCO_{Cr} , fiind necesară utilizarea și a altor indicatori ce pot descrie tendințele sistemului. Valorile estimate pentru poluarea difuză nu se bazează pe prognoze ci reprezintă doar aproximări ale eficienței măsurătorilor. Estimarea ponderii restituțiilor semnificative pentru anul 2015 s-a realizat pe baza țintelor privind dotarea cu sisteme de canalizare/ stații de epurare pentru aglomerările mari urbane, fără cunoașterea debitelor evacuate și debitelor din corpurile de apă de suprafață.

Modelarea matematică ale unor aspecte ce descriu calitatea corpului de apă de suprafață cel mai important din arealul studiat, fluviul Dunărea, acoperă un domeniu al grupei oxigenului ca parametri de calitate, a dinamicii acestei grupe, realizează estimări pe baza analizei unei plaje de date mai mare a intervalului de timp, evaluează impactul aglomerărilor urbane din arealul studiat și propune evoluții, prognoze și predicții pentru parametri de calitate studiați. În același timp, prezentarea arealului Dunării de Jos ca subsistem al bazinului hidrografic al Dunării, care conține aglomerări urbane cu sau fără stații de epurare sau stații de epurare uzate, cu o oarecare îmbătrânire a sistemului de drenaj și evacuare a apelor urbane prin sistemul de canalizare, ca zonă de impact cu vulnerabilitate la nitrați datorată unor surse de poluare agricole suprapuse sau care includ o serie de arii declarate protejate, înglobând zone cu resurse de apă poluate de industrie sau zone cu alterări hidromorfologice, duce la analiza unui model al unui subsistem complex ca bază pentru dezvoltarea studiilor ulterioare pe platforma metodologică propusă.

Modelarea matematică este metoda cea mai folosită pentru descrierea unor fenomene dinamice proprii sistemelor ecologice. Dezvoltarea unor sisteme de calcul performante la sfârșitul secolului XX a permis dezvoltarea pe o scară tot mai înaltă a unor modele matematice susținute de programe specializate, realizându-se simulări, prognoze, modele matematice virtuale. Managementul structurilor de mediu nu mai poate fi unul performant astăzi fără aportul unor algoritmi de analiză

implementați pe platforme informatice. Aceasta justifică abordarea în sens algoritmic a studiilor de inginerie a mediului.

1.3. CONCLUZII ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII

Analiza bazelor de date existente și înregistrate de către agențiile de mediu precum și ceilalți factori ce au ca scop principal al activității monitorizarea corpurilor de apă, am observat că există multe perioade în care valorile unor parametri de calitate se află sub limitele minime admisibile iar în aceste perioade frecvența prelevării probelor nu se intensifică.

Din această cauză am propus și realizat un studiu asupra unui complex de algoritmi care să realizeze o uniformizare a acestor baze de date, uniform distribuită în timp, care să redea mult mai fidel evoluțiile parametrilor de calitate ai corpurilor de apă. O astfel de bază de date va rescrie istoricul evoluției parametrilor de calitate.

Rezultatele obținute au fost aplicate și au confirmat faptul că sistemul algoritmic proiectat poate aduce informații suplimentare despre posibile segmente temporale cu valori în afara limitelor admisibile.

Predictibilitatea unor evoluții este un alt aspect urmărit prin aplicarea modelului de analiză a datelor. Complexul de algoritmi realizat pentru a reorganiza și analiza baza de date existentă realizează o imagine a evoluției parametrilor de calitate în timp și poate avea ca rezultat un mai bun management al corpurilor de apă prin identificarea unor perioade temporale aflate sub presiunea unor factori de risc poluant precum și micșorarea unor costuri legate de colectarea, analiza și interpretarea datelor.

Preocupările pentru realizarea unor modele matematice pentru evaluarea calității corpurilor de apă datează de aproximativ 70 de ani, începând cu modelul realizat de Harold Streeter și Earle Phelps pentru oxigenul dizolvat în râul Ohio. Modelele matematice pentru managementul calității corpurilor de apă realizate din acea perioadă au ajutat la înțelegerea mai bună a proceselor și interacțiunilor ce pot afecta nivelul de calitate al unui corp de apă, analizând ipoteze și cauze ce afectează relația dintre poluare și mediul acvatic. Aceasta a dus la realizarea unor scenarii de

acțiune și decizie în cazul poluărilor accidentale dar mai puțin la analiza unor evoluții pe termen lung realizate pentru un subsegment al unui corp de apă principal. Factorii poluanți ce afectează în timp și constant un anumit ecosistem acvatic sunt specifici unui anumit areal și prin urmare modelele de analiză trebuie să urmărească și particularitățile sistemului studiat. Din această cauză și având în vedere că oricât de ample au fost cercetările în cazul fluviului Dunărea totuși, segmentul Dunării de Jos este mai puțin reprezentat în studiile de specialitate, prezentul studiu are rolul de a aduce informații noi din acest punct de vedere.

Observațiile pe termen lung, cunoașterea evoluției unui sistem ecologic, pe baza unei biblioteci de date asupra parametrilor de calitate, este mai mult decât necesară în cazul modelării matematice a sistemului ecologic studiat.

Investigațiile asupra nivelului de calitate al apelor Dunării a fost efectuat pentru (OD) și alți parametri în cazul JDS1 (anul 2001) și au fost prezentate în raportul final al expediției și în forma grafică prezentată în figura 1.7.

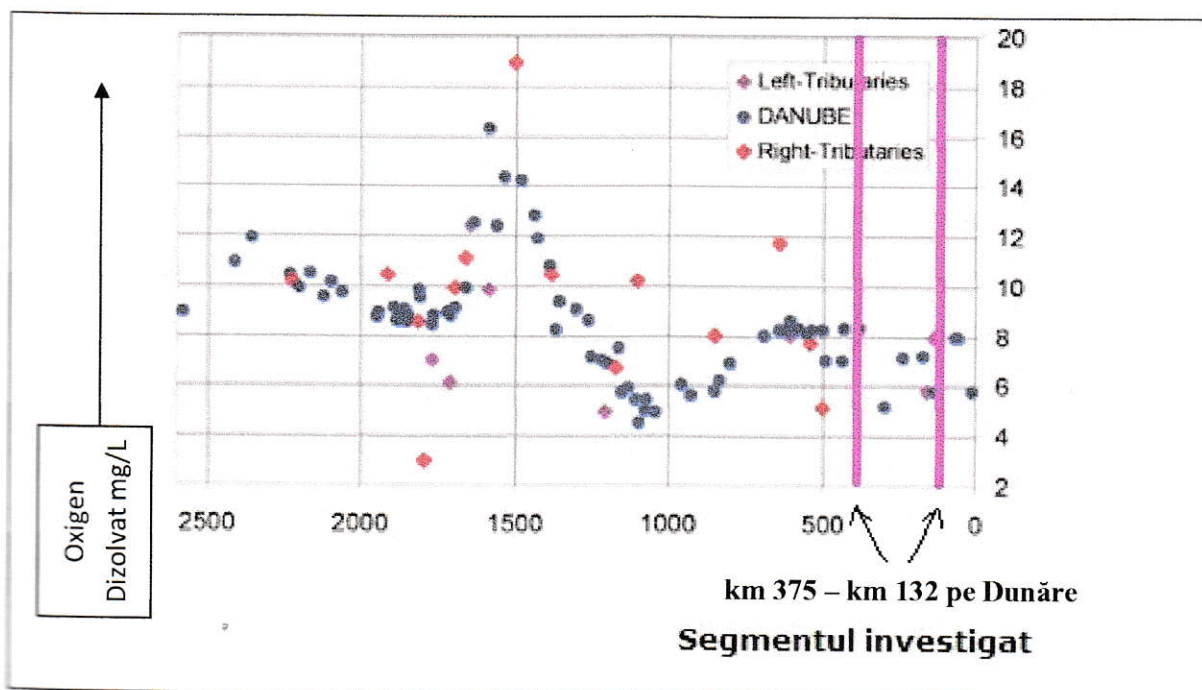


Figura 1.7 Datele analizate și apărute în raportul JDS pentru oxigen dizolvat în care se observă intensitatea probelor pe segmentul studiat

Se poate observa nivelul de calitate înregistrat și trendul descrescător pentru (OD) pe cursul Dunării și mai ales în sectorul studiat în teză. În raport nu s-au analizat cauzele ce sunt specifice zonei ariei de studiu al tezei și care produc o descreștere pe acest segment al Dunării inferioare decât prezentând cauze ale factorilor din amonte de km 500, incluzând aici și zona centralei Kozlodui. Același trend descrescător a fost înregistrat și pentru nivelul pH-ului, acesta urmărind trendul descrescător al (OD).

Aceste concluzii pot întări faptul că prezentul studiu are ca obiectiv investigarea unui segment al Dunării de Jos mai puțin reflectat ca evoluție în cercetările în domeniu și noua modalitate de abordare a subiectului printr-un procedeu nou de analiză a datelor poate repune segmentul analizat pe poziția unuia dintre cele mai importante înainte de intrarea fluviului în Delta Dunării, unul din cele mai importante ecosisteme protejate ale Europei.

Pentru stabilirea orientărilor fundamentale privind dezvoltarea durabilă, unitară, echilibrată și complexă a resurselor de apă și a ecosistemelor acvatice, legislația actuală propune elaborarea unor scheme directe pe bazine sau grupe de bazine hidrografice. Aceste scheme se reactualizează la fiecare 6 ani și au în vedere caracteristicile bazinelor hidrografice.

Aplicarea complexului de algoritmi pentru uniformizarea, prelucrarea și analiza datelor realizat în prezenta cercetare, poate constitui un real suport pentru reconsiderarea bazei de date și a evoluțiilor ulterioare, a periodicităților identificate cu privire la evoluția unor parametri de calitate în timp și a perioadelor temporale supuse unei mai mari presiuni a factorilor poluanți.

Pentru a propune măsuri ce pot micșora presiunea acestor factori poluanți este de un real interes stabilirea perioadelor de risc sau a perioadelor identificate ca având un trend consecvent crescător al factorului poluant.

Studiul de față, rezultatele și concluziile aplicării modelului matematic realizat descriu aceste aspecte și pot fi folosite ca suport în proiectarea schemei directe privind bazinul Dunării de Jos, precum și aplicarea rezultatelor și concluziilor pentru studii ulterioare de mediu, pentru reactualizarea sau refacerea master-planurilor privitoare la corpurile de apă de suprafață, pentru fundamentarea teoretico-practică a structurilor de baze de date privitoare la mediu.

CAPITOLUL 2- MEDIUL DE CUPRINDERE AL BAZELOR DE DATE, CERCETĂRI ANALITICE ȘI NUMERICE

Scopul acestui capitol este de a realiza cercetări analitice și numerice asupra bazelor de date obținute în urma unui proces de monitorizare al evoluției parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață și al apelor uzate. Bazele de date urmărite acoperă perioada anilor 1992-2006 pentru fluviul Dunărea în stațiile de monitorizare din arealul studiat, date de calitate realizate pentru râul Suceava, precum și date simulate cu ajutorul unor soft-uri specializate.

În vederea realizării unui complex de algoritmi pentru analiza și prelucrarea unor astfel de date a fost investigat modul în care analizele chimice proprii unor stații de monitorizare reflectează starea de moment a nivelului de calitate al corpurilor de apă, precum și modul în care se realizează arhivele bazelor de date și folosirea lor pentru analize pe termen lung a evoluției nivelului de calitate a corpurilor de apă.

Pentru realizarea modelului matematic s-au introdus și definit o serie de noțiuni noi legate de seriile temporale precum ar fi: seria temporală a unui parametru de calitate, spațiul observabil al seriilor de timp specifice unor parametri de calitate, funcția de stare a unui parametru de calitate. În același timp s-au investigat modalități de a descrie matematic funcțiile de stare a unui parametru de calitate prin intermediul funcțiilor continue și derivabile construind categoria funcțiilor de stare specifice parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață și definind analitic aceste funcții într-un subspațiu al funcțiilor continue și derivabile.

Noțiunile noi au fost definite de către autor iar observațiile asupra noțiunilor abstracte introduse suprapun rezultatele și investigațiile din punct de vedere matematic peste evoluțiile unor fenomene concrete ale evoluției parametrilor de calitate ale unor corpuri de apă investigate anterior.

Toate investigațiile analitice și numerice realizate în acest capitol au rolul de a fundamenta ipotezele ce stau la baza construcției complexului de algoritmi pentru uniformizarea analiza și prelucrarea datelor de calitate și de a aduce modelul real în cadrul rezultatelor prezentate sub forma unor propoziții pe parcursul capitolului.

2.1. BAZA DE DATE, SERII DE TIMP, SPAȚIUL PARAMETRILOR DE CALITATE

2.1.1. BAZA DE DATE, FUNCȚIA DE STARE A UNUI PARAMETRU DE CALITATE C

Având în vedere arealul studiat, s-au folosit date de calitate prelevate în timp în stațiile de monitorizare de pe Dunăre, notate generic în teză S1, S2, S3 și S4, (tabel 2.1), reprezentate în hărțile procesate în sistemul Google Maps în figura 2.1 și respectiv în figura 2.2.

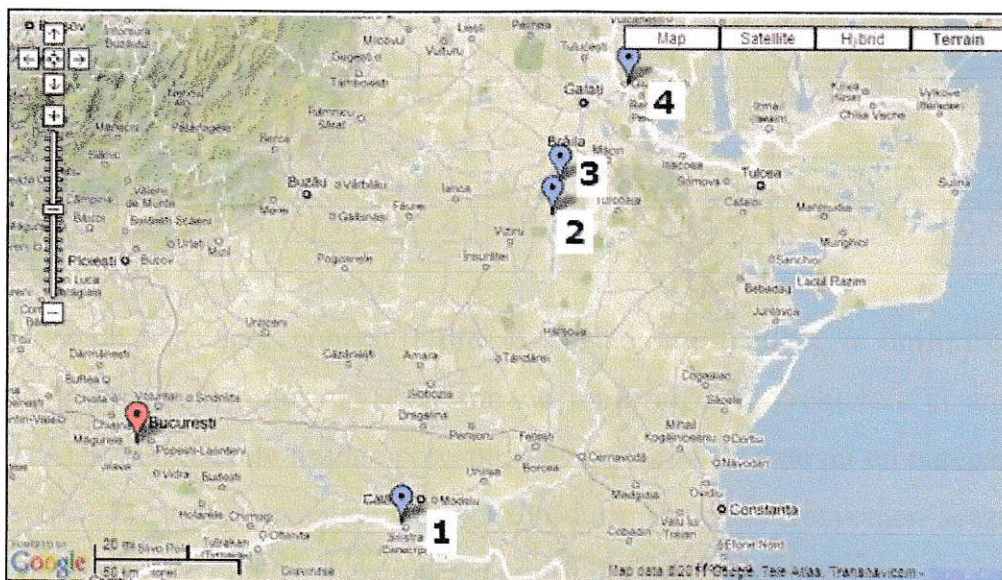


Figura 2.1 Stațiile de monitorizare ale TNMN și respectiv ANM

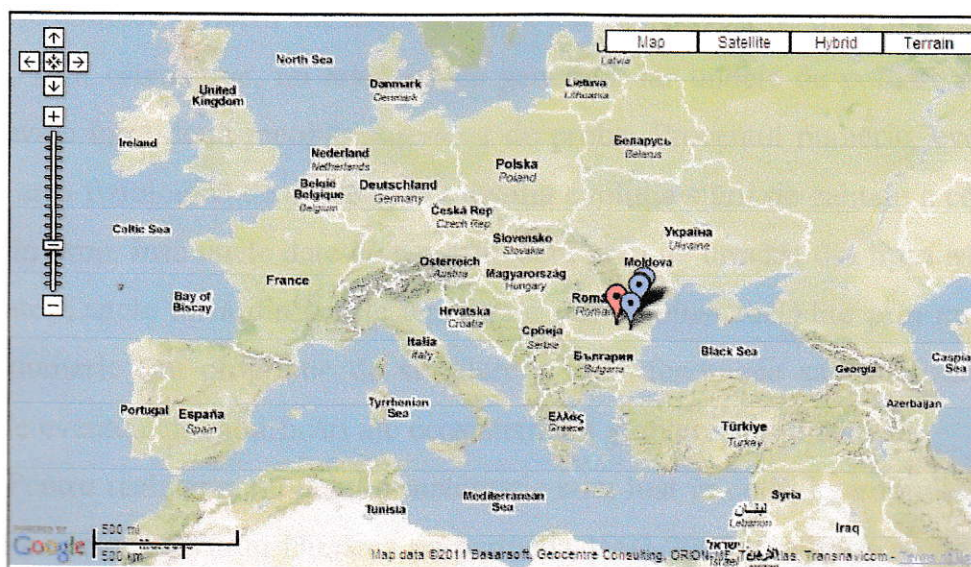


Figura 2.2 Poziția stațiilor de monitorizare în bazinul Dunării

complexul de algoritmi de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor și notat generic sub forma (AUPAD).

Pentru fundamentarea modelului de analiză se definesc în ordine funcțiile de stare a parametrilor de calitate, folosind noțiunea de serie temporală și încadrarea acestora în spațiul de analiză observabil al parametrilor de calitate. Funcțiile de stare vor modela comportarea unor parametri de calitate din grupa oxigenului însă, construcția modelului se dorește a fi una aplicabilă tuturor datelor de calitate, conducând la realizarea unui model flexibil și general aplicabil metodologic pentru studiul parametrilor de calitate și evoluția acestora în timp. Prin urmare se vor defini și exemplifica diferite funcții de stare, comportarea acestora în spațiul observabil și respectiv spațiul previziunilor imediate. În același timp s-au stabilit conexiunile dintre reprezentarea parametrilor de calitate prin serii temporale, modelarea cu ajutorul unor polinoame de interpolare și posibilitatea ca acest șir al polinoamelor să fie convergent către funcția de stare. Prin analiza unei baze de date bogate și conținând suficiente date reale, s-au realizat conexiuni între evoluția parametrilor și s-a identificat nivelul de impact al surselor poluante din segmentul studiat caracterizând zona fluviului prin capacitatea de drenare a anumitor surse de poluare specifice arealului studiat.

Parametrii de calitate studiați fac parte din grupa oxigenului dizolvat și s-au corelat cu date despre temperatură, (T), debitul, (Q), mișcare atmosferică, nivel de nebulozitate sau precipitații.

Șirul observațiilor asupra unui anumit parametru de calitate formează o serie de timp.

În cadrul studiului s-au enunțat și utilizat o serie de definiții, leme și propoziții ce fac parte dintr-un model teoretic realizat de autor, pentru a construi modelul matematic de analiză (AUPAD).

Definiția 1. Prin **serie de timp** înțelegem șirul (în general finit) al observațiilor asupra valorilor X_i luate la momentul t_i pentru o variabilă aleatoare X .

Seriile de timp sunt șiruri finite de numere reale ce reprezintă rezultatul observațiilor asupra fenomenelor din domenii variate.

Propoziție 1. Orice parametru de calitate posedă o serie de timp, specifică valorilor parametrului de calitate pentru care s-au înregistrat date în urma realizării unui proces de monitorizare.

Definiția 2. Șirul valorilor înregistrate în timp pentru un anumit parametru de calitate o numim seria de timp a parametrului de calitate sau **seria temporală a parametrului de calitate** C . Aceasta o vom nota în continuare cu \widetilde{X}_C .

Pentru datele specifice statisticilor de mediu, în cazul particular al observațiilor făcute asupra parametrilor de calitate al corpurilor de apă de suprafață, valorile X_i , sunt definite și prin unitatea de măsură specifică fiecărei date, spre exemplu miligrame la litru (mg/L) sau părți per million (ppm) pentru concentrații sau metri cubi pe secundă (m^3/s) pentru debitul curgerilor de apă (Q).

Pentru a construi **spațiul seriilor de timp** specific parametrilor de calitate ai corpului de apă este necesară introducerea unui **factor de comparație** (pentru moment notat cu α), pentru a aduce în **domeniul vizibil al spațiului de analiză** a seriilor de timp observațiile caracteristice a mai multor parametri de calitate, pentru a putea efectua comparații asupra evoluției în timp a acestora și a găsi corelații între evoluția acestor parametri. Conform acestor cerințe se introduc în continuare următoarele concepte.

Definiția 3. Pentru un interval de timp $[0, T]$, vom numi **funcția de stare a parametrului de calitate** C , o funcție $X_C: [0, T] \rightarrow \mathbb{R}$, care va avea următoarele proprietăți:

- Restricția funcției X_C pe mulțimea $\{t_0, t_1, \dots, t_k\} \subset [0, T]$ va fi **seria temporală a parametrului de calitate** C .
- Funcția X_C este continuă și mărginită pe intervalul $[0, T]$.

Observația 1. Stabilirea momentului „0” al intervalului observațiilor $[0, T]$, poate fi cel mai îndepărtat moment în timp pentru care există date statistice observabile, (anul 1992 de exemplu).

Observația 2. Seriile temporale ale unui parametru de calitate sunt în general funcții de tip șir de numere reale ce corespund rezultatelor observațiilor asupra unui fenomen la diferite momente t_0, t_1, t_2, \dots deci șiruri de numere reale de tipul $\{X_C(t_i)\}_{i=1,n} \subseteq \mathbb{R}$. Valorile $X_C(t_i)$ corespund momentelor în care o anumită probă pentru un parametru de calitate a fost înregistrată, (zilnic, lunar, bilunar, etc.). Definiția 3 extinde seria temporală caracterizată prin valori discrete către o funcție definită pe un interval compact $[0, T]$, și prin urmare produce următoarea ipoteză de lucru.

Ipoteză de lucru: pentru toți parametrii de calitate ai corpurilor de apă, evoluția în timp a unui anumit parametru se comportă în realitate ca o funcție continuă și derivabilă pe tot intervalul $[0, T]$, urmând ca această funcție să fie cunoscută inițial doar prin valorile discrete corespunzătoare valorilor înregistrate în probele prelevate lunar, bilunar sau anual. Considerând funcția de stare a unui parametru de calitate continuă și derivabilă, aceasta va implica mărginirea funcțiilor considerate.

Studiind comportarea în timp a parametrilor de calitate pentru diverse corpuri de apă, am enunțat ipoteza conform căreia comportarea acestor parametrii în timp se poate modela cu funcții continue și derivabile. Această ipoteză a permis reclădirea unor date lipsă, acceptând că evoluția în timp a parametrilor de stare nu înregistrează în graficul evoluției lor puncte critice de tip puncte unghiulare sau puncte de întoarcere. Comportarea evoluției parametrilor de calitate în jurul unor valori unde s-au înregistrat valori minime sau maxime se realizează pentru corpurile de apă de tipul celor cu debite semnificativ mari conform funcțiilor strict convexe sau concave în jurul punctului de extrem respectiv sau cu puncte de inflexiune între punctele în care derivata întâi a funcției de stare este zero.

A doua ipoteză de lucru ce decurge din prima ipoteză emisă este aceea că pe subintervale temporale evoluția parametrilor de calitate poate fi modelată cu ajutorul unor funcții polinomiale. Aceste două ipoteze fundamentale au stat la baza construcției și aplicării modelului (AUPAD).

Observația 3. Funcție $X_C:[0,T] \rightarrow \mathbb{R}$, care asociază valoarea $X_C(t) \in \mathbb{R}$, $\forall t \in [0,T]$, unui parametru de calitate C restricționată pe o mulțime discretă $\{t_1, t_2, \dots, t_k\}$, în care $|t_{i+1}-t_i|=\text{constant}$, $\forall i \in \mathbb{N}$, o vom nota în continuare cu \widetilde{X}_C . În practică această funcție corespunde cu seria temporală a parametrului de calitate, doar în cazul în care probele de calitate au fost efectuate la intervale egale de timp. Aceasta este rar posibil însă valorile considerate în bazele de date analizate, vor fi folosite ca suport pentru a putea construi plecând de la acestea, funcțiile de tip \widetilde{X}_C .

Spre exemplu, pentru parametrul de calitate oxigen dizolvat (OD), funcția $\widetilde{X}_C:\{1,2,3,\dots,12\} \rightarrow \mathbb{R}$ poate fi prezentată prin valorile acesteia înregistrate într-o stație de monitorizare pe parcursul unui an, tabelar după cum este prezentat în tabelul 2.3, considerând o probă pentru fiecare lună a anului.

Tabel 2.3 Seria temporală \widetilde{X}_C corespunzătoare stației de monitorizare S1, pentru anul 1996, conform sistemului TransNational Monitoring Network, (TNMN) pentru (OD)

(OD) L0280	mg/l											$C \equiv$ (OD)
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
t_i	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	t_{12}
$\widetilde{X}_C(t_i)$	7.9	8.04	8.25	7.5	6.39	5.7	7.42	5.9	7.48	8.4	8.87	9

Tabelul 2.3 prezintă concentrația de oxigen dizolvat (OD), în mg/L înregistrat în stația de monitorizare S1, cu indicativul (TNMN) L0280, pe malul stâng al Dunării în anul 1996 conform datelor bazei de date a „International Comision for Protection of the Danube River”, ICPDR.org. Intervalele $[t_i, t_{i+1}]$ nu prezintă în realitate aceeași normă, $|t_{i+1}-t_i|$, aceasta depinde de distanța în timp a prelevării probelor de calitate însă, pentru analiza seriilor de timp vom putea folosi ca domeniu de definiție mulțimi de forma $\{1,2,3,\dots,12\}$, fără a influența în mod vizibil comportarea funcțiilor \widetilde{X}_C . Astfel de date aparțin perioadei 1992-2006, cu diferite frecvențe de înregistrare a datelor lunar sau anual, și pentru un număr substanțial de parametrii. Tot acest tablou de date va fi folosit în investigațiile următoare.

Un al doilea exemplu reprezentativ pentru analiza de față este cel al datelor realizate cu programul QUAL2K în cazul modelului „Stream Water Quality Model” pentru corpul de apă „Boulder Creek” pe data de 09.21.1987 dar în care frecvența datelor înregistrează un interval orar de 4 ore pentru oxigen dizolvat, datele fiind prezentate în tabelul 2.4.

Tabel 2.4 Serie temporală \widetilde{X}_C pentru probe la interval de 4 ore pentru (OD)

(OD)	mg/l					C≡(OD)	
t_i (timp orar)	06	10	14	18	22	02	06
$\widetilde{X}_C(t_i)$	5.80	11.30	12.00	6.30	4.40	3.80	5.70

În același context pentru temperatura (T) a apei râului respectiv, datele sunt prezentate în tabelul 2.5.

Tabel 2.5 Serie temporală \widetilde{X}_C pentru probe la interval de 4 ore pentru (T)

(T)	$^{\circ}\text{C}$					C≡(T)	
t_i	06	10	14	18	22	02	06
$\widetilde{X}_C(t_i)$	12.60	12.40	20.80	21.00	16.90	14.00	12.6

Exemplele de mai sus sunt importante și prin modul de discretizare a intervalului de timp și anume lunar (1/12) sau pe perioada a 24 de ore, (24/4+1probe), considerând că în ultimele două exemple evoluția parametrilor este urmărită cu o frecvență mult mai bună, aceasta neascunzând evoluții de moment în afara valorilor admise.

În cazul prelevării probelor la intervale mari de timp, o anumită stare de moment, precum evoluția concentrațiilor peste limite admise, poate fi ascunsă observatorului și astfel eventuale măsuri care să contracareze fenomenele de risc pot fi întârziate sau chiar imposibil de controlat. Desigur că, problema de a avea o monitorizare on-line permanentă a parametrilor de calitate este de actualitate și chiar pentru segmentul Dunării prin diferite proiecte aflate în curs de derulare încă din 2004 [49]. Totuși la nivel național această problemă nu este încă realizată. În același timp o astfel de monitorizare implică și dezvoltarea unor sisteme software specializate. Considerând o analiză a soft-urilor specializate pentru modelarea

problemelor de calitate a apelor de suprafață, se poate accepta că pentru modelele dinamice de analiză, evaluare și prognoză, pe baza colectării datelor on-line, nu sunt încă acoperite toate aceste cerințe [50]. Chiar dacă se iau în considerare cele mai utilizate programe pentru modelarea calității apei, precum QUAL II, ATV sau RIVERSTRAHLER, într-o evaluare mult mai completă se observă că acestea prezintă limitări în cazul analizei, incertitudinii sau senzitivității [51].

Observația 4. Nu în toate cazurile este posibilă găsirea unei expresii analitice pentru funcțiile de stare X_C care să acopere toate valorile precizate pentru seria temporală definită pe o mulțime discretă. Găsirea unei astfel de expresii analitice pentru X_C sub forma funcțiilor polinomiale sau funcții armonice care să aproximeze valorile seriei de timp \widetilde{X}_C poate fi deosebit de utilă pentru studiul celor două funcții și pe intervale de forma $[0, T_1]$, care să includă sau să fie inclus în intervalul $[0, T]$. Această analiză apare necesară în cazul investigării evoluției în timp a parametrilor de calitate ai corpului de apă, pentru investigarea unui anumit trend sau predicția unor situații limită în care valorile parametrilor de calitate pot fi în afara valorilor limită admise, studiind un anumit interval temporal.

Analiza unei serii de timp poate urmări diverse scopuri și anume:

- a- Previzionarea valorilor pe care le poate lua seria de timp analizând istoricul datelor și anume baza de date anterioară, deci realizarea unor predicții;
- b- Analiza legăturilor dintre diverse variabile temporale și plauzibilitatea acestor legături, în conformitate cu legitățile fizico-chimice sau biochimice;
- c- Stabilirea unor eventuale cauzalități, consecințe implicate de evoluția unui eveniment anterior către unul ulterior sau cauze comune mai multor evenimente;
- d- Studiul fenomenului modelat pe baza unei serii de timp pe scurtă sau respectiv lungă durată;
- e- Identificarea unor fenomene de periodicitate (variații sezoniere sau diurne ce impun în general eliminarea acestor componente prin desezonare, ajungând la o imagine a tendințelor de evoluție a seriilor de timp, sau observarea unor fenomene cu o periodicitate mai mare de un an, temporal sinusoidală;

- f- Determinarea șocurilor structurale ale fenomenelor caracterizate prin ceea ce numim rupturi în aspectul seriei de timp, comportări în afara limitelor min-max admisibile.

În cazul seriilor de timp reprezentate prin funcțiile de stare \widetilde{X}_C , ale parametrilor de calitate ai corpurilor de apă, aceste scopuri pot fi definite corespunzător, astfel:

- a- Analiza seriilor de timp specifice caracteristicilor de calitate conform bazelor de date avute la dispoziție pe o perioadă minimă de cel puțin zece ani;
- b- Analiza legăturilor dintre variabile considerând mai multe serii de timp X_C în același interval de timp deci pentru $C \in \{(OD), (T), (pH), (CBO_5), (CCO_{Mn}), (CCO_{Cr}), (Q), \dots\}$;
- c- Studiul fenomenului reprezentat de evoluția unui parametru de calitate pe perioade scurte de timp, descoperind eventualele anomalii posibile sau, imposibil de explicat, sau anomalii care confirmă sau infirmă ipotezele de lucru din domeniul fizico-chimic sau biochimic.
- d- Analiza graficului unei funcții de tipul X_C ;
- e- Identificarea periodicităților lunare, anuale ale seriilor temporale ale parametrilor de calitate și identificarea trendului anual sau pe termen lung folosind anumite tipuri matematice de analiză cum ar fi: regresii liniare, media mobilă, modele ARMA, etc.;
- f- Determinarea intervalelor în care datele lipsesc dar sunt încadrate temporal de date prelevate atât în trecut cât și în viitor și construirea prin metode specifice analizei numerice (interpolări prin funcții Spline cubice) a datelor lipsă, corelate cu fenomenele conexe prezente în aceeași unitate de timp și respectiv micșorarea normei de discretizare a subintervalelor de timp.

Având la dispoziție serii de timp ai diferiților parametri de calitate ai corpului de apă, s-au elaborat intervale de predicție pentru valori viitoare în timp, s-a identificat trendul, s-au găsit și precizat unele cauzalități care edifică trendul, de exemplu trendul descrescător al regresii liniare legate de parametrul de calitate oxigen dizolvat, (OD), pe o perioadă lungă de timp și realizarea unui model de estimare cât mai fidel folosind funcții numerice, evaluarea erorilor și stabilirea nivelului de precizie al estimărilor.

Pentru analiza evoluției parametrilor de calitate dintr-o anumită grupă, de exemplu grupa oxigenului dizolvat, tipurile de grafice realizate pentru seriile temporale \widetilde{X}_C și prezentate de Agențiile de Mediu sau alte medii de informare, se prezintă folosind mediul de lucru EXCEL. Graficele și evoluțiile pun în evidență valori discrete la intervale de 30 de zile. În acest mod evoluțiile de moment sau în intervalul perioadei de 30 de zile sunt ascunse, fiind greu de analizat și perceput, sau de cele mai multe ori trecute cu vederea. Consecințele unor evoluții pe termen scurt, de exemplu pe 7 zile, pot ascunde depășiri ale unor parametrii care pot dăuna grav florei și faunei mediului acvatic. Este clar că evoluția funcțiilor de tip X_C prezintă mult mai bine evoluțiile în timp și pot duce la urmărirea mai atentă a unor perioade temporale critice din intervale mai mici de timp, proiectând zonele temporale cu astfel de așteptări. Se poate pune deci problema controlului grafic al funcțiilor de tip X_C . Evident că pusă în acești termeni problema nu are o soluție unică și este practic imposibil de realizat [11].

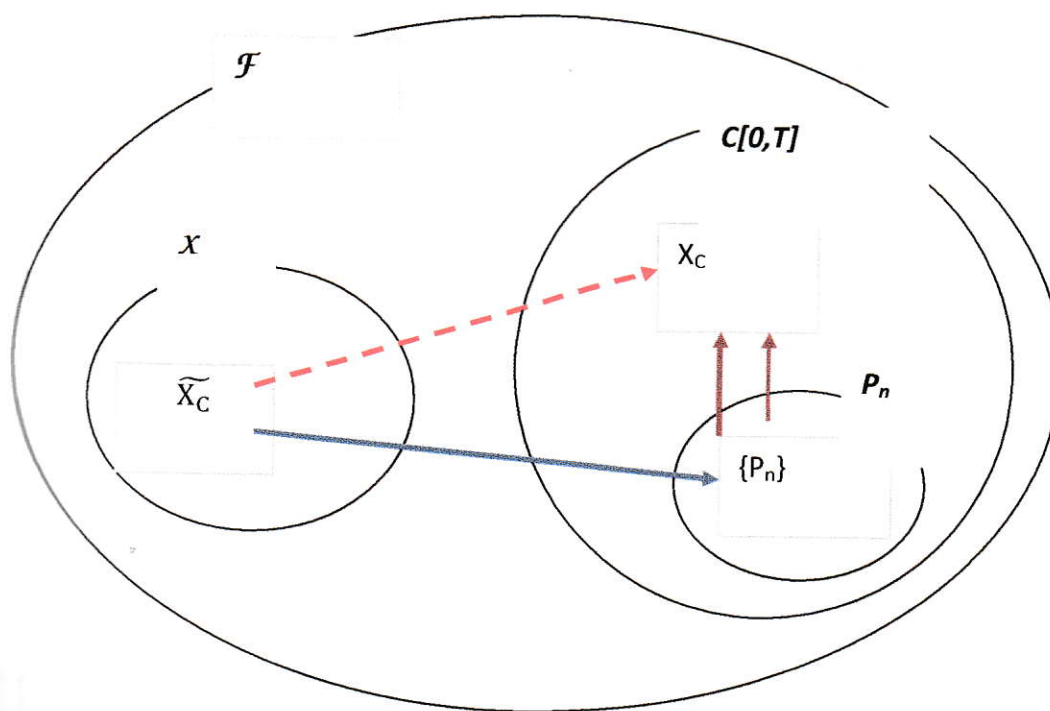


Figura 2.3 Construcția funcțiilor X_C pentru parametrul de calitate C

Construcția înglobează mulțimea X care reprezintă mulțimea seriilor temporale ale parametrului de calitate C iar $C/[0.T]$ reprezintă mulțimea funcțiilor continue asociate parametrului de calitate C , (fig.2.3).

În același timp, P_n reprezintă mulțimea funcțiilor polinomiale ce interpoolează prin diferite metode de interpolare seriile temporale \widetilde{X}_C .

Conform investigațiilor realizate s-a propus să se realizeze conexiunea $\widetilde{X}_C \rightarrow X_C$ pentru cea mai bună imagine a funcției X_C .

Rezultatele realizate pot fi de un real folos permițând pentru prima oară să se afirme că inclusiv în cadrul fluviului Dunărea, evoluția unor parametri de calitate se supune unor evoluții matematice în timp, evoluție ce poate fi prezentată într-un spațiu observațiilor (SO), funcțiile de stare fiind modelate ca funcții continue și derivabile de un anumit tip, polinomial, sinusoidal, periodic sau neperiodic, logaritmic sau exponențial.

2.1.2. SPAȚIUL OBSERVABIL AL PARAMETRIILOR DE CALITATE (SO)

Seriile de timp de tipul \widetilde{X}_C se prezintă grafic prin puncte de coordonate din plan cu abscisa variabila timp, iar cu ordonata valoarea parametrului de calitate investigat, (fig. 2.4), fără a se pune în evidență care este evoluția reală între două valori consecutive.

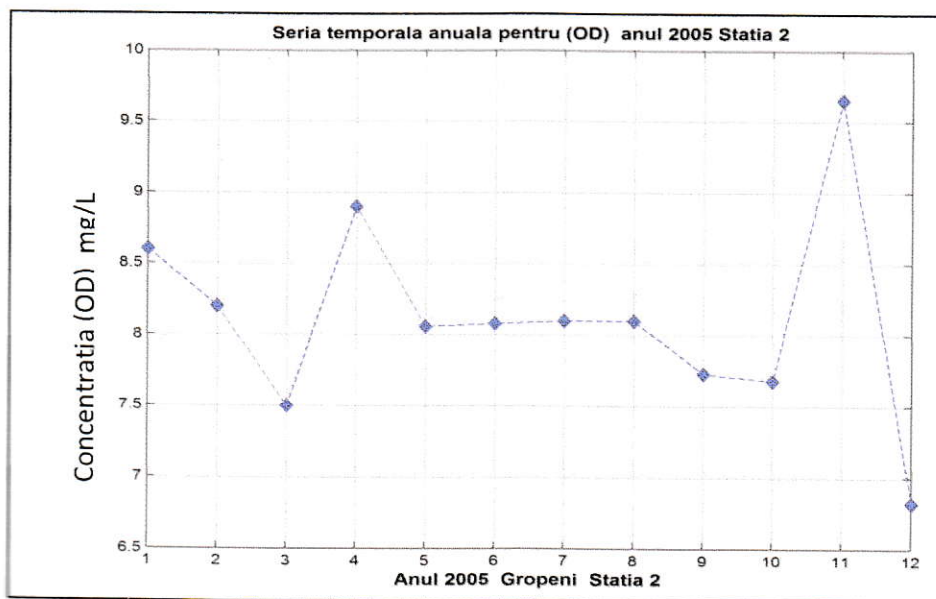


Figura 2.4 Seria \widetilde{X}_C pentru $C=(OD)$, anul 2005, stația (S2), Gropeni, 12 date

În același spațiu observabil (SO) se pot reprezenta mai multe funcții de stare conform valorilor anuale înregistrate în cele 12 luni ale anului, (fig. 2.5), și astfel se poate observa „norul” valorilor distribuite în plan iar în cazul considerării unei perioade de 15 ani și suprapunerii valorilor anuale, se pot analiza regresii liniare sau funcții polinomiale ce parcurg norul valorilor, punându-se în evidență o aglomerare a datelor din plan în preajma unei curbe ce poate fi reprezentată prin expresii analitice de tip polinom de un anumit grad, (fig. 2.6) și care pot reprezenta evoluția reală între două valori consecutive prezentate în figura 2.4.

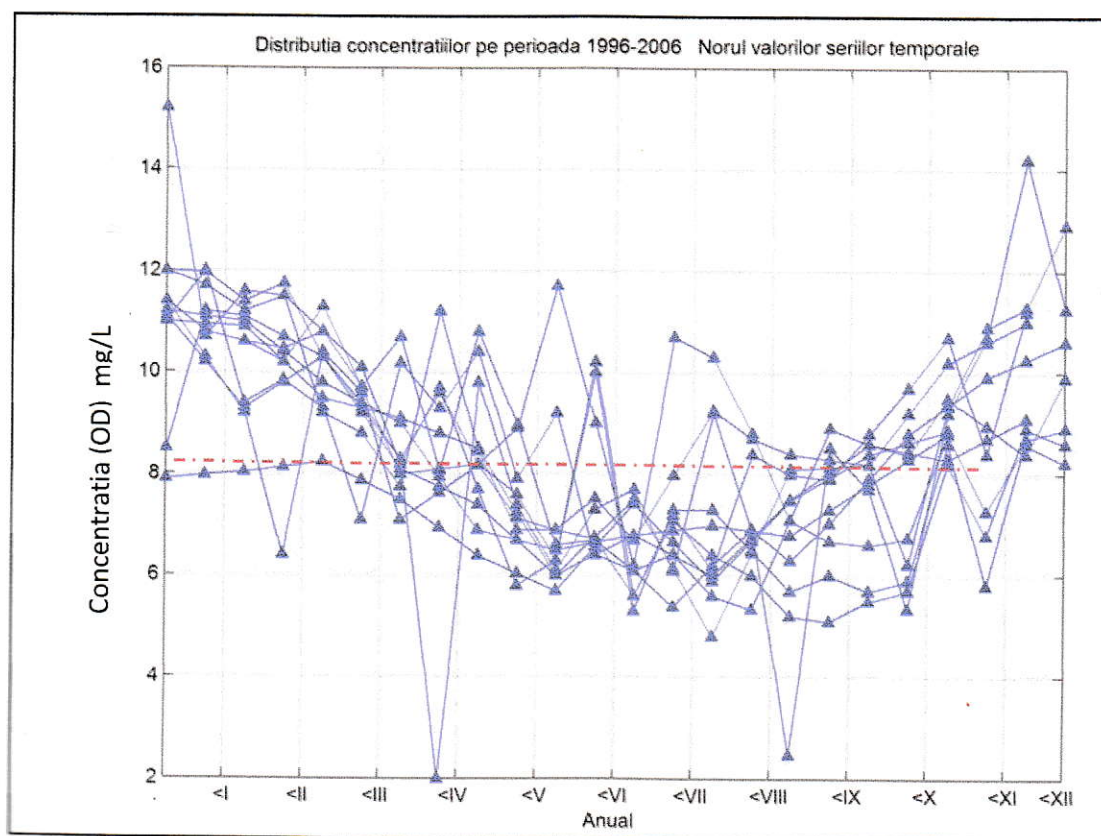


Figura 2.5 Seriile \widetilde{X}_C , pentru $C=(OD)$, anii 1996-2006, stația (1), Chiciu-Silistra, între 10 și 24 de date anual, suprapuse pentru vizualizarea norului de date

Imaginile grafice au fost realizate sub mediul MATLAB, datele fiind alimentate din baza de date uniformizată în prealabil. Valorile lipsă au fost recondiționate folosind datele reale introduse în programul MATLAB, folosind interpolări Spline și acoperind uniform baza de date existentă.

Vizualizarea celei mai bune alegeri a funcției polinomiale, (realizată cu galben în figura 2.6), se realizează prin investigații asupra tuturor funcționalelor ce pot fi puse la dispoziție de mediul MATLAB. Totuși și aici există limitări referitoare la gradul maxim al polinomului ce poate interpola datele și calcule legate de norma reziduală și de modul în care aceasta este definită.

În spațiul observabil se pot identifica subspații ce acoperă o mulțime semnificativă de valori și astfel aceste subspații de tip dreptunghi inclus în R^2 , pot fi investigate separat, (fig. 2.7).

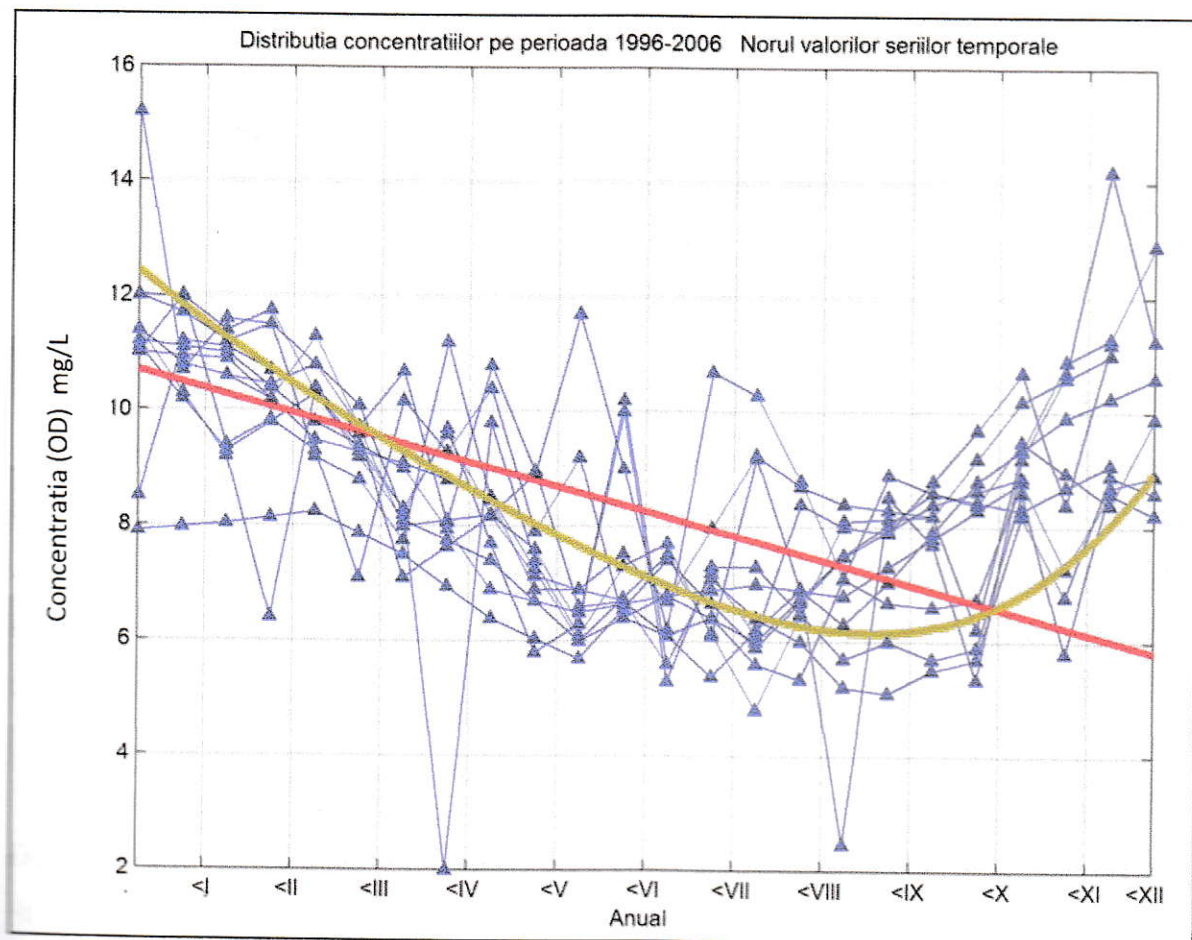


Figura 2.6 Norul de date și analiza vizuală a regresiei liniare respectiv a zonelor celor mai bogate în date

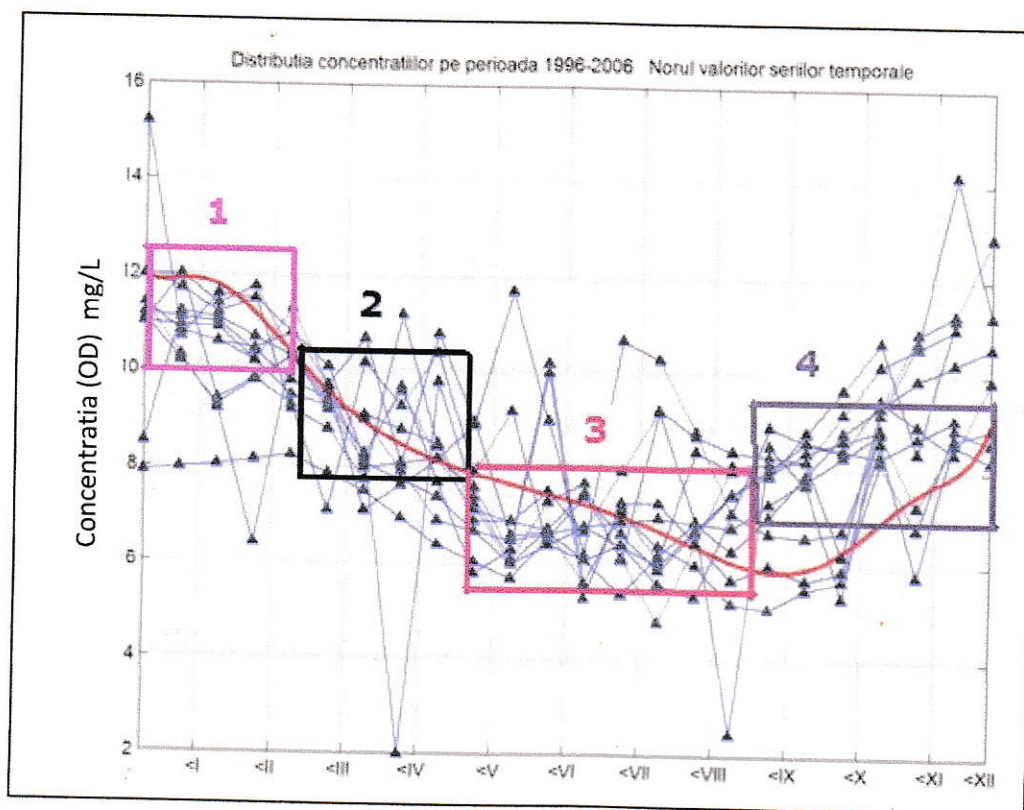


Figura 2.7 Analiza vizuală a spațiului observabil al datelor, (SO), cu patru subdomenii dense în valori

Indicatorii de calitate ale corpurilor de apă de suprafață și în general al corpurilor de apă sunt cuantificate cu ajutorul unor unități de măsură. Necesitatea comparării acestor date și realizarea unor investigații asupra interacțiunilor dintre diverse specii chimice acvatizate impune aducerea tuturor acestor valori într-un spațiu comun al observațiilor și găsirea unor trăsături comune în scopul analizei evoluției în timp.

Pentru aceasta introducem următoarea definiție:

Definiția 4 : Numim spațiu al observațiilor (SO) un domeniu inclus în R^2 de forma $SO=[0, T] \times [0, M]$, $T, M \in R_+$, care are următoarele proprietăți:

- Pentru orice parametru de calitate C , valorile minime și maxime ale funcției corespunzătoare X_C află în (SO);
- Extensia oricărei funcții X_C pe intervale de forma $[T, T_1]$ inclus în intervalul $[0, \infty)$, valorile maxime, (respectiv minime), ale funcțiilor X_C sunt incluse în intervalul $[0, M]$;

- Există un număr finit de funcții X_C care pot fi nule, aproape peste tot, în domeniul (SO), (fig.2.8).

Definiția 5. Spațiul $[T, T_1] \times [0, M]$ se va numi spațiul previziunilor imediate asociat unui domeniu (SO) și se va nota cu (SO_i) .

Propoziția 2. Orice spațiu (SO) posedă un spațiu (SO_i) iar reuniunea celor două spații disjuncte, $(SO) \cup (SO_i)$ poate defini un nou spațiu de tip (SO).

Observație 5: Acest spațiu poate deveni generator pentru un nou spațiu de tip (SO_i) și astfel iterativ se va construi un șir de spații al previziunilor imediate $\{SO_i\}_{i=1,n}$, așa cum se observă în figura de mai jos, (fig.2.8).

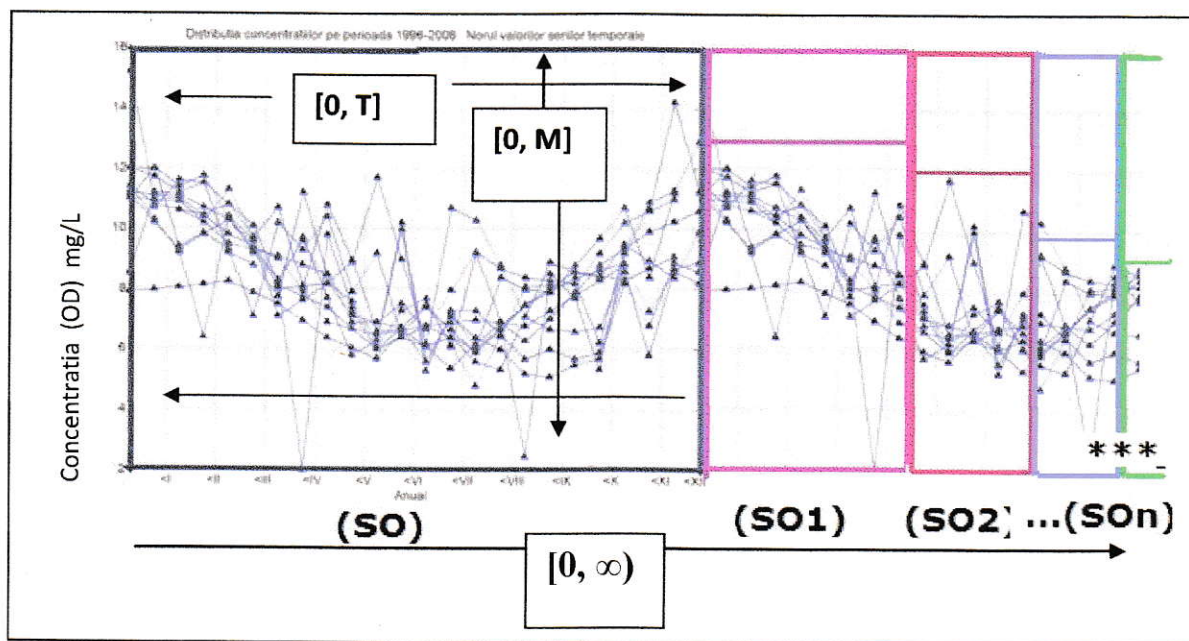


Figura 2.8 Spațiul observațiilor vizibile (SO) și șirul spațiilor previziunilor imediate $\{SO_i\}_{k=1,n}$

Definiția 6. Spațiile $(SO_i) = [T_i, T_{i+1}] \times [0, M]$ sunt caracterizate prin norma acestora definită ca modulul diferenței dintre T_{i+1} și T_i .

Propoziția 3. Șirul normelor spațiilor (SO_i) tinde către zero.

Observația 6. Șirul $\{SO_i\}_{i=1,n}$ depinde de condițiile inițiale, deci de alegerea (SO) și de metodologia aleasă pentru realizarea previziunilor trendului sau evoluției datelor parametrilor de calitate.

2.2. CONSTRUCȚIA FUNCȚIILOR X_C PRIN INTERMEDIUL FUNCȚIILOR POLINOMIALE ȘI A FUNCȚIILOR DE INTERPOLARE X_{CR}

Construcția acceptată în paragraful anterior privind folosirea funcțiilor polinomiale pentru a obține funcțiile de tip X_C , va fi completată în continuare, exemplificând modelul. Există cel puțin două posibile precizări ale șirului de polinoame. O primă accepțiune este aceea ca valorile polinoamelor P_n , să înglobeze toate valorile de tip $(t, \widetilde{X}_C(t))$, pentru toate datele din baza de date considerată pentru un parametru de calitate C . În al doilea rând, putem considera funcții polinomiale care să interpozeze o serie temporală fără a cere să conțină în grafic toate punctele de tip $(t, \widetilde{X}_C(t))$, distingând anumite valori ce nu trebuie considerate („out of limit” sau eliminând acele situații de zgomot conforme seriilor temporale). În ambele situații, și fără a considera aceste căi de abordare singulare, am construit mulțimea funcțiilor de tipul X_{CR} , (fig. 2.9), ce urmează a fi exemplificată și încadrată în contextul studiat, precizând puterea de modelare a evoluției parametrilor de calitate, evoluție într-un interval precizat (spațiul observațiilor (SO), sau comportarea în spațiul predicțiilor de tip (SO_{ik})).

Definiția 7. Numim funcții de interpolare X_{CR} , acele funcții continue și derivabile care interpozează o serie temporală a unui parametru de calitate \widetilde{X}_C , a cărei restricție pe domeniul de definiție al funcției \widetilde{X}_C , nu coincide cu aceasta pe tot domeniul de definiție, dar sunt obținute prin interpolări cu o normă reziduală minimă.

Observația 7: Definiția nu exclude cazul în care cele două funcții X_{CR} și \widetilde{X}_C pot fi egale pe o submulțime a domeniului de definiție al seriei temporale \widetilde{X}_C .

Observația 8: Cele două mulțimi de funcții respectiv, ale funcțiilor X_{CR} , și al funcțiilor polinomiale P_n , (fig. 2.9), nu sunt disjuncte.

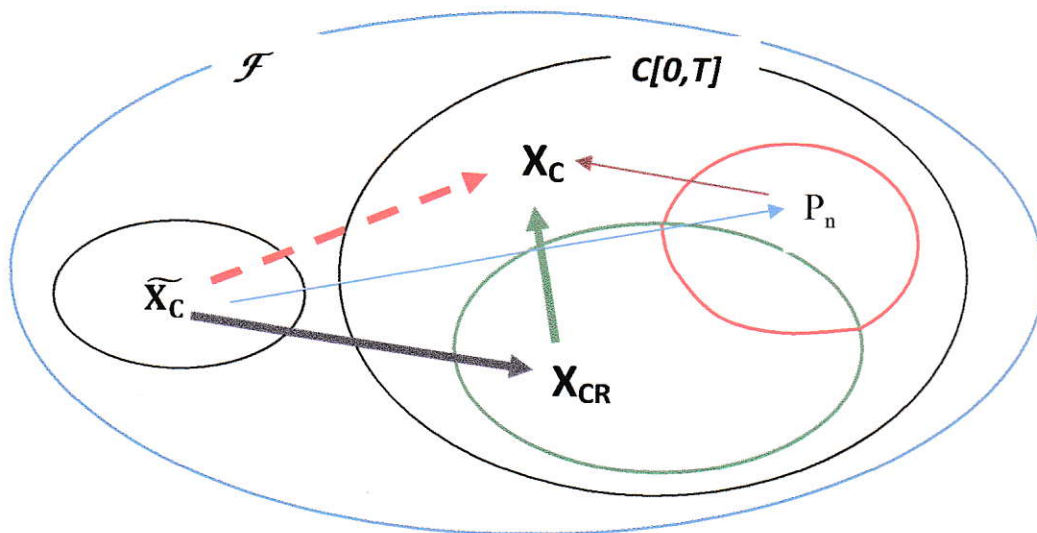


Figura 2.9 Considerarea funcțiilor de tip X_{CR}

2.2.1. CONSTRUCȚIA FUNCȚIILOR X_C PRIN INTERMEDIUL FUNCȚIILOR POLINOMIALE

Pentru a demonstra faptul că punerea în acord a modelului matematic cu evoluțiile reale ale unui parametru de calitate, vom exemplifica în continuare această construcție folosind șiruri de polinoame. Construcțiile analizate vor demonstra că fidelitatea modelului și alegerea acestuia pentru studiul ansamblului parametrilor de calitate, depinde de frecvența datelor, (norma de timp $t_{i+1} - t_i$), de corpul de apă de suprafață considerat, de intervalul de timp $[0, T]$, de modalitatea de considerare a unor norme reziduale a unor procese de interpolare sau de tipul evoluției, monotonă, nemonotonă sau periodică a evoluției parametrului de calitate.

Exemplul 1: În capitolele anterioare am prezentat analiza datelor de calitate realizate cu programul QUAL2K în cazul modelului „Stream Water Quality Model” pentru corpul de apă „Boulder Creek” pe data de 09.21.1987 în care frecvența datelor înregistrează un interval orar de 4 ore pentru oxigen dizolvat, (tabel 2.4 și tabel 2.5).

Acest exemplu este relevant pentru frecvența înregistrării datelor și poate constitui un model de lucru pentru propunerea de analiză a evoluției parametrilor de calitate prin metode ale analizei numerice.

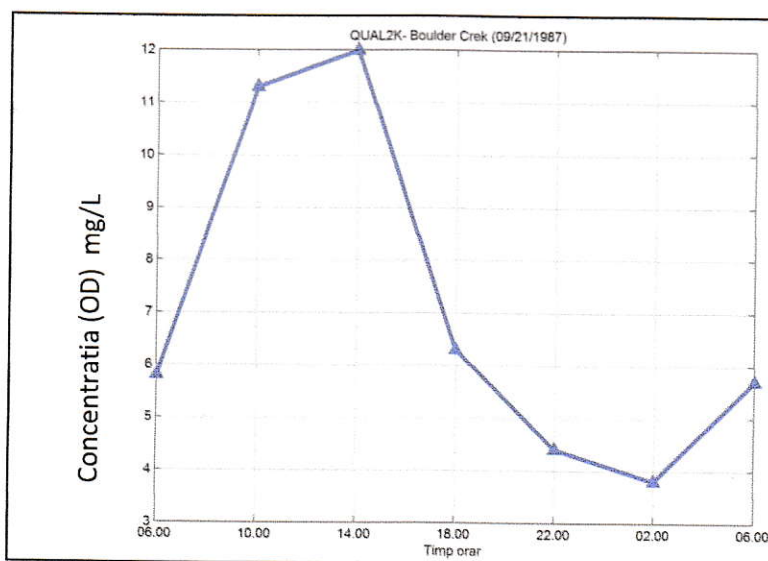


Figura 2.10 (SO) pentru $C=(OD)$ „Boulder Creek” pe data de 09.21.1987

Analizând acest spațiu al observațiilor putem afirma că există o puternică variație a parametrului de calitate diurnal ce este practic nereliefaț în cazul altor analize în regim lunar.

În cazul unei interpolări a datelor cu ajutorul funcțiilor cubice Spline și cu o discretizare a intervalului foarte fină (1:1000) se observă o evoluție a parametrului de calitate mult mai apropiată fenomenului fizico-chimic al variației concentrației de oxigen dizolvat, fără însă a se depăși valorile minimă și maximă realizate în prima analiză a datelor, (fig. 2.11). Construcția urmărește ipoteza evoluției parametrilor de calitate conform funcțiilor continue și derivabile.

Conform construcției modelului matematic proiectat putem pune în evidență atât graficul seriei temporale \widetilde{X}_C cât și al funcțiilor de tip P_n .

Pentru aceleași date putem identifica un polinom de gradul 7 ale cărui valori să conțină valorile seriei temporale inițiale \widetilde{X}_C , folosind un program MATLAB. Observăm că valorile minim/maxim obținute se modifică în funcție de gradul polinomului. Mai mult, polinomul obținut este o funcție ce poate fi considerată de

tipul X_C , conform modelului matematic propus și a ipotezei asupra continuității și derivabilității.

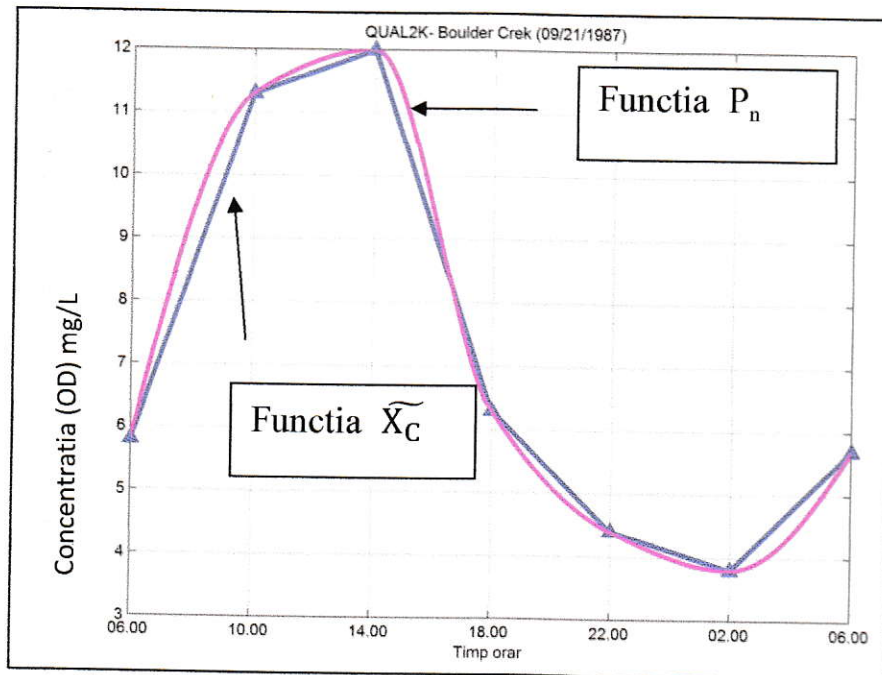


Figura 2.11 Interpolarea datelor în (SO) cu ajutorul funcției cubice spline

Prin urmare putem considera:

$\widetilde{X}_C : \{1,2,3,\dots,12\} \rightarrow \mathbb{R}$ funcția dată tabelar conform tabelului 2.4. și respectiv funcția

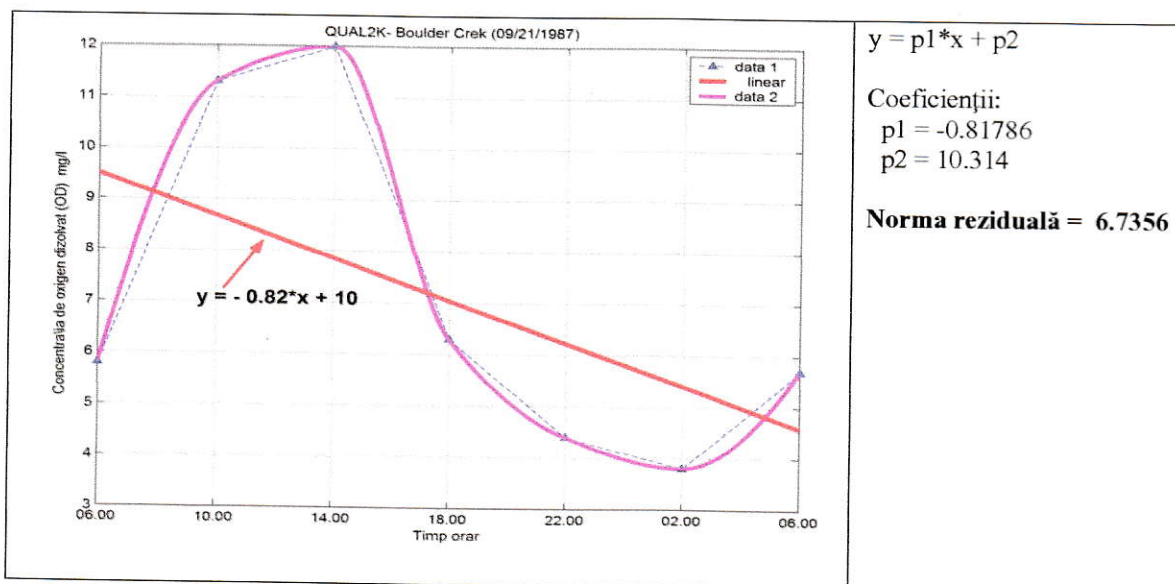
$X_C : [0, T] \rightarrow \mathbb{R}$ dată de expresia analitică următoare:

$$X_C(t) = 0.013t^7 - 0.31t^6 + 2.8t^5 - 12t^4 + 24t^2 - 17t + 8.4$$

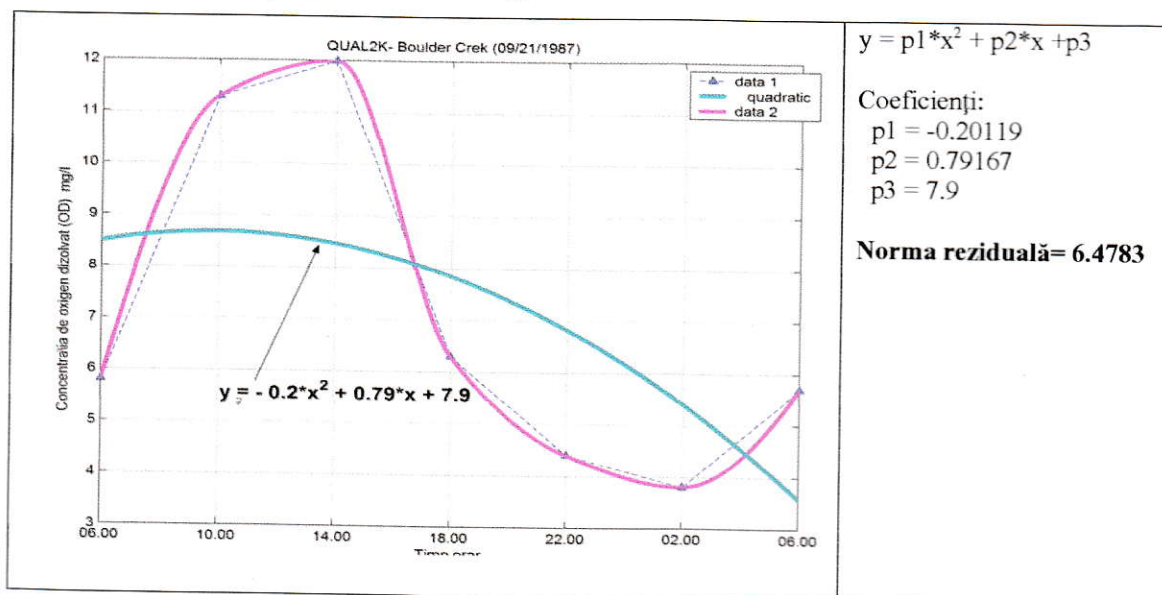
Îpoteza de lucru, în lipsa unei monitorizări de tip continuu în timp, poate propune evoluția în timp a parametrului de calitate conform polinomului de gradul 7, aceasta și datorată comportării pe o perioadă de 24 de ore ale corpului de apă. În cazul Dunării, evoluțiile nu sunt bruște sau, cu alte cuvinte pe parcursul unei zile nu se pot înregistra variații semnificative ale parametrului (OD) mai mari de 1-1,5 mg/L. Această afirmație se acceptă în principiu în toate stațiile de monitorizare de pe Dunărea inferioară datorată debitului mare și vitezei mici de curgere.

Desigur că există o infinitate de funcții de tipul X_C , așa cum a fost precizată modalitatea de construcție a acestor funcții. Pentru exemplul considerat, funcțiile polinomiale considerate pot modela eficient evoluția reală, analizând monotonia acestora și valorile reziduale.

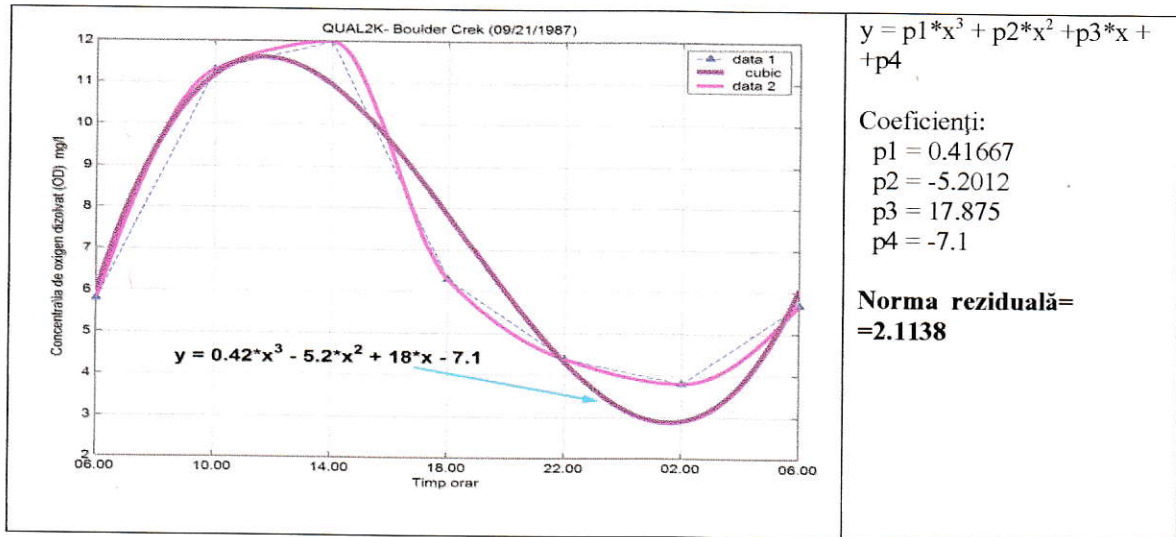
Tabel 2.6.1 Regresie liniară



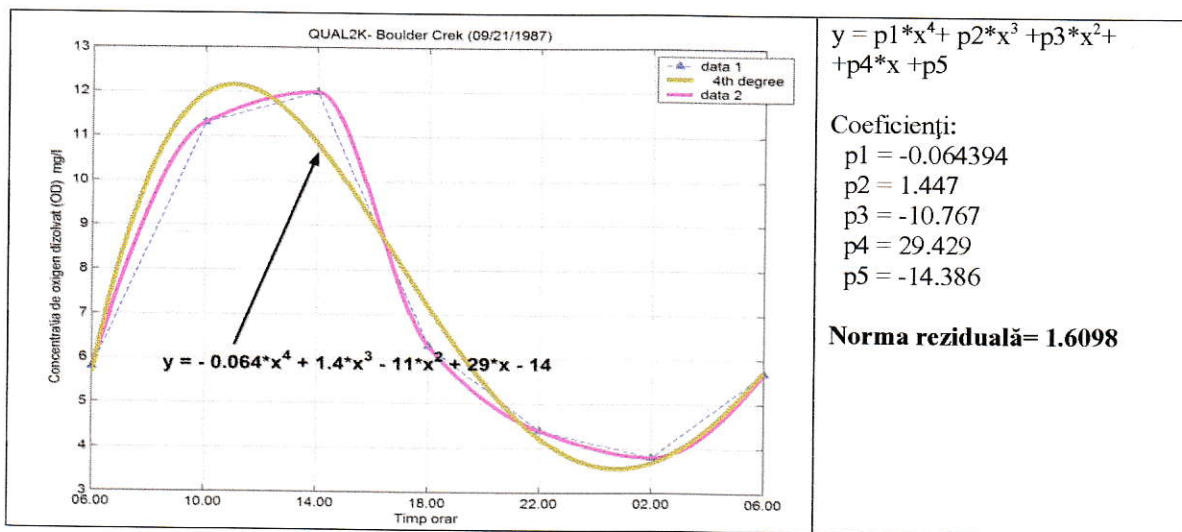
Tabel 2.6.2 Funcție polinomială de gradul 2



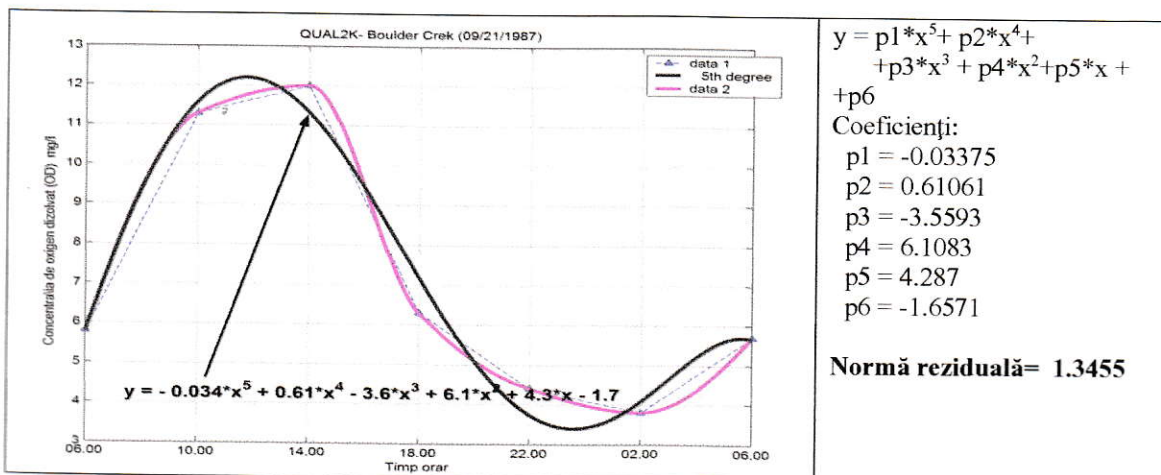
Tabel 2.6.3 Funcția polinomială de gradul 3



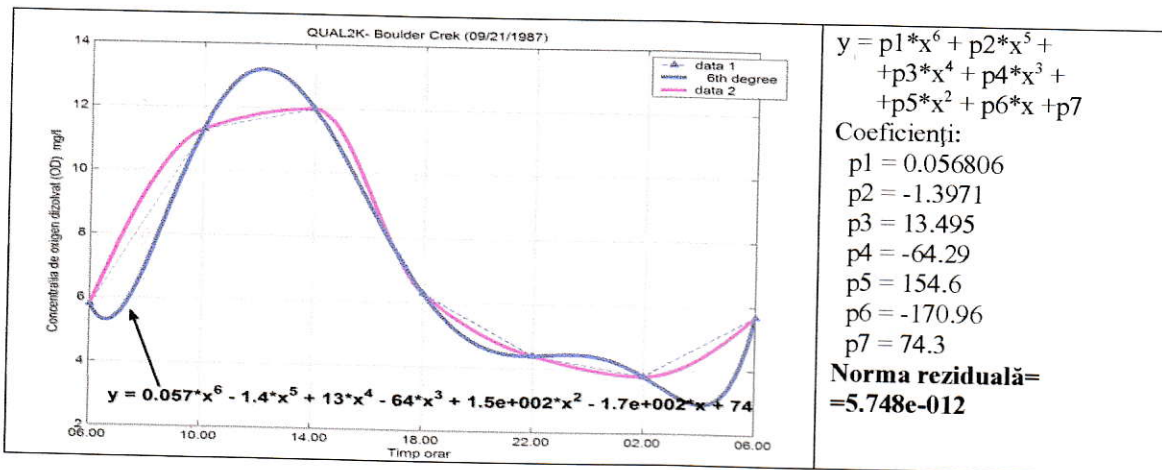
Tabel 2.6.4 Funcția polinomială de gradul 4



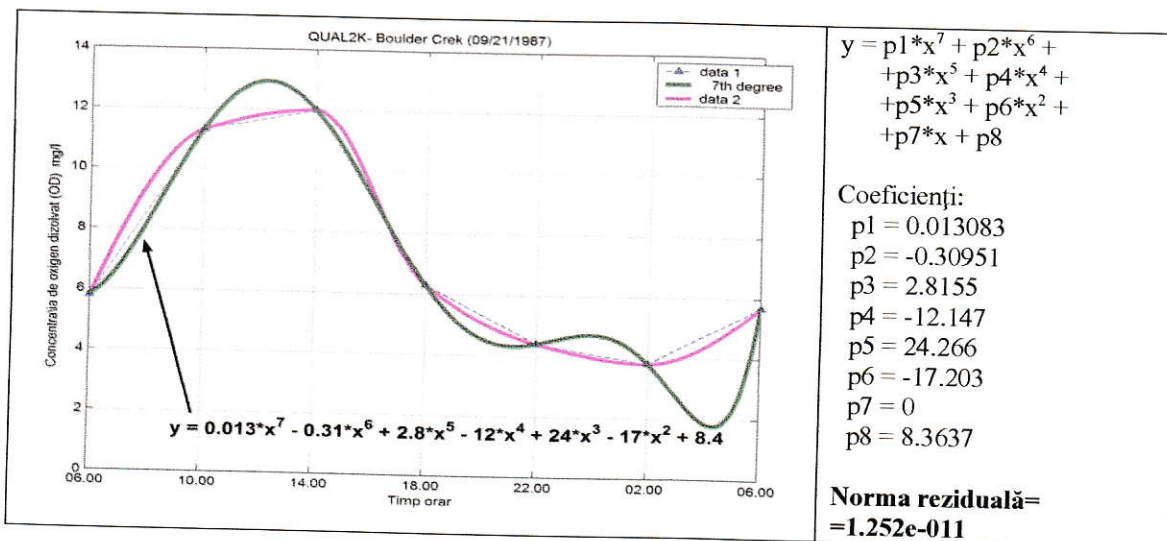
Tabel 2.6.5 Funcția polinomială de gradul 5



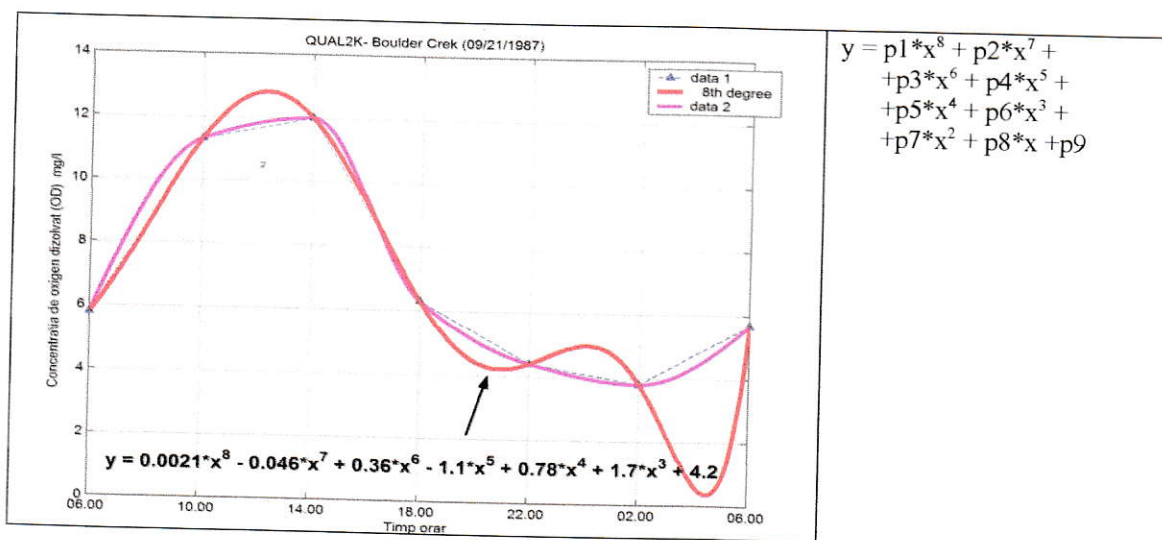
Tabel 2.6.6 Funcția polinomială de gradul 6



Tabel 2.6.7 Funcția polinomială de gradul 7



Tabel 2.6.8 Funcție polinomială de gradul 8



<p>Coefficienți: $p1 = 0.0021494$ $p2 = -0.0462$ $p3 = 0.359$ $p4 = -1.1304$ $p5 = 0.7779$ $p6 = 1.6516$ $p7 = 0$ $p8 = 0$ $p9 = 4.1857$</p>	<p>Norma reziduală= $=9.4087e-012$</p>
--	---

Tabel 2.6.9 Funcția polinomială de gradul 9

	$y = p1*x^9 + p2*x^8 + p3*x^7 + p4*x^6 + p5*x^5 + p6*x^4 + p7*x^3 + p8*x^2 + p9*x + p10$
<p>Coefficienți: $p1 = 0.00046059$ $p2 = -0.0097349$ $p3 = 0.074527$ $p4 = -0.24069$ $p5 = 0.27082$ $p6 = -0.046751$ $p7 = 0$ $p8 = 0$ $p9 = 5.7514$ $p10 = 0$</p>	<p>Norma reziduală= $=6.6591e-012$</p>

Tabel 2.6.10 Funcția polinomială de gradul 10

	$y = p1*x^{10} + p2*x^9 + p3*x^8 + p4*x^7 + p5*x^6 + p6*x^5 + p7*x^4 + p8*x^3 + p9*x^2 + p10*x + p11$
<p>Coefficienți: $p1 = -4.9405e-005$ $p2 = 0.0013975$ $p3 = -0.014146$ $p4 = 0.054874$ $p5 = 0$ $p6 = -0.40218$ $p7 = 0$ $p8 = 1.9918$ $p9 = 0$ $p10 = 0$ $p11 = 4.1683$</p>	<p>Norma reziduală= $=6.7718e-012$</p>

Tabel 2.7 Sinteza funcțiilor polinomiale și evoluția normelor reziduale după gradul polinomului

Polinom de grad n	Coefficienți	Norma reziduală
$y = p_1 * x + p_2$ n=2	Coefficienți: $p_1 = -0.81786$ $p_2 = 10.314$	Norma reziduală= 6.7356
$y = p_1 * x^2 + p_2 * x + p_3$ n=3	Coefficienți: $p_1 = -0.20119$ $p_2 = 0.79167$ $p_3 = 7.9$	Norma reziduală= 6.4783
$y = p_1 * x^3 + p_2 * x^2 + p_3 * x + p_4$ n=4	Coefficienți: $p_1 = 0.41667$ $p_2 = -5.2012$ $p_3 = 17.875$ $p_4 = -7.1$	Norma reziduală= 2.1138
$y = p_1 * x^4 + p_2 * x^3 + p_3 * x^2 + p_4 * x + p_5$ n=5	Coefficienți: $p_1 = -0.064394$ $p_2 = 1.447$ $p_3 = -10.767$ $p_4 = 29.429$ $p_5 = -14.386$	Norma reziduală= 1.6098
$y = p_1 * x^5 + p_2 * x^4 + p_3 * x^3 + p_4 * x^2 + p_5 * x + p_6$ n=6	Coefficienți: $p_1 = -0.03375$ $p_2 = 0.61061$ $p_3 = -3.5593$ $p_4 = 6.1083$ $p_5 = 4.287$ $p_6 = -1.6571$	Normă reziduală= 1.3455
$y = p_1 * x^6 + p_2 * x^5 + p_3 * x^4 + p_4 * x^3 + p_5 * x^2 + p_6 * x + p_7$ n=7	Coefficienți: $p_1 = 0.056806$ $p_2 = -1.3971$ $p_3 = 13.495$ $p_4 = -64.29$ $p_5 = 154.6$ $p_6 = -170.96$ $p_7 = 74.3$	Norma reziduală= 5.748e-012
$y = p_1 * x^7 + p_2 * x^6 + p_3 * x^5 + p_4 * x^4 + p_5 * x^3 + p_6 * x^2 + p_7 * x + p_8$ n=8	Coefficienți: $p_1 = 0.013083$ $p_2 = -0.30951$ $p_3 = 2.8155$ $p_4 = -12.147$ $p_5 = 24.266$ $p_6 = -17.203$ $p_7 = 0$ $p_8 = 8.3637$	Norma reziduală= 1.252e-011

Polinom de grad n	Coefficienți	Norma reziduală
$y = p_1 * x^8 + p_2 * x^7 +$ $+ p_3 * x^6 + p_4 * x^5 +$ $+ p_5 * x^4 + p_6 * x^3 +$ $+ p_7 * x^2 + p_8 * x + p_9$ n=9	Coeficienți: $p_1 = 0.0021494$ $p_2 = -0.046272$ $p_3 = 0.3594$ $p_4 = -1.1304$ $p_5 = 0.77794$ $p_6 = 1.6516$ $p_7 = 0$ $p_8 = 0$ $p_9 = 4.1857$	Norma reziduală= 9.4087e-012
$y = p_1 * x^9 + p_2 * x^8 +$ $+ p_3 * x^7 + p_4 * x^6 +$ $+ p_5 * x^5 + p_6 * x^4 +$ $+ p_7 * x^3 + p_8 * x^2 +$ $+ p_9 * x + p_{10}$ n=10	Coeficienți: $p_1 = 0.00046059$ $p_2 = -0.0097349$ $p_3 = 0.074527$ $p_4 = -0.24069$ $p_5 = 0.27082$ $p_6 = -0.046751$ $p_7 = 0$ $p_8 = 0$ $p_9 = 5.7514$ $p_{10} = 0$	Norma reziduală= =6.6591e-012
$y = p_1 * x^{10} + p_2 * x^9 +$ $+ p_3 * x^8 + p_4 * x^7 +$ $+ p_5 * x^6 + p_6 * x^5 +$ $+ p_7 * x^4 + p_8 * x^3 +$ $+ p_9 * x^2 + p_{10} * x + p_{11}$ n=11	Coeficienți: $p_1 = -4.9405e-005$ $p_2 = 0.0013975$ $p_3 = -0.014146$ $p_4 = 0.054874$ $p_5 = 0$ $p_6 = -0.40218$ $p_7 = 0$ $p_8 = 1.9918$ $p_9 = 0$ $p_{10} = 0$ $p_{11} = 4.1683$	Norma reziduală= 6.7718e-012

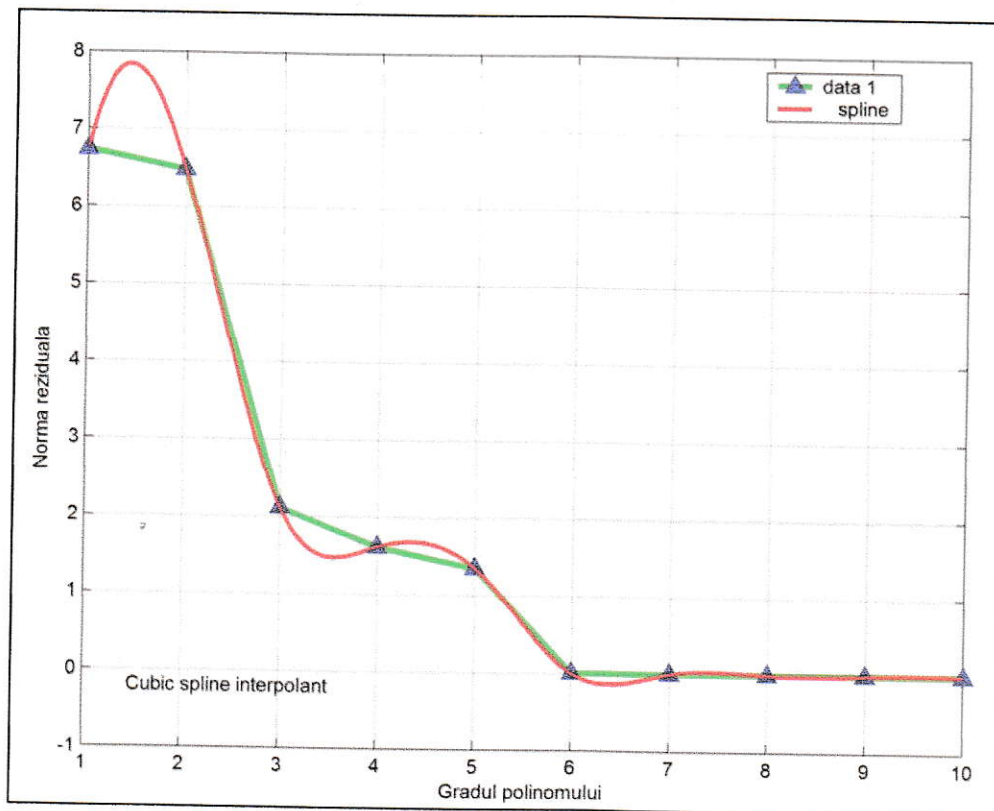


Figura 2.12 Evoluția normei reziduale după gradul polinomului

Se constată că pentru analiza datelor de calitate pe un interval de timp relativ mic, cele mai bune valori ale normei reziduale se regăsesc în cazul polinoamelor de grad 6-7 sau mai mari decât 7. Aceasta poate implica faptul că se poate folosi gradul polinomului mai mare sau cel mult egal cu jumătate plus unu din numărul probelor de calitate pentru a obține o evoluție cât mai aproape de realitate, reprezentată prin funcții polinomiale ce conțin valorile seriei temporale inițiale. Regresia în polinom de gradul 10 indică pentru gradul unui polinom optim tot intervalul 6-9, (fig. 2.13).

Modelarea cu ajutorul funcției spline va indica cea mai mică normă reziduală, (nulă) și în cazul de față afirmăm că modelează cel mai aproape de realitate, evoluția parametrului de calitate oxigen dizolvat, (fig. 2.14).

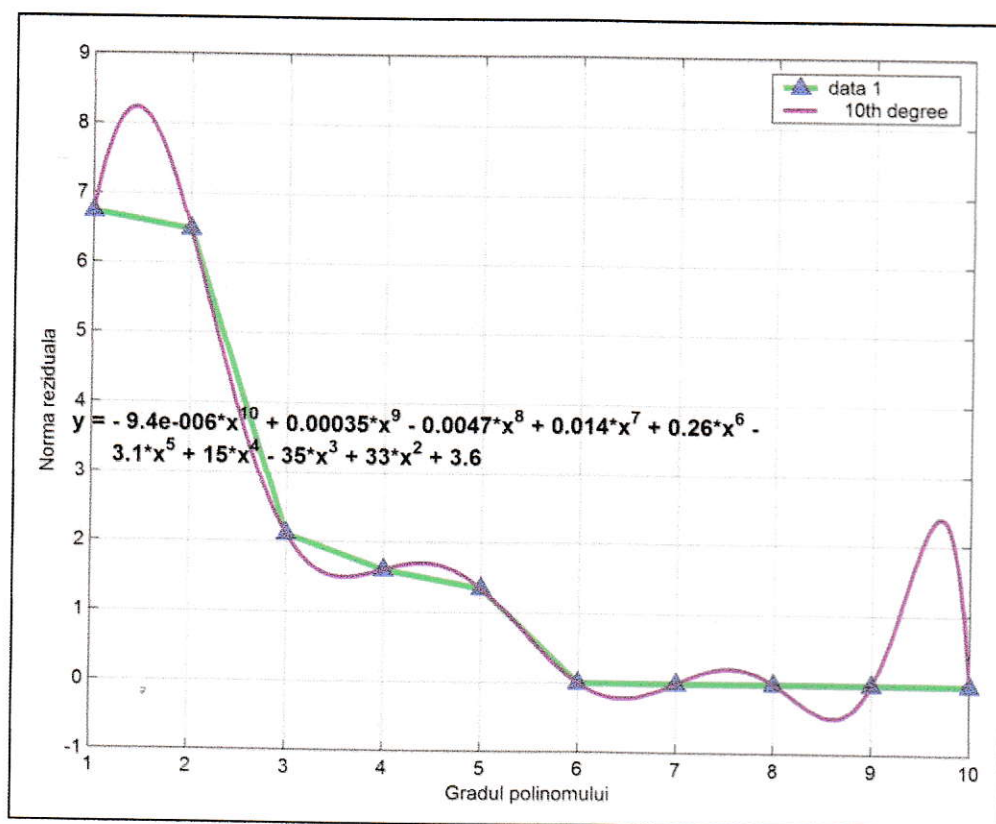


Figura 2.13 Evoluția normei reziduale

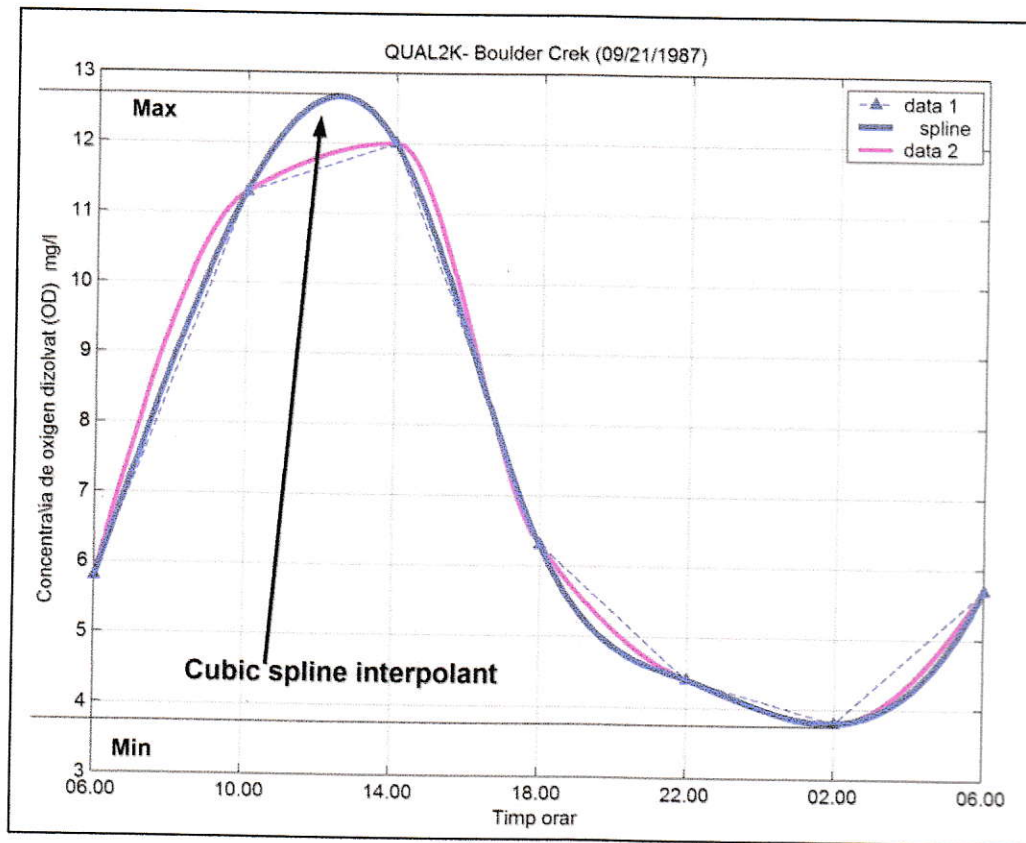


Figura 2.14 Modelarea cu funcții spline cubice

Exemplul 2: Pentru următorul exemplu s-a considerat evoluția parametrului (OD) pentru anul 2005 corespunzător datelor (TNMN), uniformizate la 24 de date anual, conform tabelului 2.8, pentru stația S1.

Tabel 2.8 Evoluția (OD) pentru anul 2005 în stația S1 lunar

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2005
11.7	11.84	11.4	12	10.4	10.03	8.3	9.6	8.2	6.9	7.8	10.8	mg/L

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	2005
5.4	7.5	7.6	6.45	5.3	5.4	5.4	5.5	8.6	6.1	8.7	8	mg/L

Datele au fost atât prezentate grafic și au fost interpolate Spline cu ajutorul MATLAB, obținând o funcție de tip X_{CR} , (fig. 2.15).

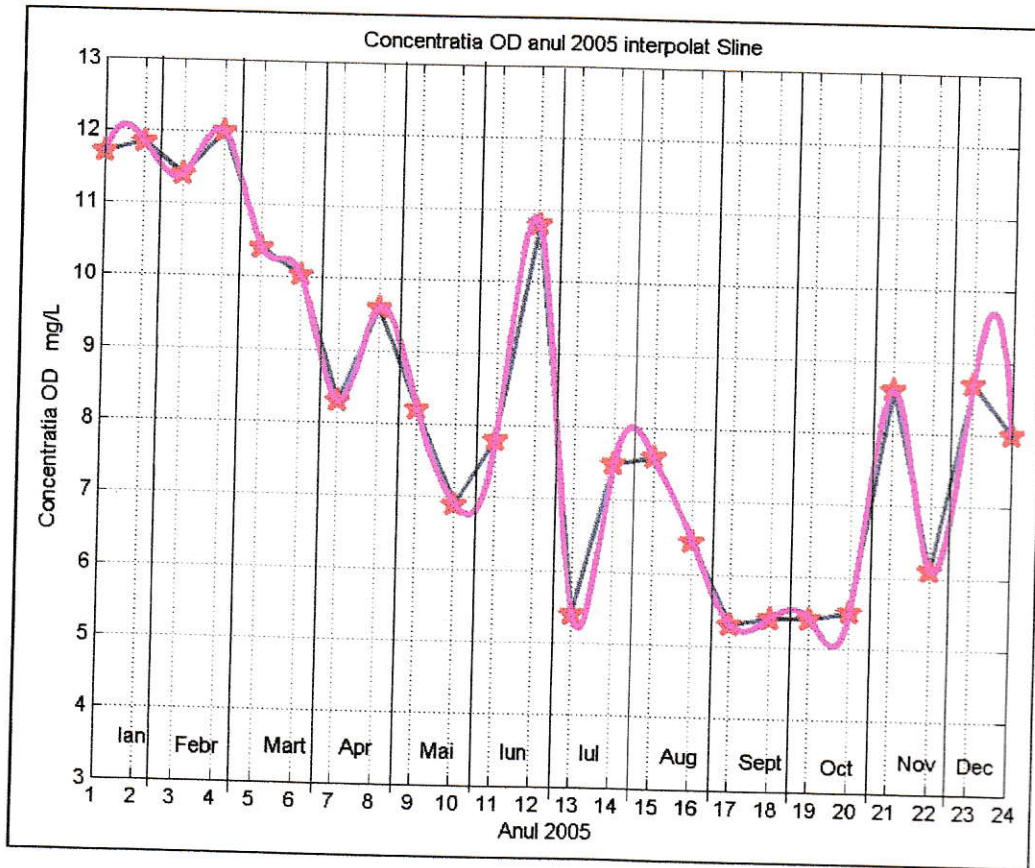


Figura 2.15 Cele 24 de date pentru concentrația (OD) în stația S1, anul 2005, procesat cu ajutorul unui program MATLAB
Evoluția graficului este vizibilă și în cazul folosirii softului Table Curve 2D, așa cum se observă și în figura 2.16.

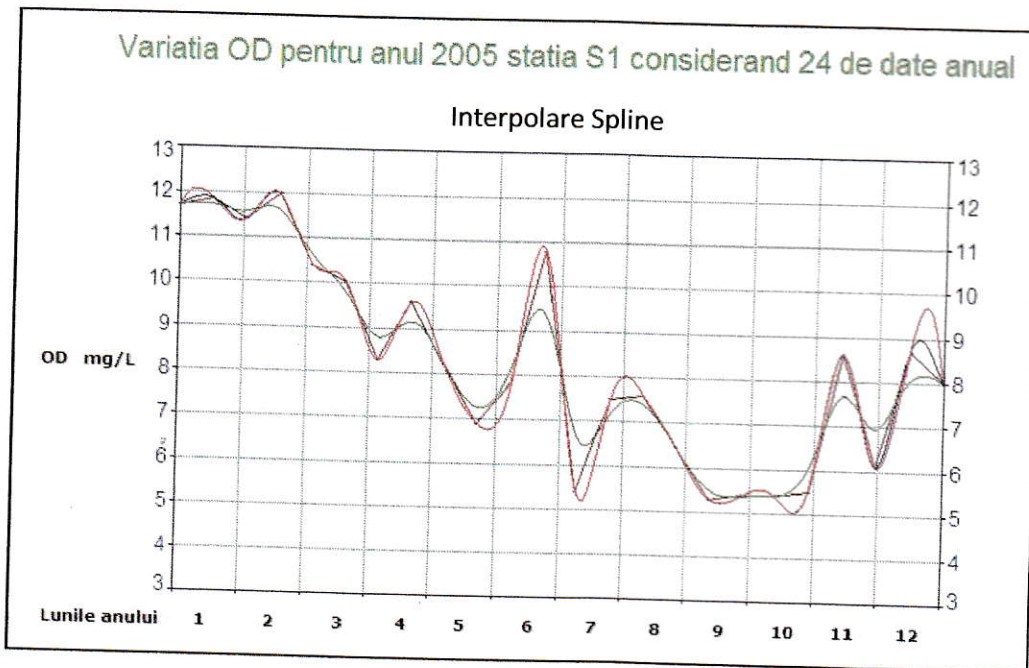
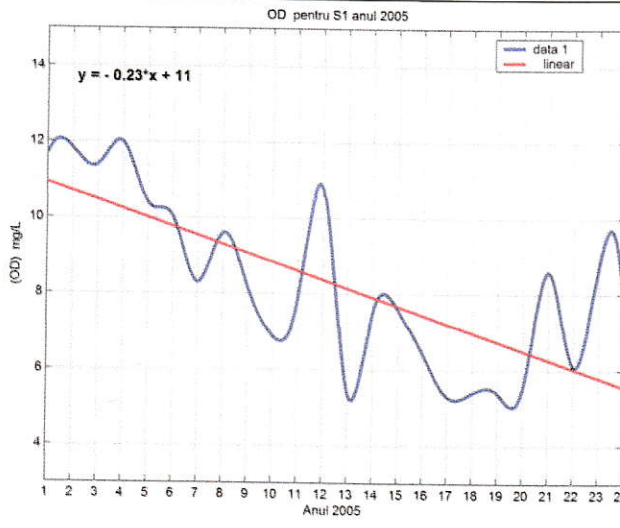
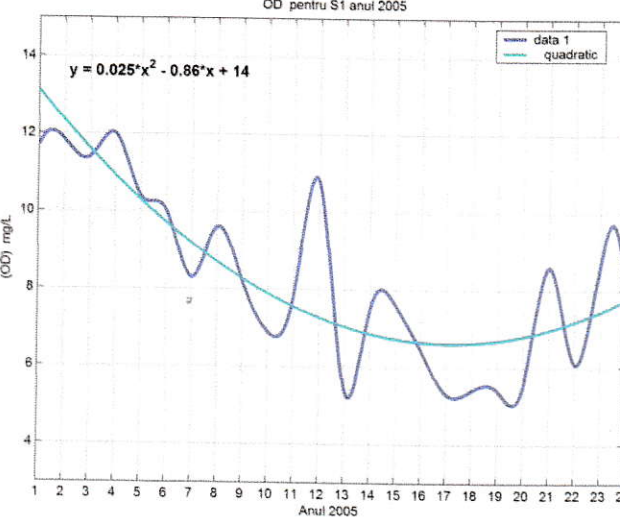


Figura 2.16 Procesarea datelor pentru (OD) stația S1, anul 2005 cu soft-ul TC2D folosind 24 de date anual

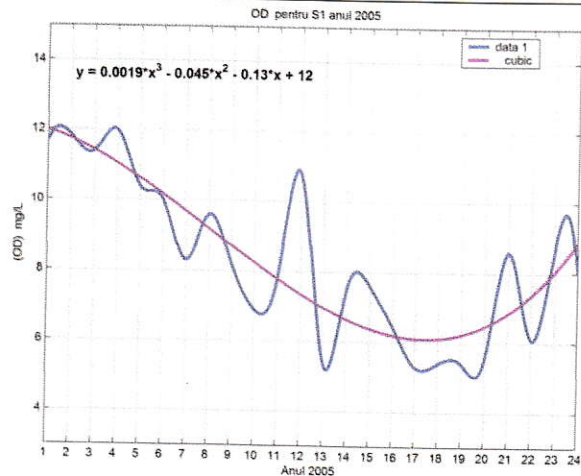
Funcțiile polinomiale realizate la exemplul 1 au proprietatea că restricționate la mulțimea $\{1,2,3,\dots,6\}$, domeniul de definiție al funcțiilor \widetilde{X}_C , coincid ca valori cu aceasta, pentru gradul polinomului mai mare decât numărul probelor.

Procesul poate fi reiterat și pentru exemplul 2, observând evoluția valorilor reziduale și respectiv concordanța dintre gradul polinomului, numărul de valori cunoscute ale funcției \widetilde{X}_C și intervalul de timp de un an considerat.

Tabel 2.9 Interpolarea datelor pentru oxigen dizolvat, anul 2005, stația S1

<p>Imaginea grafică a polinomului de interpolare</p> 	<p>Polinomul de interpolare de grad 1</p> $y = p1*x^1 + p2$ <p>Coefficienți:</p> $p1 = -0.23325$ $p2 = 11.175$ <p>Norma reziduală= 22.885</p>
<p>Imaginea grafică a polinomului de interpolare</p> 	<p>Polinomul de interpolare de grad 2</p> $y = p1*x^2 + p2*x^1 + p3$ <p>Coefficienți:</p> $p1 = 0.024907$ $p2 = -0.85592$ $p3 = 13.959$ <p>Normă reziduală= 17.236</p>

Imaginea grafică a polinomului de interpolare



Polinomul de interpolare de grad 3

$$y = p1*x^3 + p2*x^2 + p3*x^1 + p4$$

Coeficienți:

$$p1 = 0.0018739$$

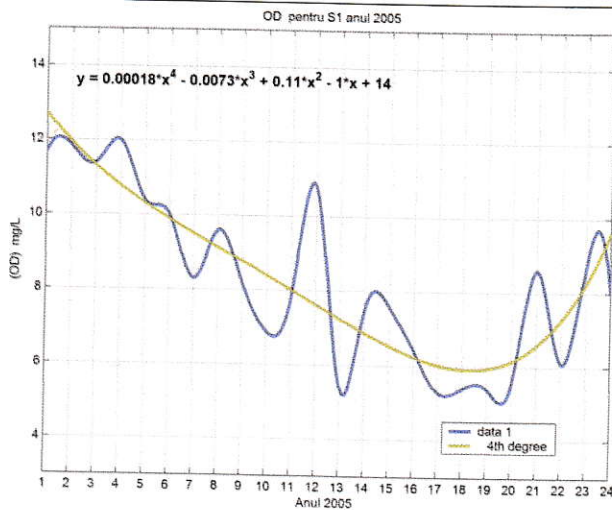
$$p2 = -0.045366$$

$$p3 = -0.1275$$

$$p4 = 12.174$$

$$\text{Normă reziduală} = 15.908$$

Imaginea grafică a polinomului de interpolare



Polinomul de interpolare de grad 4

$$y = p1*x^4 + p2*x^3 + p3*x^2 + p4*x^1 + p5$$

Coeficienți:

$$p1 = 0.0001839$$

$$p2 = -0.0073209$$

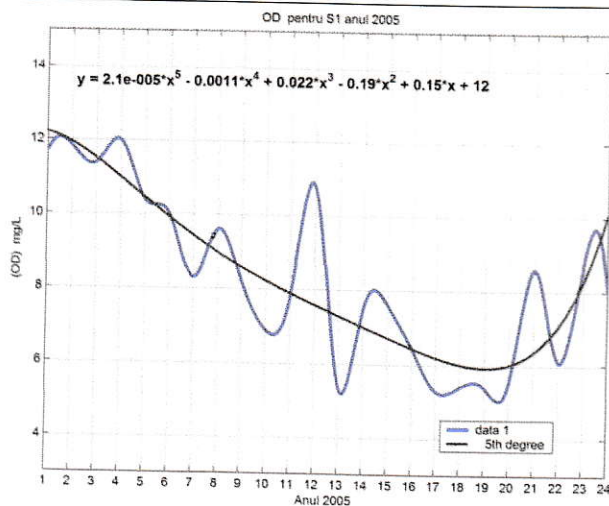
$$p3 = 0.10601$$

$$p4 = -1.0385$$

$$p5 = 13.659$$

$$\text{Normă reziduală} = 15.45$$

Imaginea grafică a polinomului de interpolare



Polinomul de interpolare de grad 5

$$y = p1*x^5 + p2*x^4 + p3*x^3 + p4*x^2 + p5*x^1 + p6$$

Coeficienți:

$$p1 = 2.0845e-005$$

$$p2 = -0.0011189$$

$$p3 = 0.022159$$

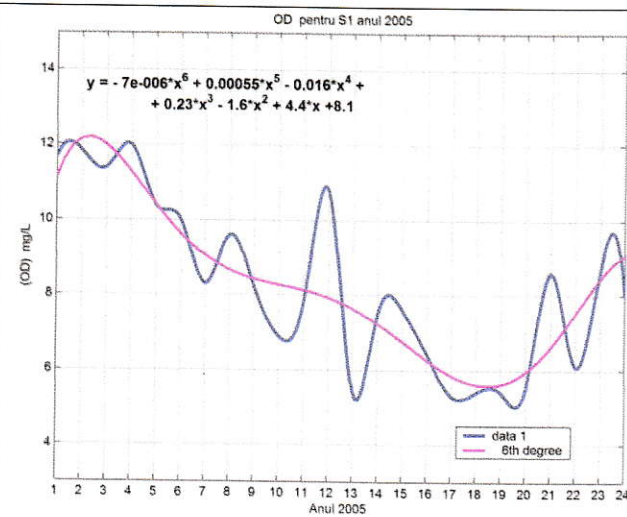
$$p4 = -0.18526$$

$$p5 = 0.14616$$

$$p6 = 12.228$$

$$\text{Normă reziduală} = 15.248$$

Imaginea grafică a polinomului de interpolare



Polinomul de interpolare de grad 6

$$y = p1*x^6 + p2*x^5 + p3*x^4 + p4*x^3 + p5*x^2 + p6*x^1 + p7$$

Coefficienți:

$$p1 = -7.0129e-006$$

$$p2 = 0.00054681$$

$$p3 = -0.01628$$

$$p4 = 0.23233$$

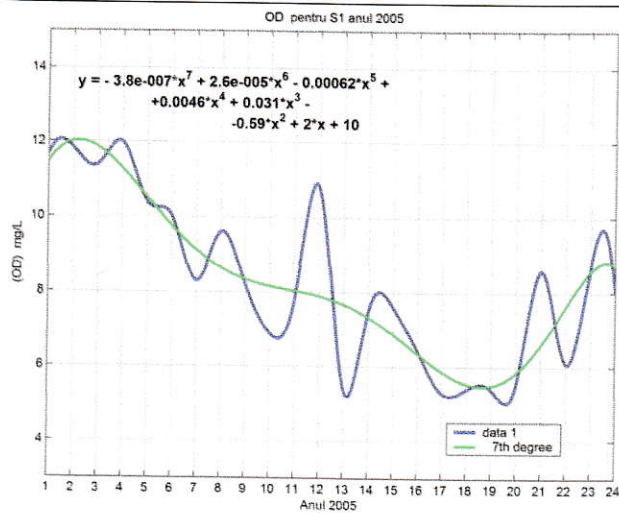
$$p5 = -1.6144$$

$$p6 = 4.4401$$

$$p7 = 8.1155$$

Normă reziduală = 14.454

Imaginea grafică a polinomului de interpolare



Polinomul de interpolare de grad 7

$$y = p1*x^7 + p2*x^6 + p3*x^5 + p4*x^4 + p5*x^3 + p6*x^2 + p7*x^1 + p8$$

Coefficienți:

$$p1 = -3.7982e-007$$

$$p2 = 2.6221e-005$$

$$p3 = -0.00061763$$

$$p4 = 0.0045699$$

$$p5 = 0.030671$$

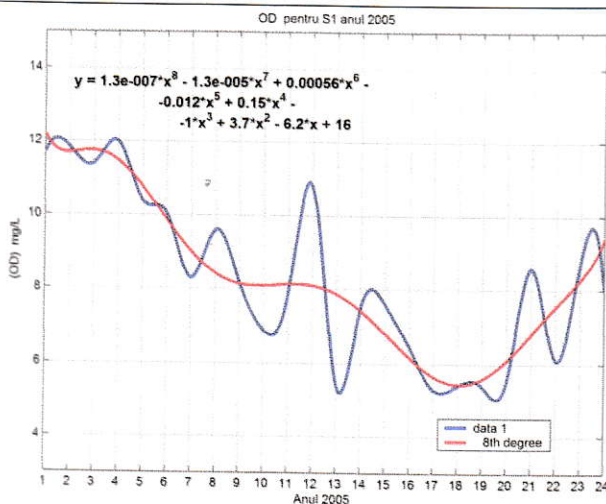
$$p6 = -0.59245$$

$$p7 = 2.0349$$

$$p8 = 10.024$$

Normă reziduală = 14.373

Imaginea grafică a polinomului de interpolare



Polinomul de interpolare de grad 8

$$y = p1*x^8 + p2*x^7 + p3*x^6 + p4*x^5 + p5*x^4 + p6*x^3 + p7*x^2 + p8*x^1 + p9$$

Coefficienți:

$$p1 = 1.2882e-007 \quad p2 = -1.3262e-005$$

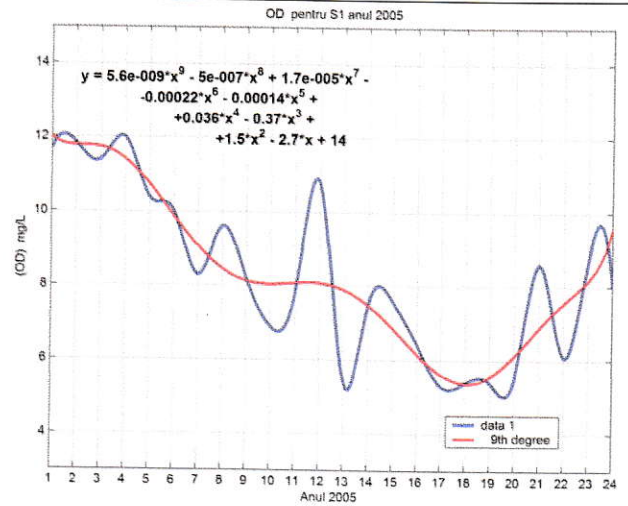
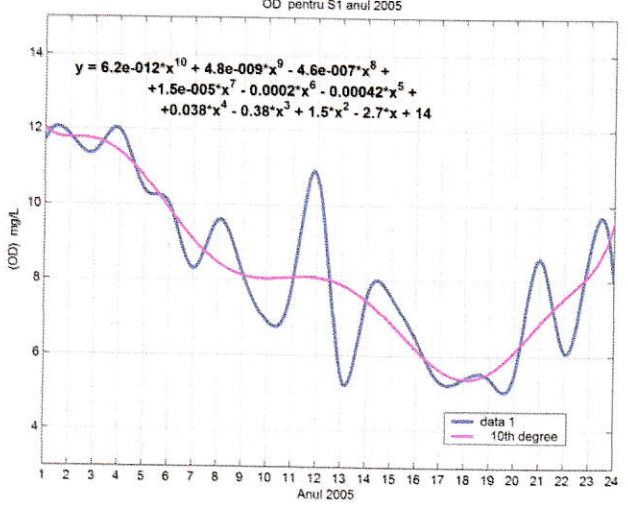
$$p3 = 0.00055775 \quad p4 = -0.012302$$

$$p5 = 0.15203 \quad p6 = -1.0416$$

$$p7 = 3.6768 \quad p8 = -6.168$$

$$p9 = 15.587$$

Normă reziduală = 14.06

<p>Imaginea grafică a polinomului de interpolare</p> 	<p>Polinomul de interpolare de grad 9</p> $y = p1*x^9 + p2*x^8 + p3*x^7 + p4*x^6 + p5*x^5 + p6*x^4 + p7*x^3 + p8*x^2 + p9*x^1 + p10$ <p>Coeficienți:</p> <p>p1 = 5.5886e-009 p2 = -4.9989e-007 p3 = 1.6596e-00 p4 = -0.00022105 p5 = -0.000141 p6 = 0.035809 p7 = -0.37414 p8 = 1.5087 p9 = -2.6619 p10 = 13.51</p> <p>Normă reziduală = 14.04</p>
<p>Imaginea grafică a polinomului de interpolare</p> 	<p>Polinomul de interpolare de grad 10</p> $y = p1*x^{10} + p2*x^9 + p3*x^8 + p4*x^7 + p5*x^6 + p6*x^5 + p7*x^4 + p8*x^3 + p9*x^2 + p10*x^1 + p11$ <p>Coeficienți:</p> <p>p1 = 6.2122e-012 p2 = 4.8121e-009 p3 = -4.5818e-007 p4 = 1.5336e-005 p5 = -0.0001975 p6 = -0.00042104 p7 = 0.037928 p8 = -0.3841 p9 = 1.5358 p10 = -2.6997 p11 = 13.53</p> <p>Normă reziduală = 14.04</p>

Și în acest caz se poate urmări evoluția normei reziduale în raport cu gradul polinomului, (tabel 2.9). Toate funcțiile polinomiale realizate cu ajutorul MATLAB, conțin doar o parte din valorile seriei temporale inițiale. Pentru a avea aceiași finalitate ca în exemplul 1 va trebui să se identifice un polinom de grad minim 24. Limitările în acest sens ale mediului MATLAB, pot fi corectate folosind soft-ul TC2D, (fig. 2.10). Și în acest caz se observă scăderea normei reziduale cu creșterea gradului polinomului de interpolare, (fig. 2.17).

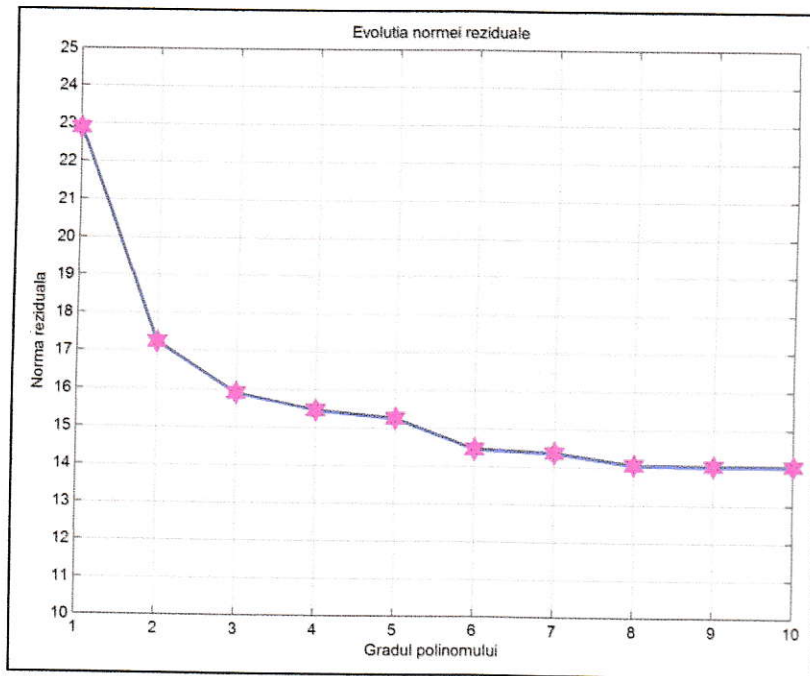


Figura 2.17 Evoluția normei reziduale în cazul interpolării cu funcții polinomiale

Deoarece evoluția este monotonă se poate preziona evoluția normei reziduale pentru gradul crescător al polinomului de interpolare, (fig. 2.18).

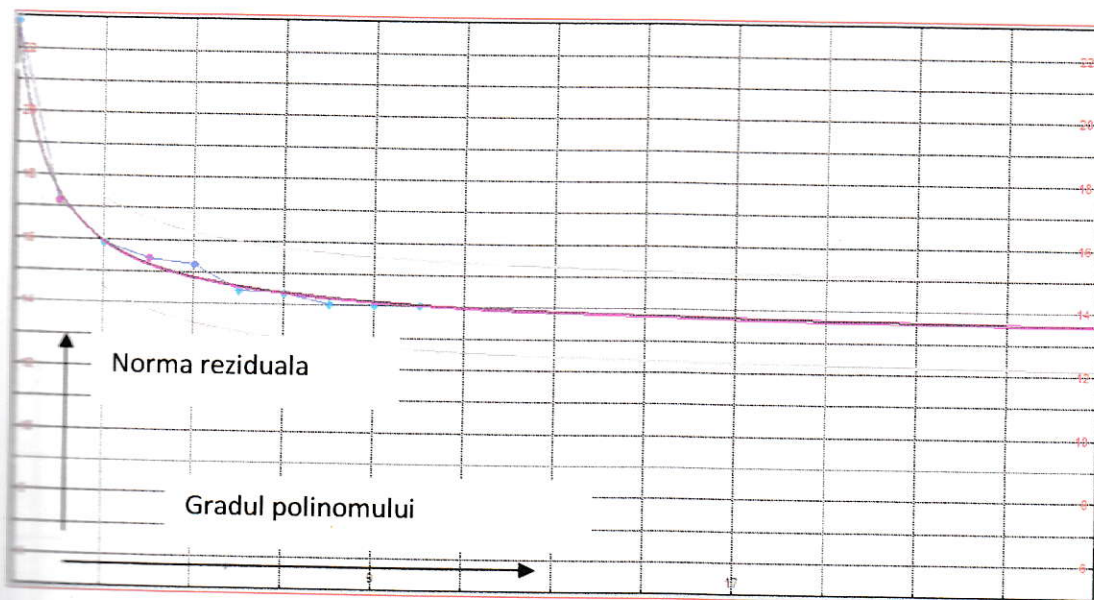


Figura 2.18 Evoluția normei reziduale cu creșterea gradului polinomului

Alegând un alt tip de interpolare, se observă că norma reziduală poate să scadă foarte rapid după gradul polinomului egal cu 11, (fig. 2.19). Aceasta poate fi un exemplu de interpolare și previzionare pentru date cu un caracter monoton

descrescător, fenomen totuși rar întâlnit sau doar pe perioade scurte de timp în cazul parametrilor de calitate.

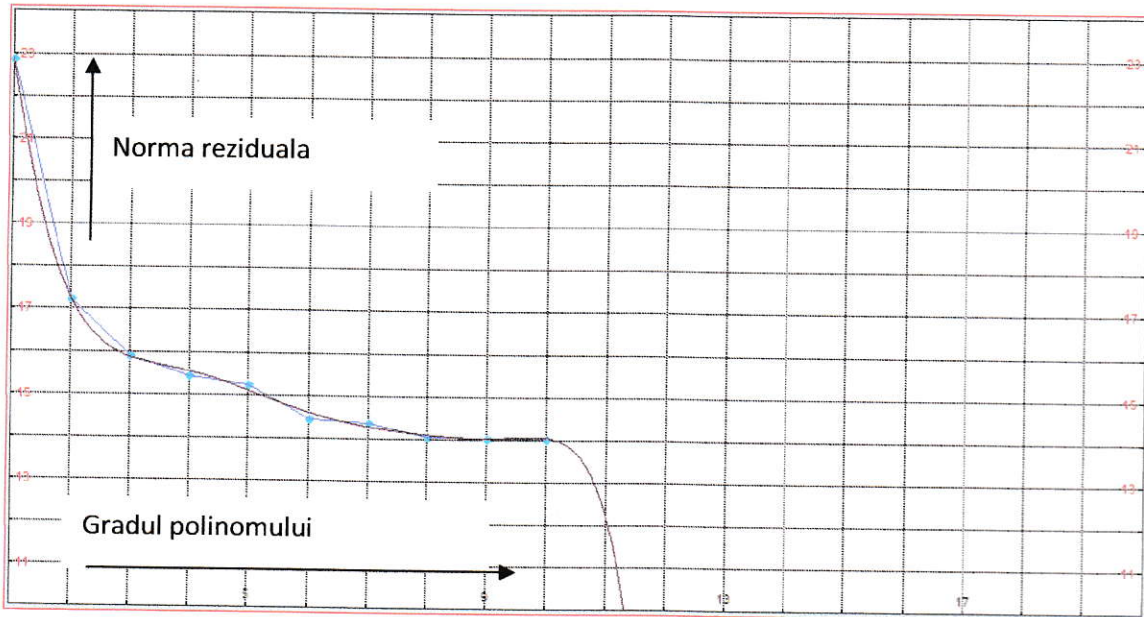


Figura 2.19 Evoluția care indică poliname de interpolare de grad mai mare decât 10

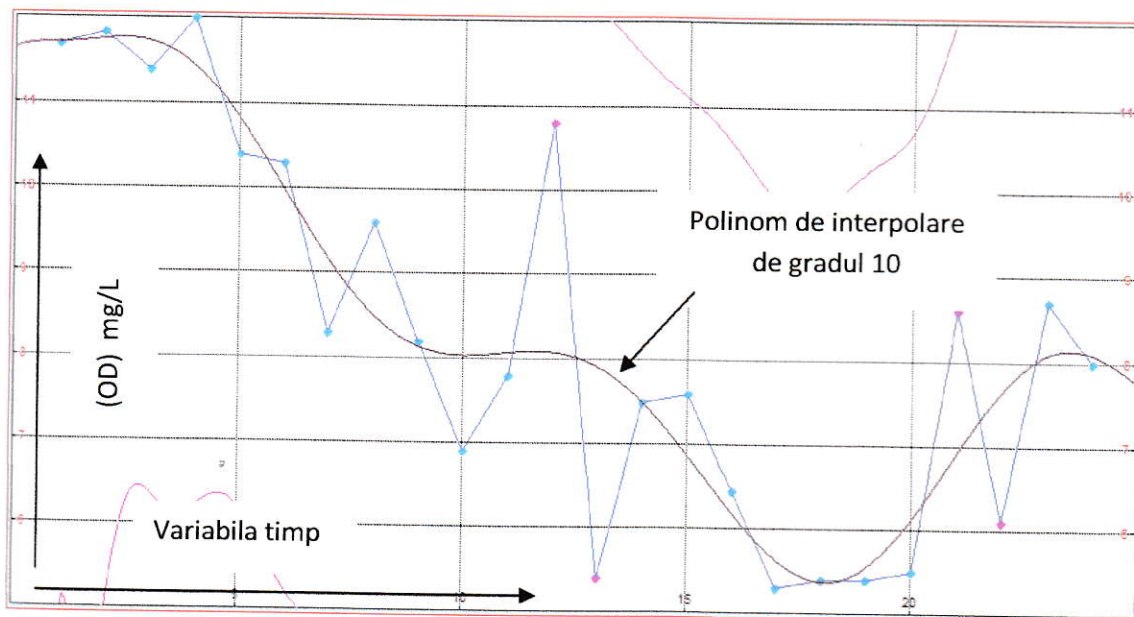


Figura 2.20 Polinomul de gradul 10 realizat cu TC2D

2.2.2. CONSTRUCȚIA FUNCȚIILOR DE TIP X_{CR} CU AJUTORUL MEDIULUI SOFTWARE TableCurve 2D

În cazul modelării evoluției datelor pentru concentrația oxigenului dizolvat, folosind softul TC2D, se pot analiza evoluțiile acestui parametru precum și situațiile definite ca supuse unei inerții a pastrării trendului crescător/descrescător într-un anumit segment temporal, (fig.2.21). Această inerție poate produce variații de cel puțin 1 mg/L.

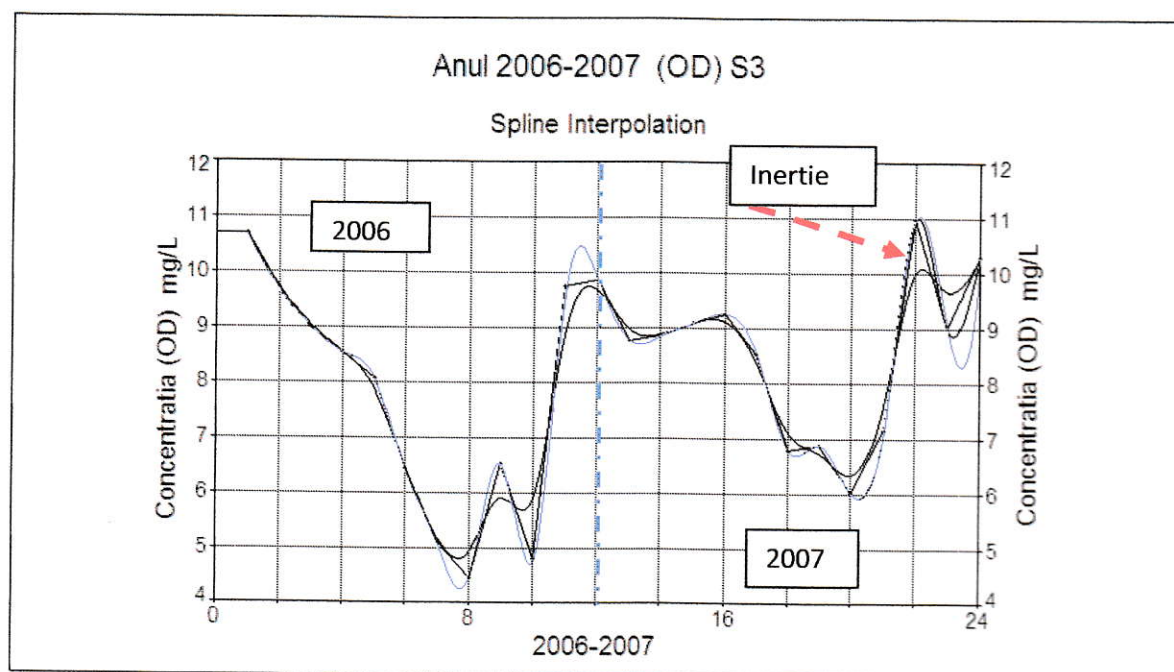


Figura 2.21 Evoluția parametrului OD în stația S3 interpolând datele Spline

Ipoteza conform căreia evoluția se realizează conform unor funcții continue și derivabile se confirmă folosind modelarea datelor și analiza grafică prin soft-ul TC2D, (fig.2.22).

Așa cum se observă în figura 2.23, funcția X_{CR} nu va fi indefinit derivabilă. Mult mai aproape de evoluția trendului general este evoluția obținută prin eliminarea unor date „out of range”, așa cum se observă în figura 2.24. prin „eliminarea zgomotului” pe baza de date.

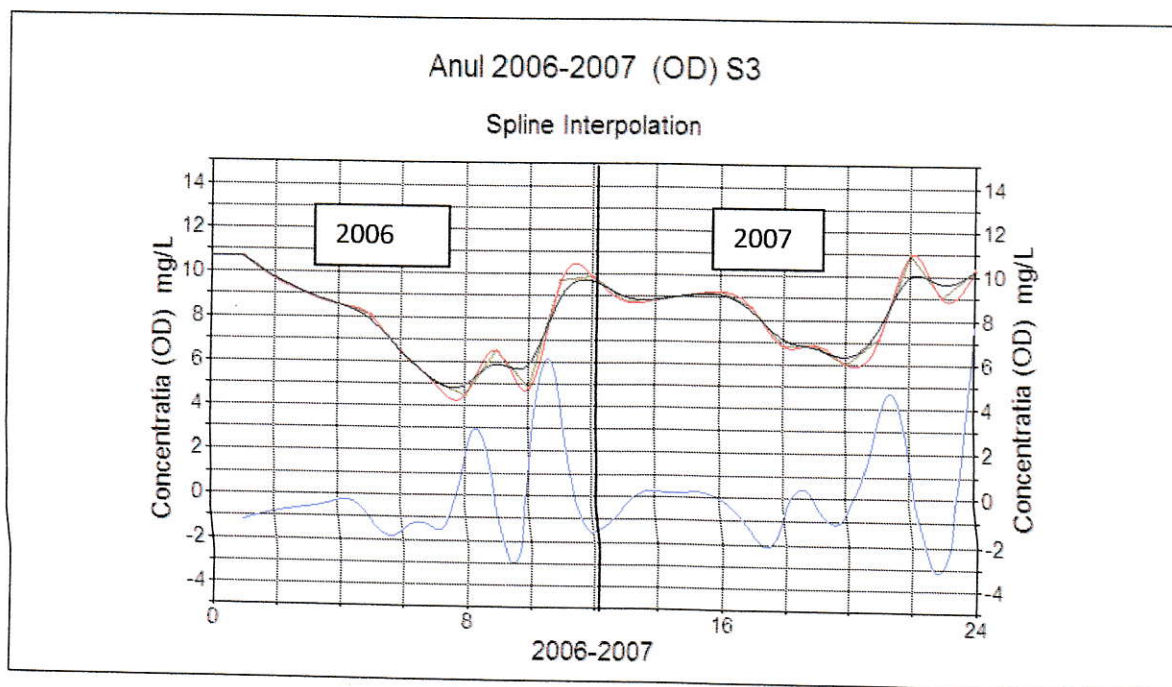


Figura 2.22 Evoluția parametrului OD în stația S3 interpolând datele Spline și considerând derivata întâi

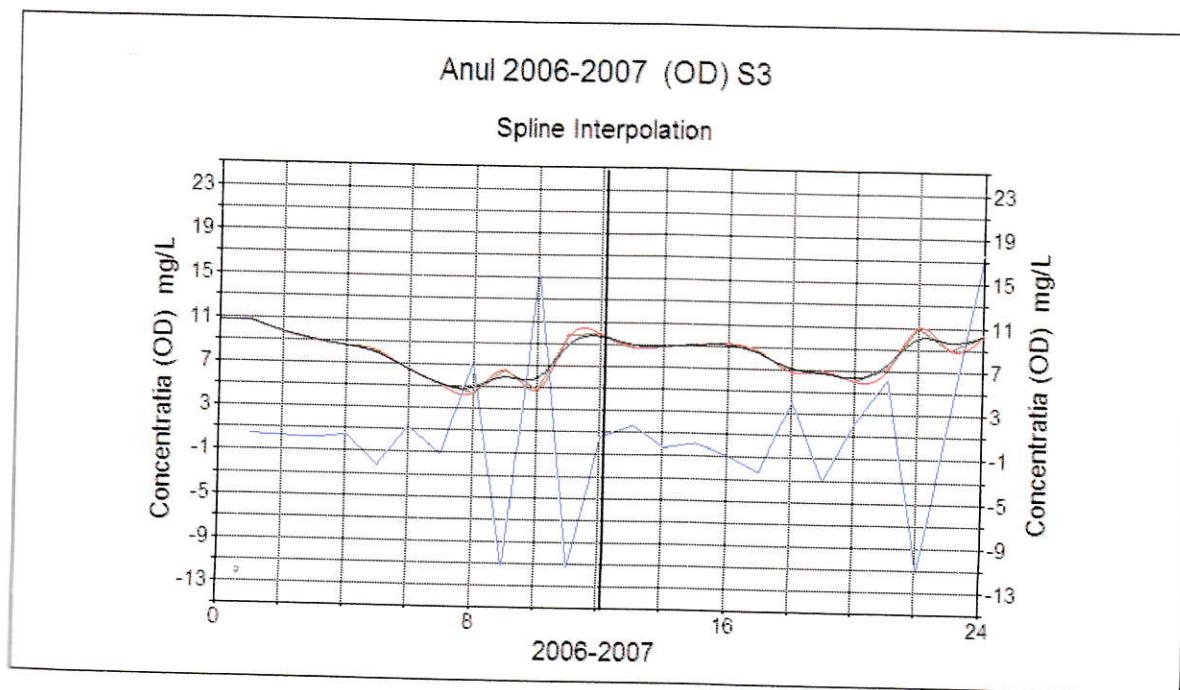


Figura 2.23 Evoluția parametrului OD în stația S3 interpolând datele Spline și considerând derivata a doua

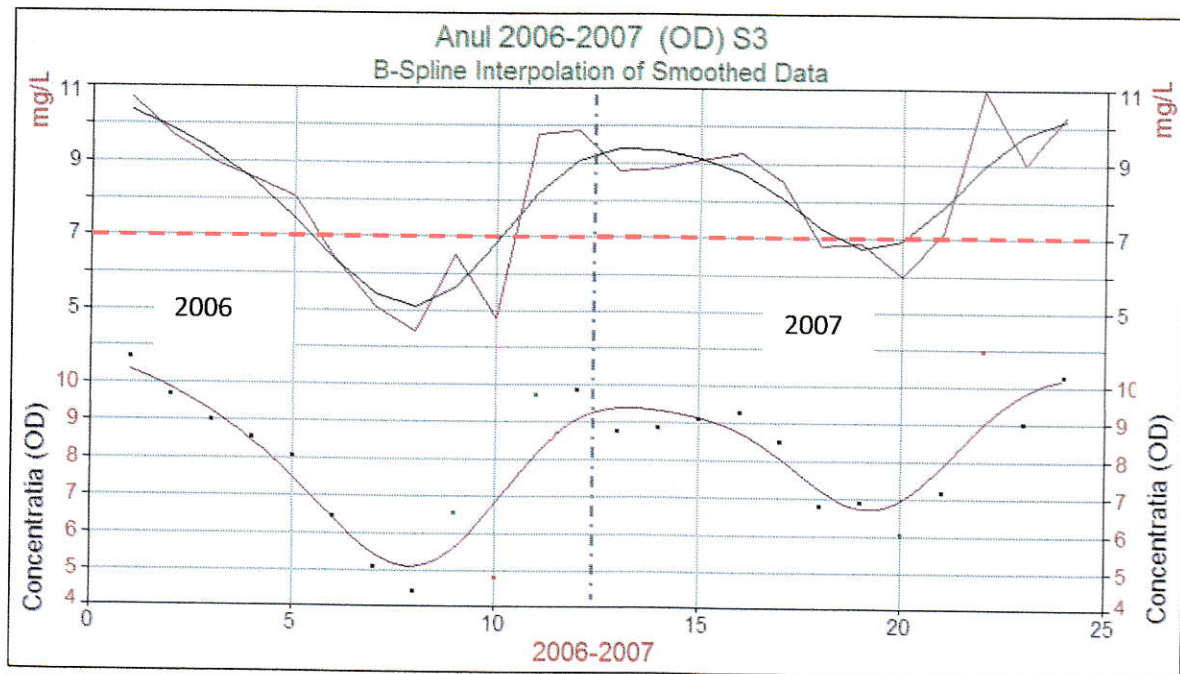


Figura 2.24 Evoluția parametrului OD în stația S3 interpolând datele Spline, dar eliminând zgomotului (date cu variații mari față de majoritatea datelor)

Același soft poate realiza modele SARIMA pentru realizarea unor predicții, iar pentru aceasta există situații în care evoluția previzionată este foarte apropiată de evoluția ulterioară reală, (fig. 2.25).

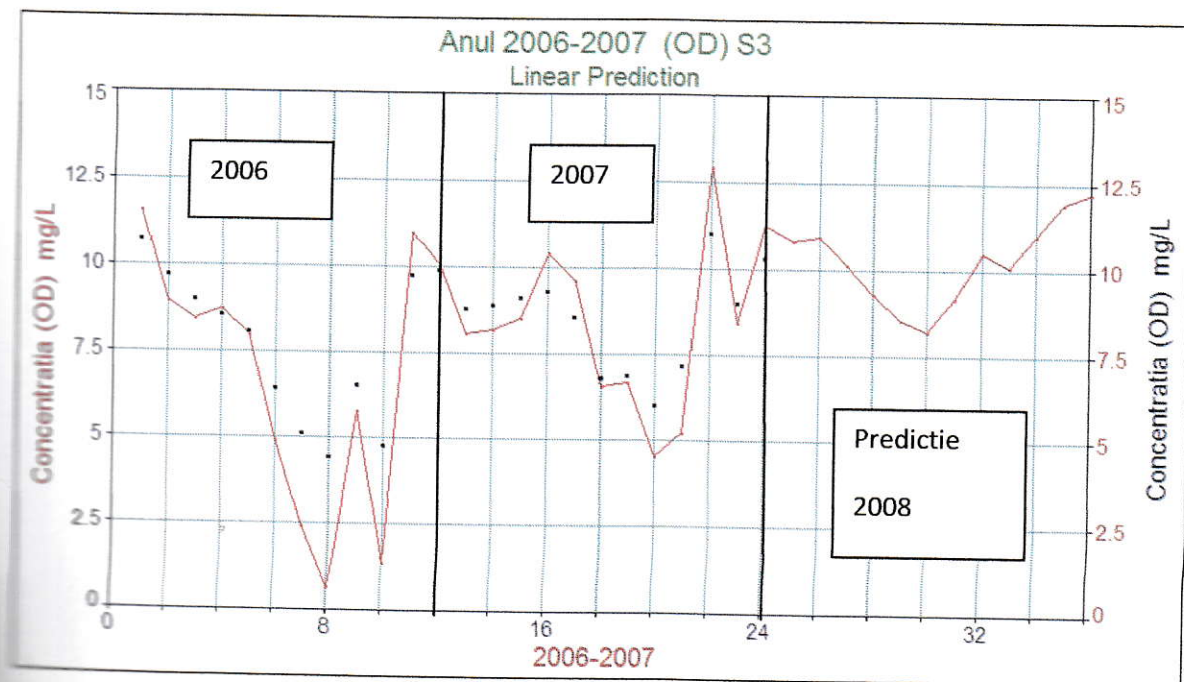


Figura 2.25 Evoluția parametrului OD în stația S3 pentru anii 2006-2007 și predicția realizată pentru anul 2008

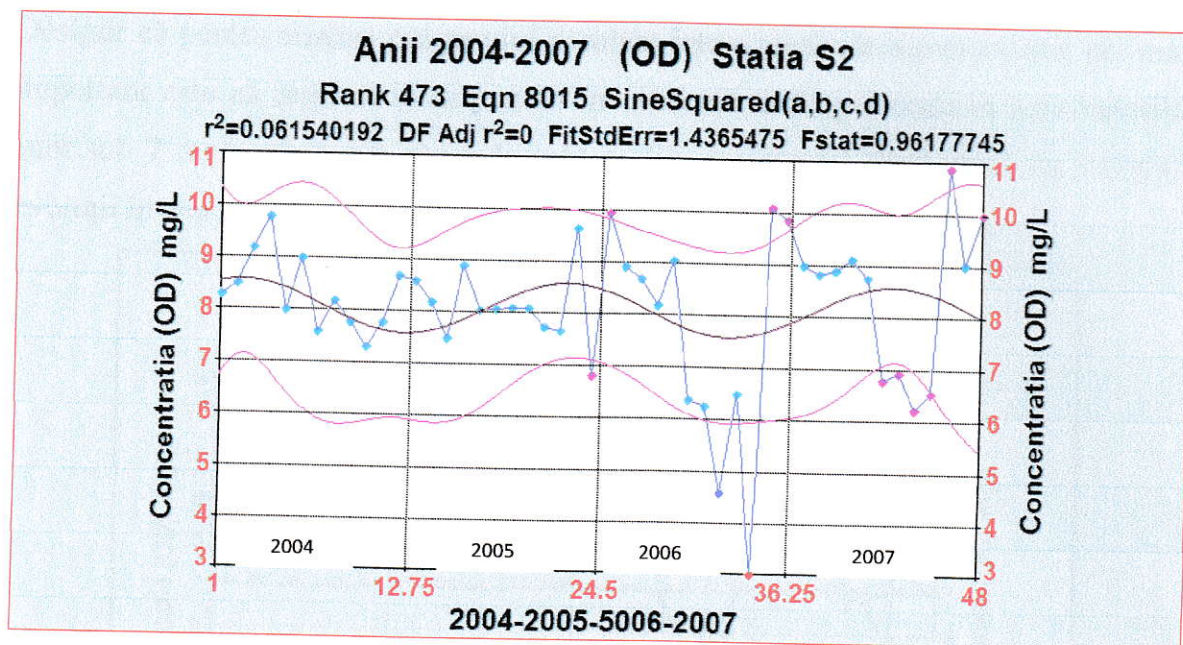


Figura 2.26 Evoluția parametrului OD în stația S2 interpolând datele sinusoidal

Evoluțiile sinusoidale sunt realizate prin folosirea transpunerii și importului de date din mediul EXCEL însă, perioada principală se poate modifica în timp pentru același parametru. Aceasta poate fi pusă doar pe seama unor presiuni poluante asupra corpului de apă, (fig.2.26, și fig. 2.27).

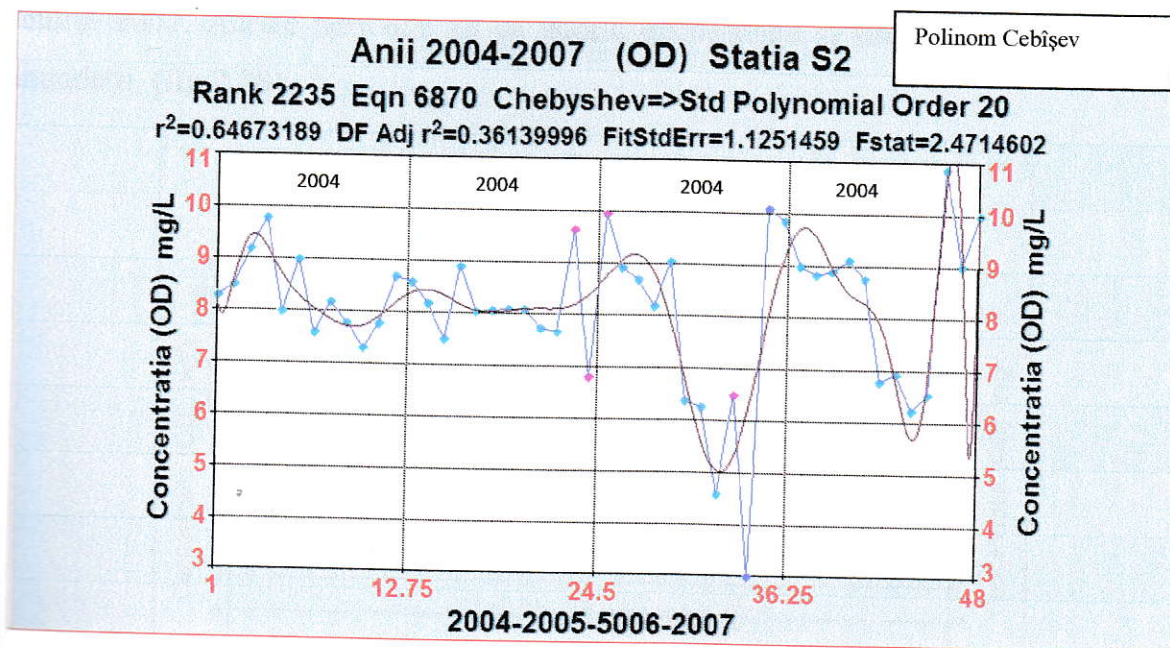


Figura 2.27 Evoluția parametrului OD în stația S2 interpolând datele Spline

Desigur că pentru analiza oxigenului dizolvat într-o stație de monitorizare, cel mai important este să reținem și să punem în evidență acele perioade în care valorile sunt sub 7 mg/L, deci sub clasa de calitate III, dezideratul fiind acela de a obține evoluții în cea mai mare parte a anului în clasa de calitate II, (fig.2.28).

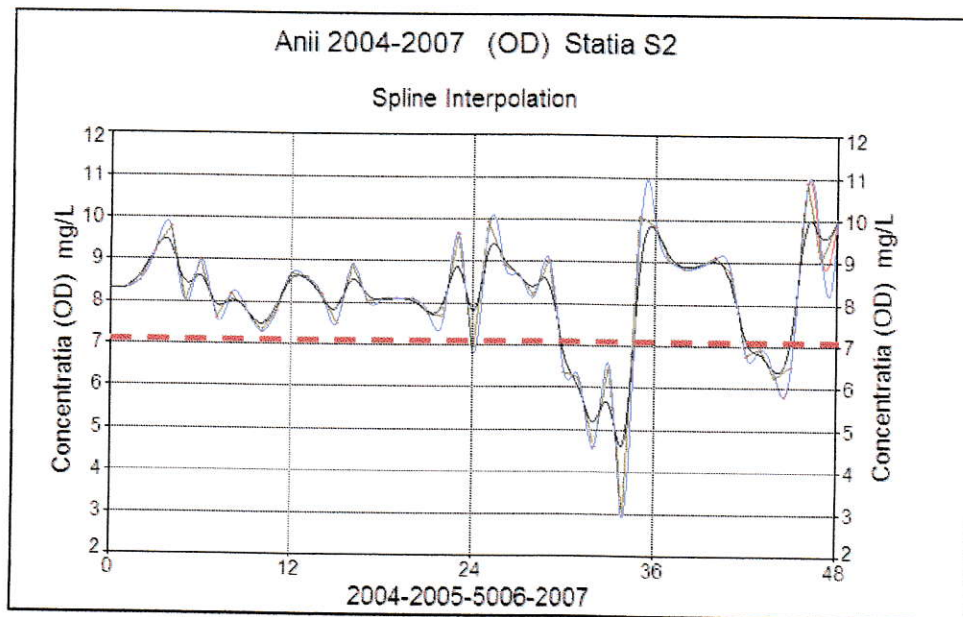


Figura 2.28 Evoluția parametrului OD în stația S2 interpolând datele Spline

Pentru valorile înregistrate în stația S2, putem considera critic anul 2006 și sfârșitul anului 2007. Aceste perioade au ca istoric evenimente și situații de risc, precum inundații, (fig.2.28).

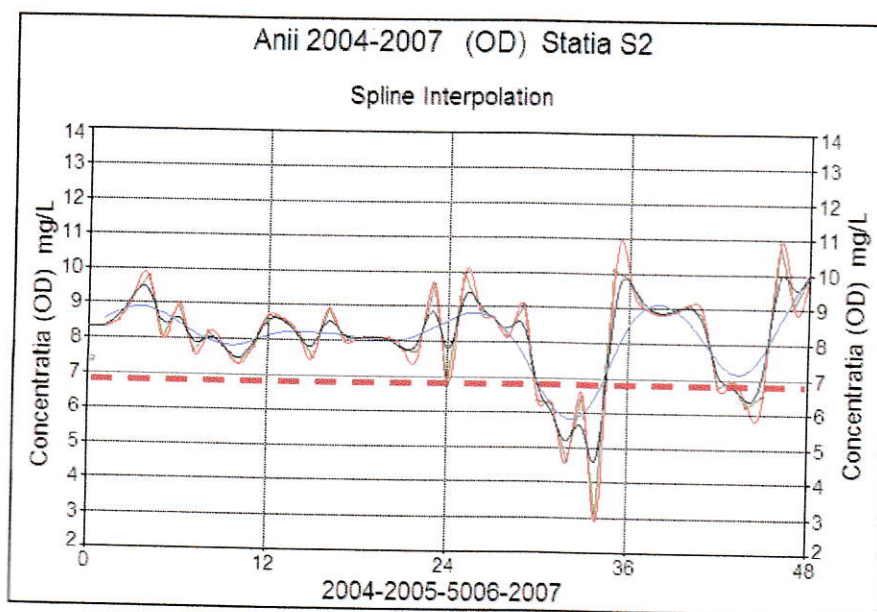


Figura 2.29 Evoluția parametrului OD în stația S2 perioade cu evoluții sub clasa II de calitate

Baza de date realizată uniform permite și un suport de 4 ani pentru a preziona evoluția pe doi ani însă, doar manipulând eficient parametrii de calcul ai soft-ului TC2D pentru modelare ARIMA sau SARIMA, (fig.2.30).

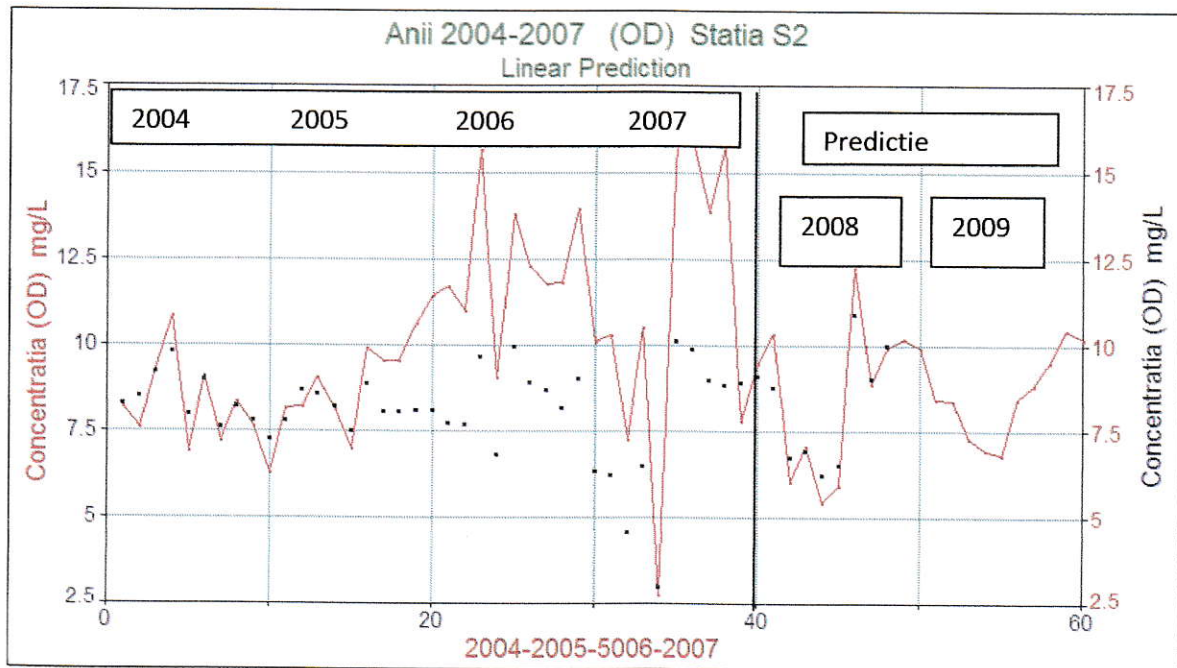


Figura 2.30 Evoluția parametrului OD în stația S2 și previzionare pentru doi ani având ca bază datele a patru ani

Mărirea perioadei de analizat la patru ani păstrează elementele evoluției sezoniere anuale, (fig.2.31).

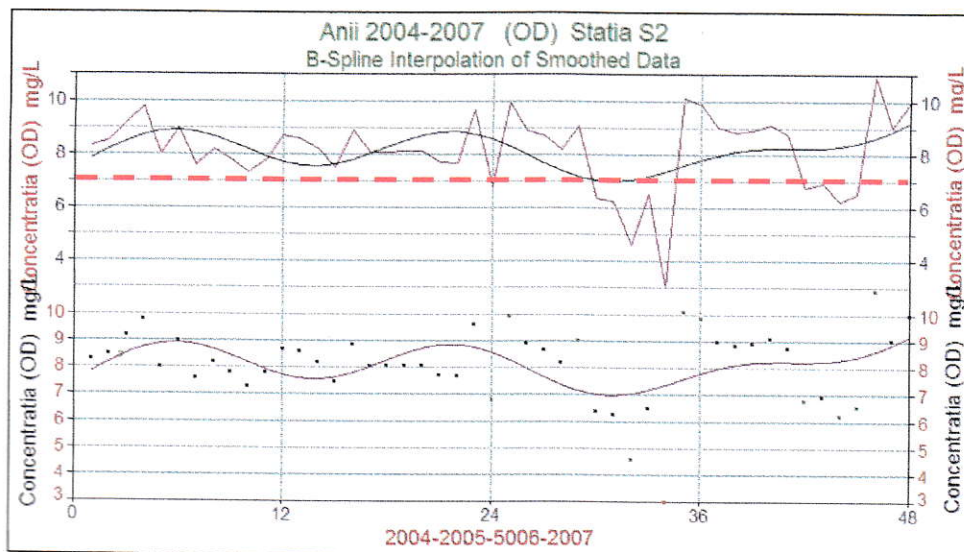


Figura 2.31 Evoluția parametrului OD în stația S2 interpolând datele Spline și eliminând zgomotul

2.3. CONCLUZII ASUPRA BAZELOR DE DATE ANALIZATE

Procesele de monitorizare ale unui corp de apă sau cele care urmăresc nivelul de încărcare cu poluanți ai apelor uzate realizează serii temporale ale parametrilor de calitate.

În majoritatea acestor sisteme se realizează în timp descrieri cu ajutorul unor serii temporale care rețin parametrii unui factor investigat secvențial în timp, lunar sau bilunar, deci sezonier.

Această bază de date poate fi considerată ca o reprezentare a istoricului evoluției unor parametri de calitate. Prin secvențialitatea prelevărilor și analizei acestora, această bază de date poate constitui o imagine a evoluției în timp, însă, datorită complexității sistemului, o istorie fidelă se poate constitui atunci când factorul timp ar fi discretizat mult mai fin, deci, practic, prin mărirea numărului de probe prelevate lunar. De cele mai multe ori, aceasta este imposibil, solicitând costuri mult mai mari și un volum de muncă și o implicare a factorului uman mult mai intensă. Constituirea unui sistem electronic integrat de monitorizare rămâne încă un deziderat și la stadiul de proiect, descris în studii de specialitate, însă nerealizabil practic în viitorul apropiat.

Schema algoritmică de analiză propusă se dorește a fi una flexibilă și posibil de aplicat în cazul rescrierii unui istoric a datelor ce acoperă datele lipsă pe perioade temporale întinse, datele lipsă ce pot ascunde comportări în afara limitelor de calitate admise. Această schemă constituie o nouă formă de abordare în domeniul analizei bazelor de date referitoare la fenomene de mediu, realizată de autor și a fost folosită și prezentată în mai multe studii cu această tematică.

Algoritmul prezentat poate identifica trenduri ale evoluției parametrilor de calitate ai apelor de suprafață sau asupra apelor uzate deversate în receptor.

Considerarea unor concepte, precum funcția de stare, spațiul observabil, spațiul previziunilor imediate, factorul de comparație pentru diferiți parametri de calitate ce nu sunt prezentați cu aceeași unitate de măsură, structurează modelul de analiză pentru considerarea noțiunilor de monotonie a funcțiilor de stare, analiza

grafică în spațiul observabil spre construcția unei imagini atât a istoricului de date cât și pentru previziunile asupra evoluției parametrilor conform cu acest istoric al datelor.

Considerarea funcțiilor analitice de stare ale parametrilor de calitate, ca subspațiu al funcțiilor continue și derivabile, restrângerea spațiilor de funcții ce pot fi abordate din punct de vedere al teoremei Weierstrass de găsim a celei mai potrivite funcții analitice pentru care se cunosc doar valorile acestora pe o mulțime discretă de puncte, constituie partea de noutate adusă în plan teoretico-practic de studiul realizat în această teză.

Inerția este o caracteristică intrinsecă a proceselor din natură. În consecință, observarea modului în care un proces s-a manifestat în ultimul timp poate permite considerarea unor legități de evoluție ulterioară a acestuia.

Componenta neperiodică (trendul), componenta ciclică (sezonieră), sau componenta stohastică (aleatoare) încadrează evoluțiile parametrilor de calitate în grupa celor mai complexe sisteme.

Realizarea practică a modelării prin funcții continue, prin funcții polinomiale, ce pot aproxima uniform orice astfel de funcții, consideră funcțiile de stare ale parametrilor de calitate ca submulțime a funcțiilor continue și derivabile.

Alegerea funcțiilor polinomiale ca model pentru funcțiile de stare ale parametrilor de calitate asigură o îndepărtare minimă față de situația reală.

Evoluția în timp a unui sistem natural complex precum corpul de apă, constituie încă o provocare din punctul de vedere al modelării proceselor ce se desfășoară în acest mediu în timp.

Conform observațiilor proprii realizate pe parcursul realizării tezei, se poate afirma că sistemul este caracterizat prin desfășurarea mai multor procese în paralel în aceeași unitate de timp iar aceste procese sunt controlate de reguli ce influențează comportarea pe ansamblu a parametrilor de stare.

Această evoluție este specifică modelelor matematice de tip P-Systems care se bazează pe evoluții paralele a unor fenomene de stare, în prezența unor reguli specifice stărilor și domeniilor la un anumit moment.

Evoluția acestor sisteme realizată astăzi din punct de vedere teoretico-matematic așteaptă și implementarea acestor studii în mediul real, pentru aplicarea modelului matematic la nivelul fenomenului de mediu.

Studiul realizat în această teză, alături de alte investigații de acest tip ale autorului [84], au menirea de a constitui un prim pas către stabilirea tipurilor de reguli ce guvernează evoluția în timp al unui sistem acvatizat precum corpul de apă. Algoritmul de uniformizare prelucrare și analiză a datelor poate pune la dispoziția proiectelor de tip P-Systems o plajă de date ce modelează evoluția unui sistem real supus fenomenelor de mediu. Pe de altă parte, considerarea unor subspații în care au loc procese biochimice specifice mediului acvatizat poate fi considerat ca membrane (subspații caracterizate prin structura elementelor multi-mulțimilor de elemente ca molecule prezente în apă) și care conțin reguli specifice membranelor respective.

Evoluția de tip P-sisteme și structura membranelor ce conțin elemente și reguli poate fi identificată prin prezența mai multor molecule de același tip iar regulile pot fi reguli de rescriere ce modelează reacții chimice între elemente. Specificul mediului acvatizat este totuși unul complex și conform investigațiilor proprii am emis ipoteza că odată cu trecerea sistemului dintr-o stare în alta, nu migrează sau se modifică doar elementele de tip multi-set dar migrează și regulile de rescriere specifice unei anumite membrane identificate în structura inițială. Afirmăm totuși că un anumit control asupra funcțiilor de stare poate da informații despre felul în care regulile de rescriere migrează într-o anumită structură a modelului mediului acvatizat.

Analizele asupra reprezentărilor funcțiilor de stare ale oxigenului dizolvat au pus deja în evidență perioade temporale în care nivelul de oxigen dizolvat a scăzut sub 7 mg/L pentru o perioadă semnificativă, deci o trecere a nivelului de calitate sub clasa II de calitate. Aceste perioade nu sunt precizate spre exemplu ca perioade critice în cazul rapoartelor de mediu ale agențiilor de mediu locale care au realizat sinteza anuală a acestor date. Din acest punct de vedere anul 2006 este unul deosebit și coincide cu o perioadă a unor inundații.

CAPITOLUL 3- COMPLEXUL DE ALGORITMI DE UNIFORMIZARE, PRELUCRARE ȘI ANALIZĂ A DATELOR (AUPAD)

Scopul acestui capitol este de a fundamenta teoretic complexul de algoritmi de uniformizare, prelucrare și analiză a datelor (AUPAD), cea mai importantă construcție din punct de vedere teoretic și al aplicațiilor practice ulterioare în acest studiu.

Modelul matematic pentru analiza parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață și al apelor uzate (AUPAD) permite completarea datelor lipsă în istoricul bazelor de date, realizează prelucrarea prin metode proprii analizei numerice a seriilor temporale ale bazelor de date, corelează identificarea unor funcții analitice ce pot modela evoluția parametrilor de stare ai corpurilor de apă și dă posibilitatea realizării de predicții ale acestor evoluții.

Elaborarea anumitor forme funcționale matematice specifice seriilor temporale care redau cât mai fidel, sintetic și corelațional evoluția și interacțiunea dintre o serie de indicatori de calitate ai modelului studiat, pune în evidență comportarea unui corp de apă în timp, din punctul de vedere al evoluției parametrilor de calitate ai corpului de apă într-un spațiu amplu temporal.

Complexul de algoritmi realizat, AUPAD este un model flexibil și prezintă posibilitatea de a putea fi aplicat și în cadrul altor studii ce investighează baze de date și comportarea unor sisteme dinamice în timp.

Prin considerarea a cât mai mulți factori ce influențează evoluția în timp ai unor parametri de stare și a regulilor ce guvernează anumite subspații ale modelului investigat, construcția matematică realizează un pas important către definirea unui sistem acvatizat prin evoluția acestuia în timp sub influența unor procese oscilatorii în timp, proprii unui corp de apă.

Aplicarea schemei algoritmice proiectate permite studiul evoluției unor parametri ai regimului de oxigen dizolvat, aproximarea uniformă a funcțiilor de stare propuse anterior și corelarea acestora în spațiul observabil ai parametrilor de calitate în scopul de a stabili corelații asupra factorilor ce influențează aceste evoluții.

3.1. UNIFORMIZAREA SERIILOR TEMPORALE CU AJUTORUL FUNCȚIILOR SPLINE

Datele parametrilor de calitate pentru diferiți indicatori formează o bază de date rezultat al unor prelevări cu o frecvență de 6, 12 sau maxim 24 de date anual. Pentru a ajunge la o uniformizare a câmpului de date pe perioada din 1992-2006, am folosit interpolări cu ajutorul funcțiilor cubice Spline, folosind baza de date existentă.

Spre exemplu, pentru datele referitoare la conținutul de oxigen dizolvat, (OD), pentru anul 1992 au fost realizate probe și analize în stația S1 obținându-se date conform tabelului 3.1.

Tabel 3.1 Evoluția conținutului de (OD) în mg/L în anul 1992 în stația S1, lunar

Luna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OD	12.2	7.7	10.8	8.3	7.5	6.5	7.3	6.4	6.2	6.9	10.2	9.8

Seria temporală obținută prin interpolare Spline va conține 24 de date și se va prezenta conform tabelului 3.2, în care concentrația de (OD) este în (mg/L).

Tabel 3.2 Seria temporală a conținutului de (OD) procesată cu interpolare Spline

Nr.Crt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OD	12.2	8.9125	7.7	9.25	10.8	9.7015	8.3	7.8596	7.5	6.8889	6.5	6.9

Nr.Crt.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
OD	7.3	6.8909	6.4	6.2591	6.2	6.4056	6.9	8.6944	10.2	10	9.8	9.8

Prin acest procedeu s-au uniformizat toate datele avute la dispoziție, date ce vor fi analizate în continuare. Analiza grafică arată că se poate observa o evoluție ce descrie variația concentrației de oxigen dizolvat. Discretizarea intervalului temporal cu o normă mai fină prezintă unele evoluții ce nu pot sau nu au fost sesizate în timp, cum ar fi creșteri sau scăderi în afara limitelor acceptate. În figura 3.1 se observă o pantă a descreșterii mai amplă în luna ianuarie sau o valoare mai mare în luna noiembrie.

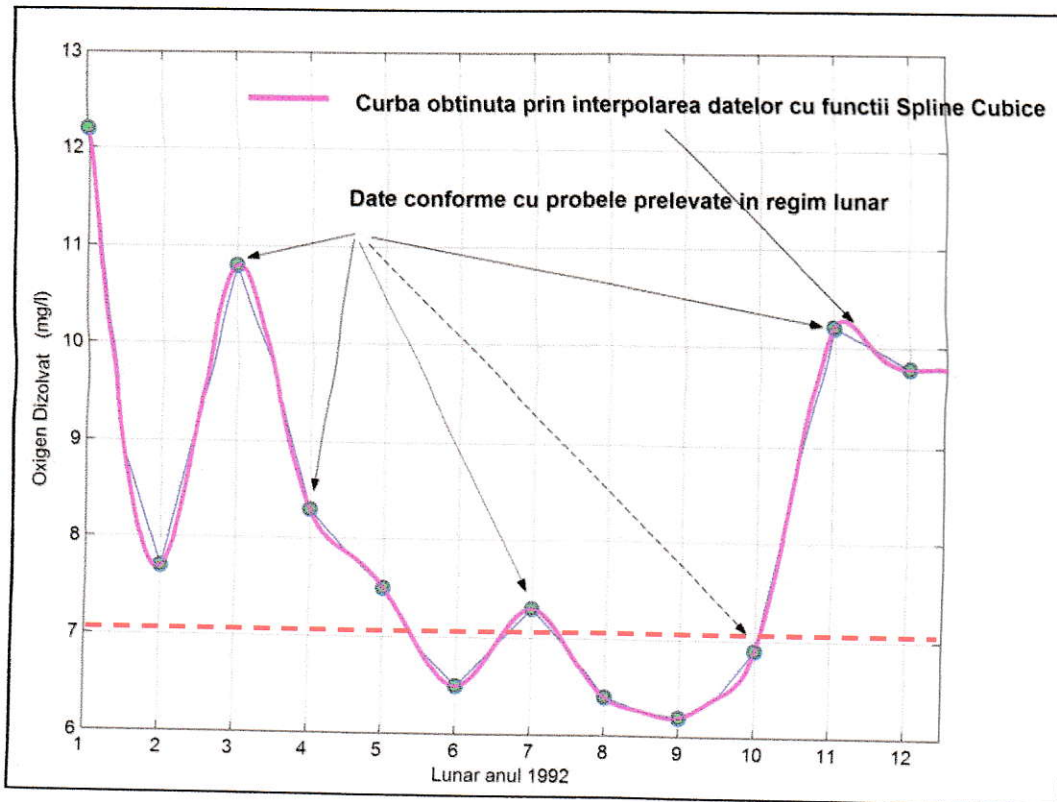


Figura 3.1 Variația în perioada Ianuarie-Februarie a conținutului de (OD). Se observă o descreștere mult mai rapidă, analizând curba interpolării Spline cubice

Analizând situații diferite s-au obținut evoluții ce sunt conforme cu perioade critice ce au fost date de secetă, temperaturi mari precum și unele situații datorate unui nivel al precipitațiilor mai intens, (fig. 2).

O altă ipoteză pe care o introducem este aceea că Dunărea „respiră ca o ființă vie”, iar acest proces este continuu are loc după anumite legi, iar comportările acestui proces pot fi modelate cu funcții continue, asemeni propunerii de armonică prezentată în figura 3.2 [41].

Modelul poate vizualiza astfel evoluții critice în istoricul bazei de date. Anomaliile din grafic pot fi puse în concordanță cu nivelul precipitațiilor observat în stația Călărași (cu indicativul: STAID:221), (fig. 3.3), pentru anul 2006 luna noiembrie când s-au înregistrat precipitații între 05/11/2006-06/11/2006 de respectiv: 12,6 și 20,0 mm iar în anul 2007 în luna august, patru zile consecutive cu precipitații de 15; 42; 5; respectiv, 21 mm [42].

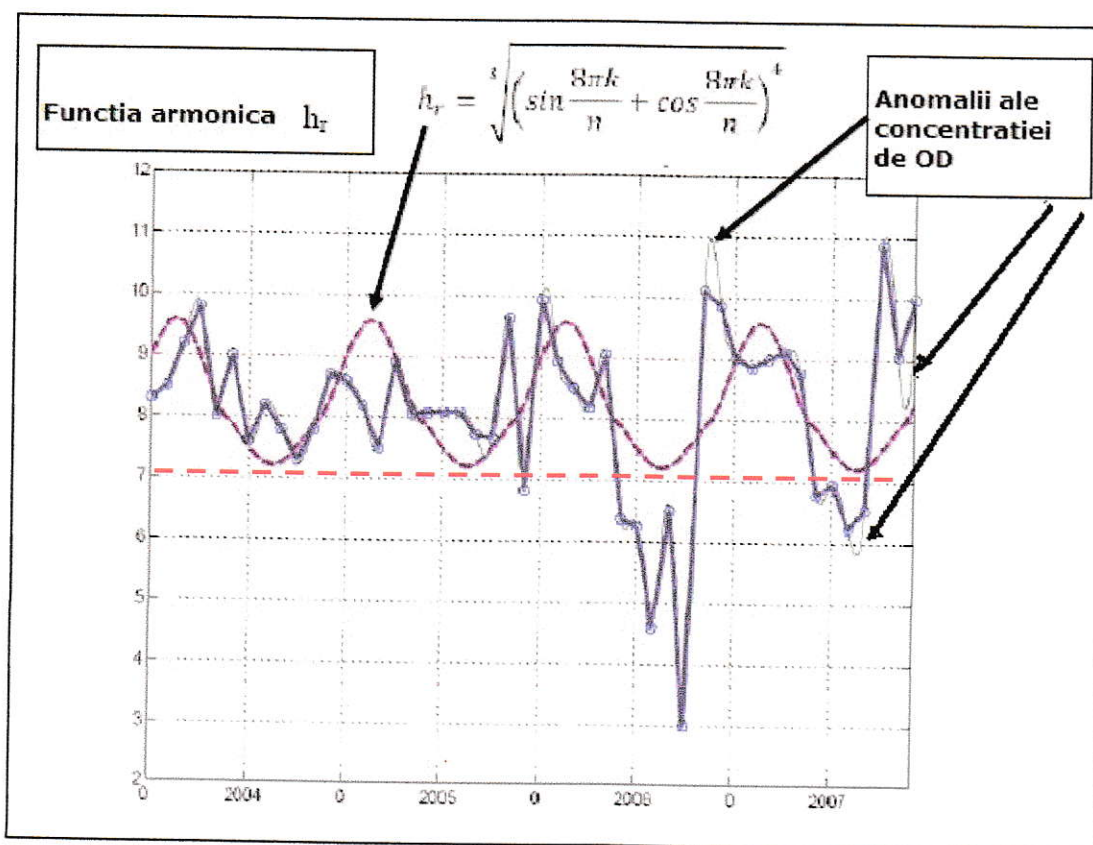


Figura 3.2 Funcția armonică și identificarea unor perioade critice

Aceasta confirmă posibilitatea folosirii datelor extinse conform construcției propuse iar anomaliile sesizate pot duce la atingerea unor valori mai mari cu 1 mg/L față de cele înregistrate.

Există în același timp și situații în care se pot observa astfel de anomalii, chiar în lipsa unor date datorită neprelevării sau alte motive obiective dar, care pot fi restaurate cu ajutorul metodei de interpolare potrivit alese din punct de vedere al discretizării intervalului de timp.

Modalitățile de interpolare a datelor pot influența analiza grafică a evoluției unui anumit parametru de calitate, (aici în cazul (OD)), lucru care poate fi analizat dacă în anumite intervale de timp se elimină anumite date și se efectuează interpolarea cu diferite discretizări ale intervalului de timp, suprapunând datele reale asupra evoluției grafice obținute, (fig. 3.4).

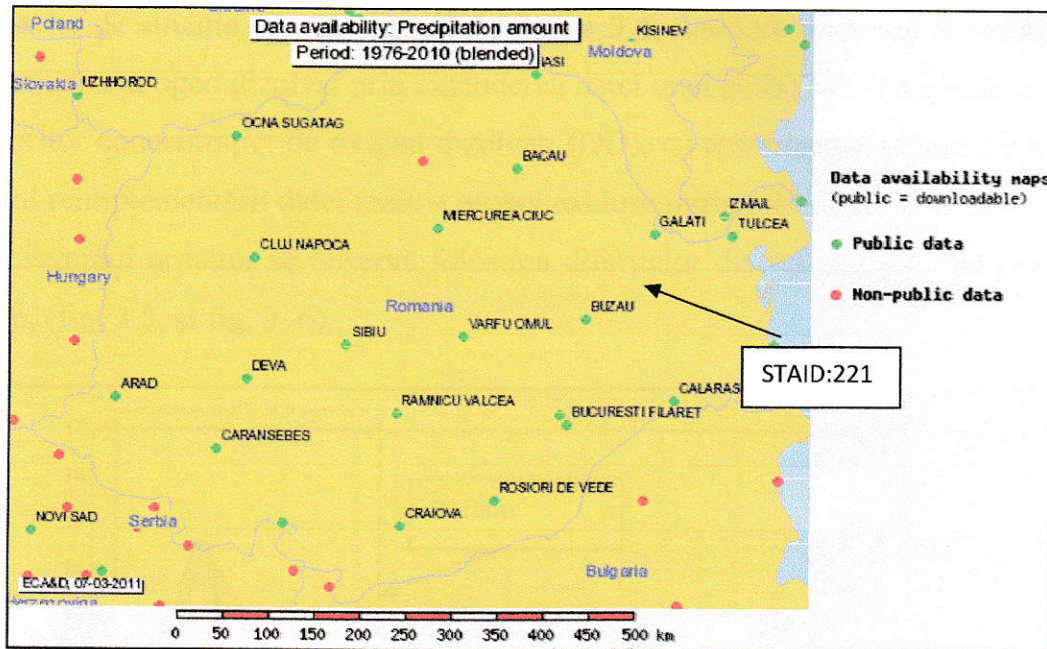


Figura 3.3 Stația Călărași (cu indicativul: STAID:221) EU-FP6 project MILLENNIUM

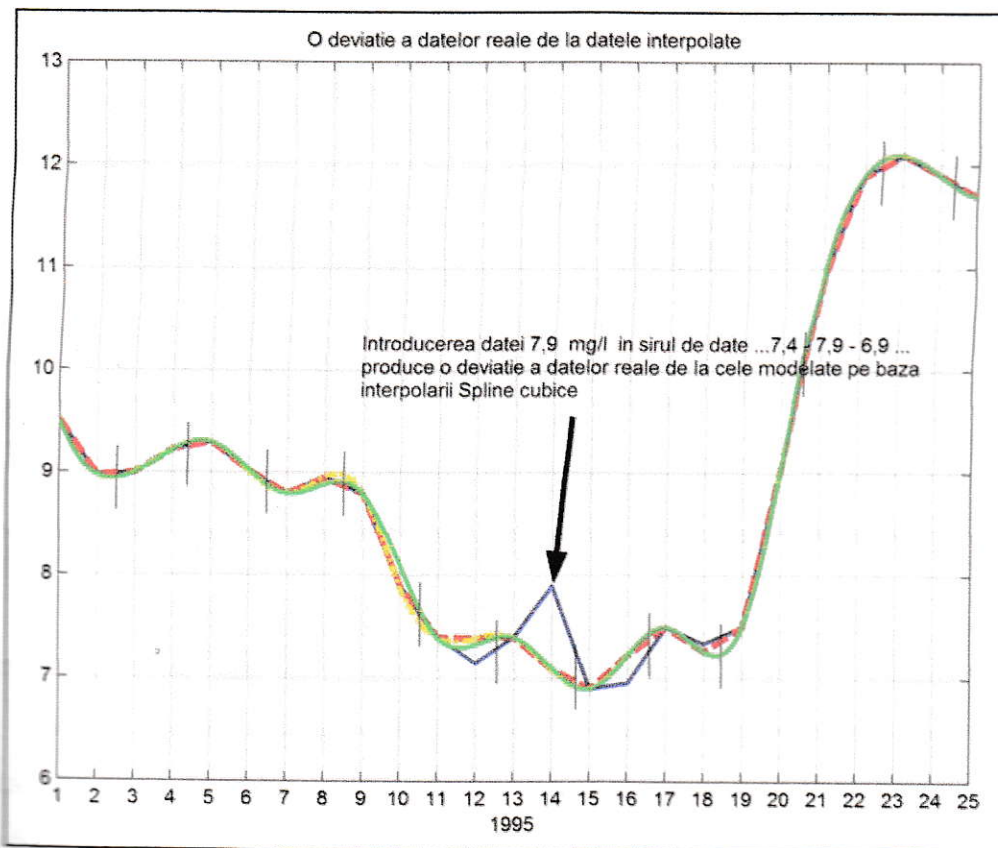


Figura 3.4 Analiza evoluțiilor în timp prin implementarea sau excluderea unor date din seria temporală

O astfel de situație este prezentată în figura 3.4, unde pe un trend descrescător al parametrului ogen dizolvat prin excluderea datei unei probe, s-a înregistrat un salt al valorilor concentrației de oxigen dizolvat, (OD), cu aproximativ 0.50-0.70 mg/L în cazul reimplementării datei reale a probei excluse inițial din seria temporală.

In exemplul următor se observă folosirea diferitelor discretizări ale intervalului de timp, (fig. 3.5, și fig. 3. 6).

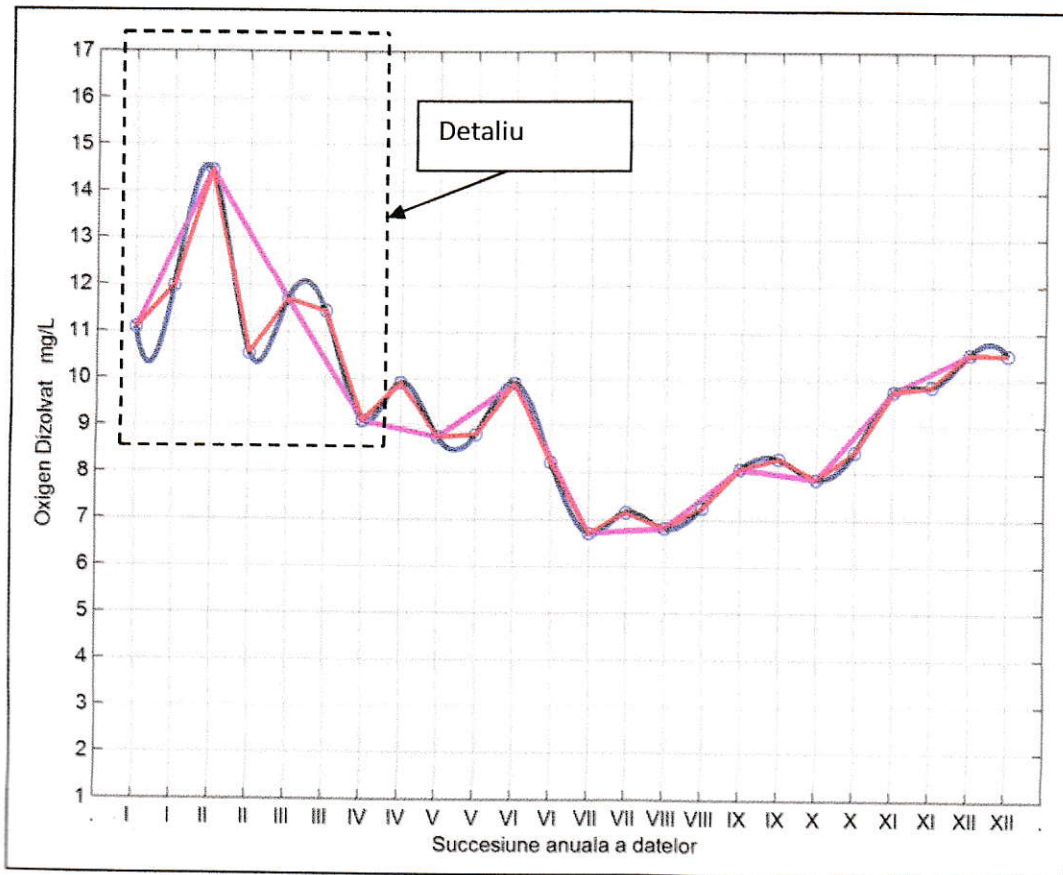


Figura 3.5 Interpolarea seriei temporal reprezentând datele pentru concentrația de (OD)

Folosirea diferitelor norme de discretizare, din ce în ce mai fine pentru variabila timp, descrie evoluții ce modifică valorile maxime/minime sau medii, prin introducerea sau neluarea în considerare a valorilor înregistrate într-o anumită lună, (fig. 3.6).

Se observă o dată neînregistrată pentru luna a X-a, și pentru acest motiv aceasta a fost procesată și înregistrată ca valoare în modelul teoretic propus.

Această serie temporală, ca și celelalte analizate, au fost extinse prin același procedeu la un număr de 24 de date anual. În cazul acesta, valorile maxime și respective minime nu se modifică în modelul teoretic construit. Se observă însă modificări substanțiale pentru valorile medii, mediane, Std (deviație standard), conform valorilor din tabelul 3.4., datele fiind procesate prin programe proprii MATLAB.

Tabel 3.4 Evoluția valorilor extreme conform discretizării

Valori CBO ₅ mg/L	Discretizare 1	Discretizare 0.0001
Min	2	2
Max	4.1	4.1
Mean	2.813	2.766
Media	2.785	2.748
Deviație standard Std	0.5613	0.4087
Range	2.1	2.1

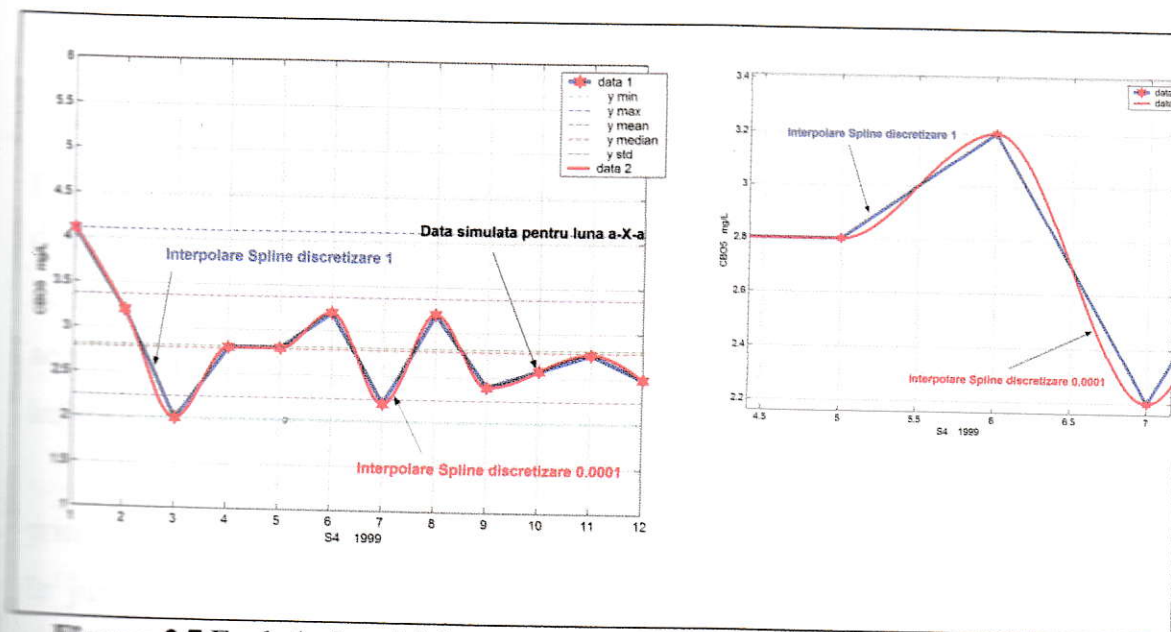


Figura: 3.7 Evoluția funcției de stare X_C în jurul unei date cunoscute pentru $C \equiv CBO_5$

Analiza trendului apare semnificativă în cazul unui sistem de monitorizare activ pe un termen lung. Studii asupra nivelului de eutrofizare a corpurilor de apă, studii asupra deteriorării globale pe termen lung a marilor corpuri de apă, datorată activităților umane controlate sau necontrolate sunt din ce în ce mai actuale. Trendul descrescând al nivelului de oxigen dizolvat (OD) din fluviul Dunărea este un aspect care va fi dezvoltat și analizat prin metodologia propusă.

Desoperirea unui anumit trend, neconform cu așteptările, legat de nivelul concentrațiilor specifice apelor curate, poate porni semnalul de alarmă cel puțin pentru găsirea cauzelor și cauzalităților.

În mod normal un anumit trend specific evoluțiilor nivelului variabilelor de calitate al corpurilor de apă trebuie să aibă în vedere o bază de date concludentă care să depășească zece ani [15]. Nu întotdeauna există o bază de date concludentă și completă în acest sens și în acest caz rezultatele pot îngloba la rândul lor abateri probabile greu de controlat.

Unele perioade de acest tip, din intervalul temporal 1992 – 2006, vor fi puse în evidență în analiza următoare, în aplicarea modelului matematic de analiză (AUPAD).

Chiar dacă, în cazul mediului acvatizat al corpurilor mari de apă, nu există modele teoretice care să fundamenteze evoluția concentrațiilor unui anumit parametru de calitate, referirea putând fi asupra tipului de creștere/descreștere dintre două momente temporale t_1 , t_2 , concav sau convex, conform unei funcții continue și derivabile, sau, fără prezența în grafic a unor puncte unghiulare sau de întoarcere, acesta face ca ipoteza comportării acestor parametri să fie acceptată, nefiind infirmată de situații practice.

Funcțiile ce exprimă comportarea parametrilor de calitate vor fi acceptate, prin urmare, continue și derivabile, concave în jurul punctelor de maxim, convexe în jurul punctului de minim (fig. 3.7) cu acceptarea funcției de stare ca fiind continuă, derivabilă și deci mărginită într-un interval de timp compact.

3.2. CONSIDERAȚII ASUPRA FUNCȚIILOR $\widetilde{X}_C: \{1,2,3,\dots,12\} \rightarrow \mathbf{R}$

În continuare prezentăm funcțiile de stare \widetilde{X}_C pentru date de calitate a Dunării în perioada 2005-2006 pentru parametrii de calitate C,

$$C \in \{(\text{OD}), (\text{T}), (\text{pH}), (\text{CBO}_5), (\text{CCO}_{\text{Mn}}), (\text{CCO}_{\text{Cr}}), (\text{Q}), \dots\};$$

Datele vor fi analizate cu ajutorul regresiei liniare, polinoamelor de interpolare Lagrange, seriei mobile, funcțiilor cubice Spline și alte metode de interpolare și extrapolare.

Datele de calitate a apelor Dunării reflectă analizele monitorizate de cele patru stații precizate, pe perioada anilor 1992-2006, cu analize detaliate pentru perioada anilor 2005-2006, perioada în care dispunem de date din toate cele patru stații, putând astfel corela aceste date. Pentru realizarea corelațiilor între datele considerate, se vor folosi în continuare valori prezentate în mg/L sau părți per milion (ppm) sau alte unități de măsură specifice. Acestea pot reliefa numărul de molecule dintr-o anumită specie prezente în unitatea de volum de apă (m^3 de apă). Modelul construit astfel va da și posibilitatea de a analiza prezența unor specii chimice prin elemente ale unor mulțimi de tip „multisets”, mulțimi în care pot apare mai multe copii ale unui element.

Definiție 8: Un „multiset” este o mulțime în care un anumit element apare de mai multe ori prin copii ale elementului astfel încât fiecare element posedă un anumit ordin de multiplicitate.

De exemplu $\{a,a,b,b,b,c,d,d\}$ este un multiset care se va scrie și nota astfel: $\{(a,2);(b,3);(c,1);(d,2)\}$, exprimând pentru fiecare element, ordinul de multiplicitate al copiilor elementului.

Prin urmare, considerând conceptul de multisets, vom enunța și folosi în continuare următorul rezultat:

Lema 1: La momentul t, într-o unitate de volum din apă se regăsește un multiset de elemente în care elementele sunt molecule ale unei anumite specii chimice prezente în apă, cu un anumit grad de multiplicitate (ordin de multiplicitate) care este

reprezentat de un număr natural, ce poate reflecta concentrația unei anumite specii prezente în unitatea de volum de apă.

Spre exemplu, dacă la momentul t concentrația de OD este de 8.2 mg/l (8,2 ppm) iar concentrația de suspensii solide de 11.3 mg/l (11.3 ppm) și vom nota cu x elementele din prima specie iar cu y elementele din cea de-a doua specie, atunci multiset-ul elementelor va conține 8 elemente x și respectiv 11 elemente y , aceasta scriindu-se după modelul matematic $\{(x,8); (y,11)\}$. Pentru precizarea numărului de molecule putem folosi și calculul cunoscut ca cel ce face trecerea de la concentrația unui element al unei specii chimice la numărul de molecule din specia respectivă folosind numărul lui Avogadro. Desigur că nu putem vorbi de un număr mic de molecule în unitatea de volum dm^3 spre exemplu. Construcția teoretică dă posibilitatea de a crea un submodel matematic plauzibil prin care folosind o bogată bibliotecă de date să putem analiza evoluții ale concentrațiilor anumitor specii. Prin urmare valori de tipul 8 molecule sau 11 molecule pot apărea doar în construcția modelului matematic, strâns legată de ceea ce vom numi și defini ca „**spațiul vizibil al analizelor de calitate**”, sau **spațiul observabil al datelor (SO)**, (fig. 3.8). În cazul în care valorile nu sunt numere naturale putem folosi valoarea părții întregi a valorii calculate [41].

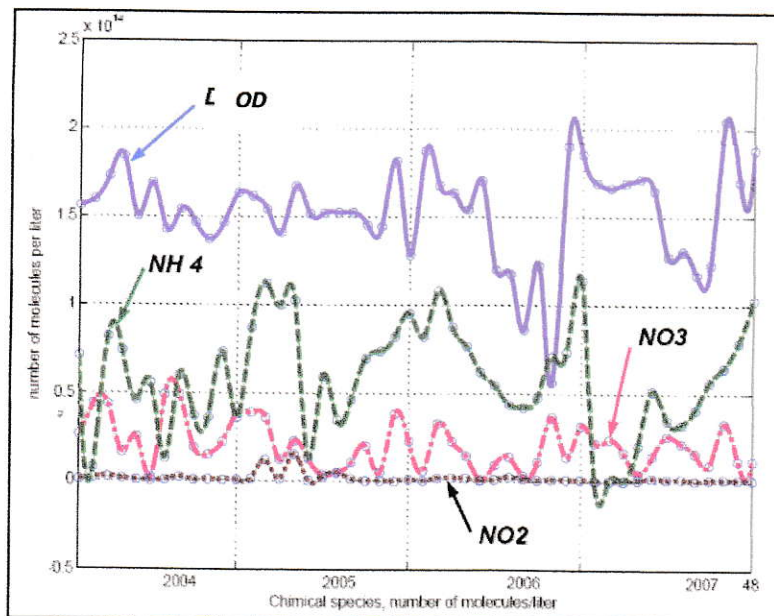


Figura 3.8 Spațiul observabil al datelor (SO)

Privind acest aspect, vom accepta că există un termen de calitate cantitativ, măsurabil și comparabil pentru o mare parte a substanțelor prezente în apă, de fapt, pentru toate acelea în care există evaluări cantitative, (fig. 3.9). Această construcție va fi reluată și susținută în continuare, **fiind necesară derulării unui „calcul cu membrane” susținută ca teoria matematică nouă a numitelor P-Sisteme** [69].

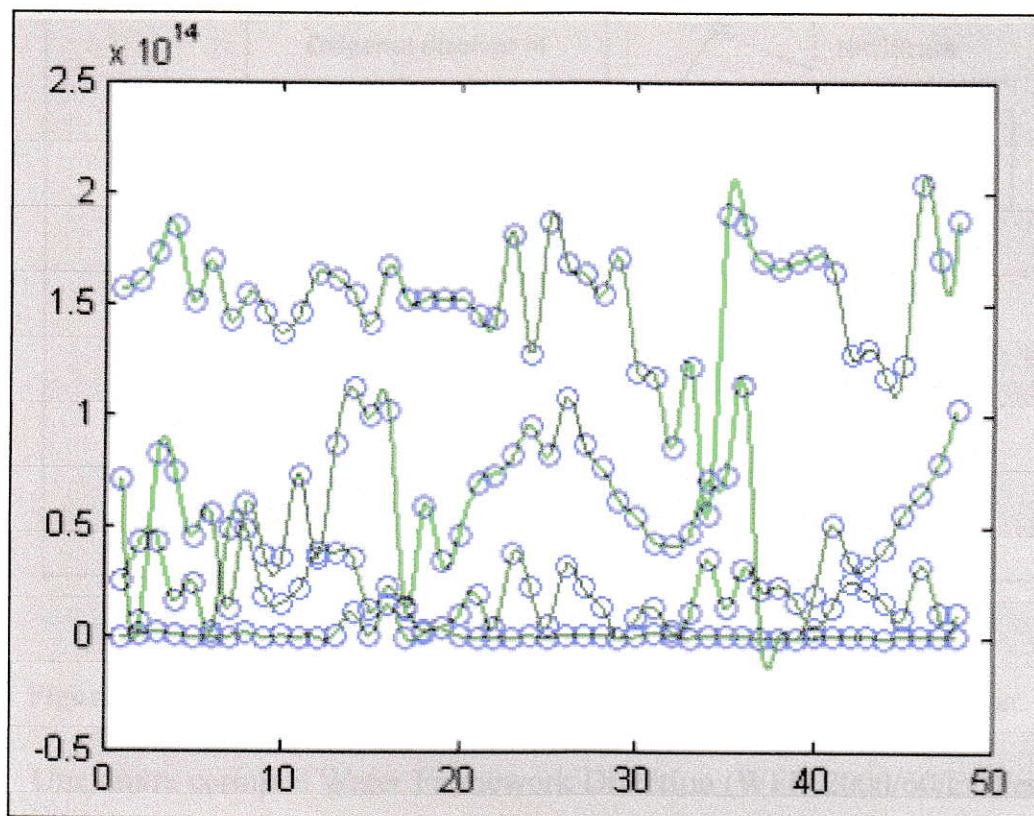


Figura 3.9 Spațiul observabil (SO) al analizelor de calitate, evoluția numărului de molecule din specii diferite în unitatea de volum

În continuare prezentăm evoluția unor parametri de calitate în stațiile de monitorizare numite pe intervalul 2005-2006 ca subinterval al perioadei 1996-2006.

Considerând abordarea unor subsisteme ce iau în considerare doar anumiți parametri de calitate, prezentăm în continuare imaginea submodelului analizat care se înscrie ca submodel al grupului oxigenului dizolvat, (fig. 3.10).

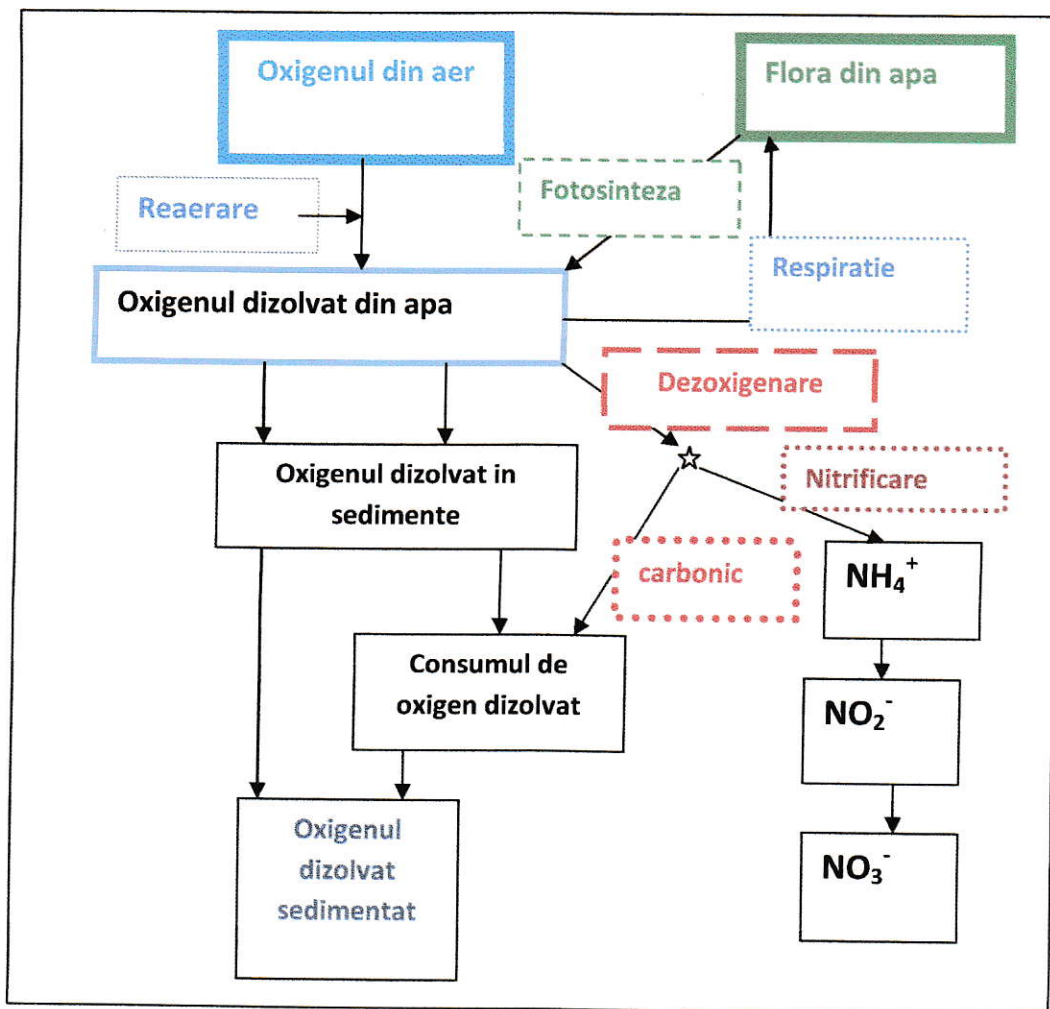


Figura 3.10 Subsistemul propus spre analiză ca parte a sistemului acvatizat

Una dintre cerințele Water Framework Direction (WFD 2000/60/EC) este de a se analiza și a prezice în ce mod va evolua calitatea apelor de suprafață în viitor. Pentru aceasta este necesară reconsiderarea tuturor factorilor ce pot produce o posibilă poluare și dezvoltarea capacității de a înțelege care este impactul acestora asupra corpurilor de apă de suprafață.

Debitul și temperatura apei sunt doi factori importanți ce trebuie considerați; aceștia influențează transportul și evoluția substanțelor poluante.

Studii asemănătoare ce au considerat analiza calității apei pe perioada 1991 – 2005 au urmărit comportarea apelor Dunării față de factori poluanți, precum:

Cu^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , etc., și indicatori de calitate precum concentrația de oxigen dizolvat sau consumul biochimic de oxigen.

Modelele predictive au folosit metode (Arima) SARIMA, (Seasonal Auto – Regressive Integrated Moving Average), producându-se evoluții pentru 12 luni în avans.

Modelele au avut în același timp, ca obiective, considerarea a trei tipuri de situații privind temperatura și debitul și anume condiții medii, temperatură ridicată și debit mic, precum și temperaturi joase și debit mare [44].

Conform propriilor studii putem considera că în condițiile analizei unui sistem minimal (al grupei oxigenului, spre exemplu) și considerând influențele naturale ale temperaturii sau debitului asupra acestora, se poate considera că momentele considerate extreme hidrologic rezultă din analiza construcțiilor grafice (analizei grafice) ale modelelor grafice ale funcțiilor propuse, deci prin analiza funcțiilor de tip X_C .

Se pot astfel înregistra anumite decade în care se înregistrează temperaturi mai ridicate și, în acest caz, concentrația de (OD) rămâne un timp mai îndelungat apropiată de un sub-minim acceptat, adesea în perioadele de vară, secetoase, deci cu debit mic al curgerii.

Pentru construcția de față se impune introducerea unei noțiuni legată de evoluția în afara limitelor admise a unor parametri de calitate, și anume anomalii observabile grafic, corespunzătoare așa ziselor momente „out of admissible limits”.

Definiție 9: Vom numi „anomalie observabilă grafic”, orice situație în care un parametru de calitate C are o valoare în afara intervalului minim-maxim admisibil conform legislației și normativelor în vigoare.

Identificarea și exemplificarea unor anomalii observabile grafic ale unor parametri de calitate C , pot ascunde o influență a unor factori de poluare prezenți în decada respectivă, dacă perioada temporală nu este una supusă unor condiții extreme de tip temperatură debit.

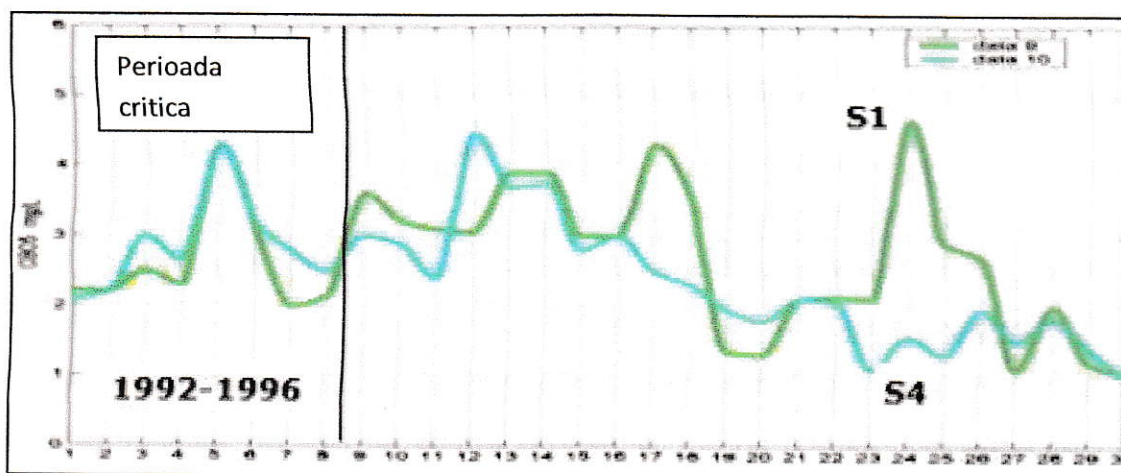


Figura 3.11 Diferenta de CBO_5 analizand datele din statiile S1 și S4

3.2.1. EXEMPLE DE ANALIZĂ A DATELOR

S-au înregistrat o serie de decade și în analiza istoricului factorilor poluanți se confirmă aceste situații, unele analize de acest tip regăsindu-se în publicațiile de specialitate.

Pentru perioada după 1992, se discută despre o evoluție constantă spațială din cauza procesului de auto-purificare [47], aceasta fiind vizibilă dar însoțită și de o tendință de scădere după anul 1992, atât în amonte cât și în aval de Baziaș, la intrarea Dunării pe teritoriul românesc. Aceiași tendință reiese și considerând datele prelevate și analizate grafic, folosind algoritmul de analiză, (fig. 3.11).

Modelul de analiză considerat are particularitatea că încadrează o arie supusă unui factor de poluare complex datorat unor aglomerări urbane (Brăila sau Galați), între două locații între stația de monitorizare S1 și stația S4, ce nu sunt supuse unor situații de poluare punctuale vizibile, ci unor situații de poluare de tipul celor agricole, ce pot acționa pe o distanță remarcabilă pe Dunăre și având un efect întârziat în timp. Aceasta poate fi explicat prin faptul că odată înregistrat factorul poluant pe terenul agricol, aceasta se manifestă după precipitații abundente de obicei la interval de două-patru luni.

În aceste condiții, considerarea în paralel a datelor procesate pentru S₁ și S₄ poate realiza conexiuni cu impactul poluării în zonele stațiilor S₂ și S₃.

Chiar dacă modelul SARIMA de diferite tipuri poate modela în termeni de modele autoregresive o evoluție a parametrilor de calitate, totuși acestea scot în evidență mai greu un trend pe termen lung.

Comportarea armonică (sau oscilatorie) a acestor parametri poate fi pusă în evidență, însă este mult mai importantă înregistrarea trendului descrescător sau crescător al valorilor concentrațiilor și chiar considerarea istorică a unor astfel de decade influențate de anumiți factori economici sau de poluare care, de cele mai multe ori, au trecut neobservați sau au rămas neconsemnați ca efect.

Modelarea matematică a proceselor ecologice rămâne o problemă de actualitate și poate îngloba atât analize a unor procese ce descriu evoluții cunoscute, previzibile, repetabile, cât și procese ce sunt de o mare complexitate datorită factorilor ce influențează evoluția acestora în timp, de cele mai multe ori încadrate în grupa fenomenelor cu o evoluție aleatoare sau apropiate de teoria hazardului.

Este un adevăr, din ce în ce mai mult acceptabil, acela că, în cazul evoluției corpurilor de apă de suprafață, multitudinea parametrilor și condițiilor ce trebuie urmărite, fac din respectivul sistem unul greu de controlat și, mai mult, dificil de modelat.

Cu toate acestea, modelul matematic propus în prezenta lucrare (precum și algoritmul construcției urmat) poate fi considerat un model de analiză, investigație și predicție. În prezența unor medii de programare specifice matematice, s-au considerat baze de date bogate atât ca timp cât și ca număr al parametrilor analizați.

Alegerea grupei oxigenului ca subsistem investigat, a acceptat metodologia analizei unui sistem ecologic prin considerarea unor subsisteme, aceasta nealterând procesul de abstractizare sau generalizare.

Așa cum s-a prezentat anterior, baza de date studiată acoperă perioada a 15 ani (1992 – 2006), pentru stațiile S_1 și S_4 , respectiv perioada 2003 – 2008, pentru stațiile intermediare S_2 și S_3 .

S-au avut în vedere și date specifice deversărilor de ape uzate prin cele 14 puncte de deversare ale orașului Brăila, date ce aparțin perioadei recente 2008 – 2010, acceptând că există o perioadă mare de timp, anterioară, ce prezintă date asemănătoare pentru deversările urbane ale orașului Brăila.

Datorită posibilităților de calcul specifice programelor informatice folosite și, inclusiv, precum și din cauza unor limitări ale posibilităților de aplicare a acestor soft-uri (posibilități de calcul, posibilități de a realiza grafice ale mai multor funcții în același panel sau posibilități de import de date), am considerat un algoritm de analiză a acestor date care precizează, în fapt, modelarea datelor și importul în medii de calcul. Structura propusă se poate aplica urmând algoritmul propus și în cazul lucrului asupra altor serii temporale, baze de date din alte domenii de cercetare.

3.2.2. ALGORITMUL DE UNIFORMIZARE, PRELUCRARE ȘI ANALIZĂ A DATELOR (AUPAD)

Algoritmul propus urmează următorii pași și realizează câteva secvențe de analiză pas cu pas, astfel:

- 1) **Uniformizarea bazei de date.** Datorită regimului de prelevare a datelor considerate, de către TNMH sau ANM pentru care nu există o uniformizare a datelor (o distribuție uniformă în timp a acestor date), s-au prelucrat pentru toți parametrii de calitate considerați, cu ajutorul funcțiilor Spline cubice, o plajă de date uniformă de 24 de date anual (câte două date pentru fiecare lună). Motivația construcției bazei de date, prin acest procedeu, a fost explicată anterior. Pentru acest demers s-au introdus și s-au prelucrat date cu ajutorul soft-ului MATLAB.

O problemă generală a realizării unor modele pentru calitatea apei este lipsa unor date necesare pentru calibrarea acestor modele.

Curgerile de apă nu mai pot fi considerate fenomene ce pot fi repetate, în cazul pierderii datelor de colectat.

O posibilă rezolvare a acestei probleme poate fi aceea de a considera mai multe situații diferite, în cursuri de apă cu bazine relativ asemănătoare drept climă sau condiții geografice și, respectiv, considerarea situațiilor extreme. Considerarea unor

modele teoretice ce pot produce o plajă de date bogată în valori, conform modelului realizat în lucrarea de față, poate fi o soluție pentru calibrarea diferitelor modele matematice de analiză.

Directiva Apei, (WFD 2000/60) a introdus noua paradigmă a calității apei, în care statutul ecologic al corpurilor de apă trebuie luat în considerare.

Prin aceasta, se afirmă că statutul de ecologie bun a corpurilor de apă și viața organismelor acvatice sunt necesare pentru a putea obține starea bună a corpurilor de apă și invers, proprietățile optime fizico-chimice ale resurselor de apă sunt necesare pentru susținerea sănătății ecosistemului [48].

2) **Identificarea unor perioade în afara limitelor minime, maxime**

admise. Pentru a observa evoluții anuale sau specifice unei luni a anului, s-au folosit discretizări din ce în ce mai fine ale spațiului de timp și s-au suprapus imagini grafice ale evoluției unor anumiți parametri, observându-se corelații, precum și anumite perioade în afara limitelor maxime sau minime admisibile pentru parametrii considerați. Aceste perioade, “out of admissible limits”, au fost identificate și s-au căutat evoluții în istoricul arealului studiat, pentru a determina factori ce au influențat aceste evoluții (spre exemplu, nivel secetos și limite de (OD) sub minimul admis).

3) **Considerarea funcțiilor X_C ca funcții continue și derivabile.**

Pentru a întări ideea că evoluția parametrilor de calitate se realizează funcțional, urmărind funcțiile continue, derivabile și implicit mărginite (conform ipotezei de lucru admise), baza de date, realizată cu discretizări ale unui segment de timp, a fost analizată din punct de vedere al distribuțiilor Weibull. Rezultatele descriu o evoluție conformă cu analiza Weibull și, prin urmare, aceasta confirmă ipoteza introdusă, (fig. 3.12).

Pentru aceasta, s-au analizat atât date anuale cât și date realizate în baze procesate pe parcursul celor 15 ani observați.

Analiza s-a realizat cu ajutorul scrierii unui program propriu în mediul MATLAB, datele fiind introduse din mediul WORD.

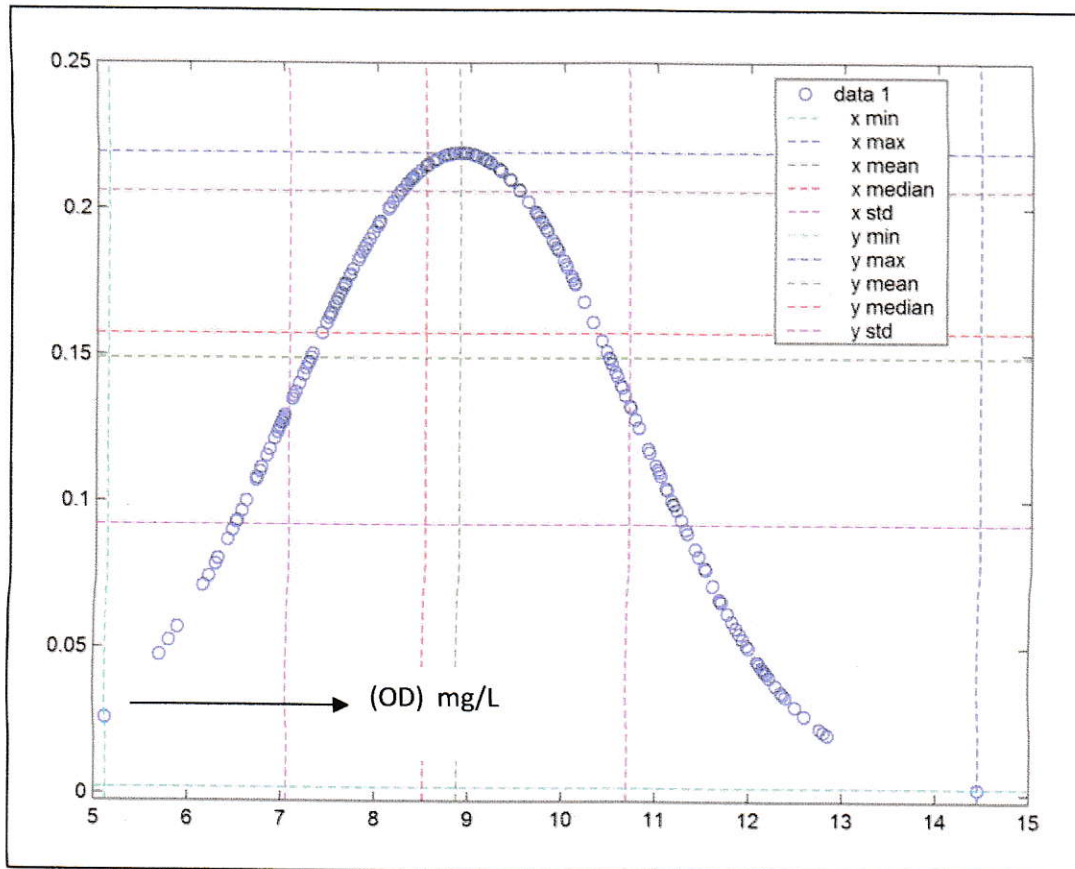


Figura 3.12 Distribuție Gauss pe date pentru (OD) în 15 ani pe stația S1

- 4) **Identificarea formei analitice a funcției X_C .** Datele evoluției parametrilor de calitate, obținuți în urma procesării acestora în mediul MATLAB, au fost introduse în EXCEL și apoi importate în soft-ul Table Curve 2D, realizându-se analize ce au urmărit identificarea formei funcționale ce modelează cât mai fidel evoluția (din punct de vedere al valorilor reziduale) și considerarea inclusiv a unor funcții armonice sau forme funcționale de tip polinom sau forme funcționale de tipul celor periodice.

Analiza a fost realizată pentru fiecare parametru și analiza formei funcționale a fost realizată pe fiecare parametru.

S-au observat, de exemplu, că, pentru debit, există evoluții ce au o repetitivitate de 5 ani în cazul folosirii unei interpolări a celor mai mici pătrate, cu funcții sinusoidale, (fig. 3.13).

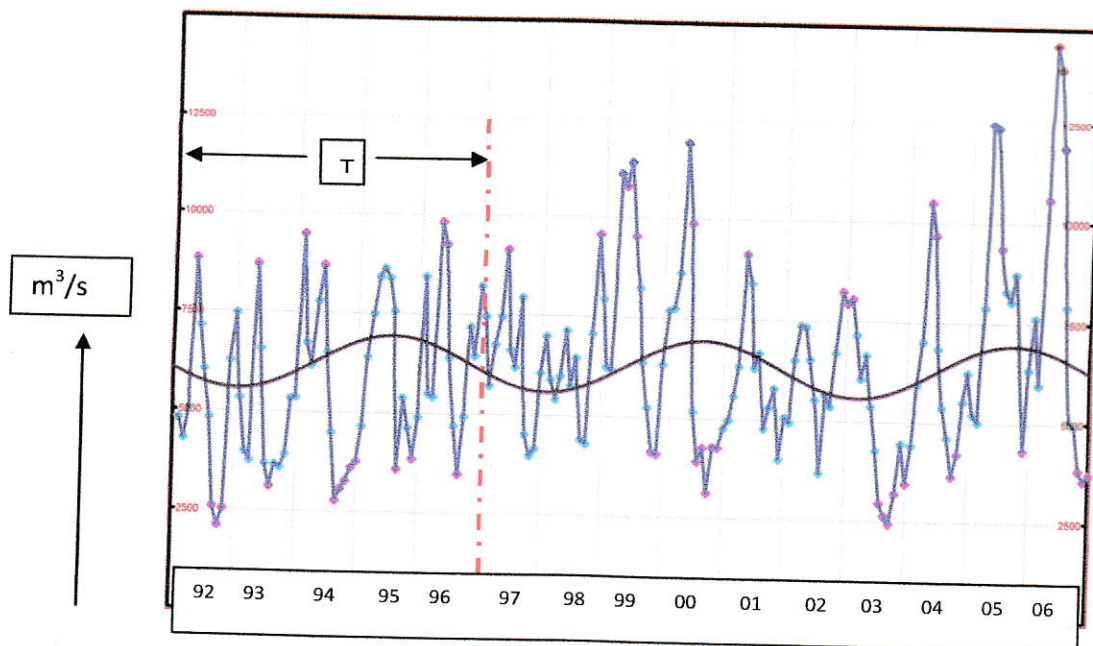


Figura 3.13 Sinusoida debitului ce pune în evidență o periodicitate cu perioada principală T de 5 ani

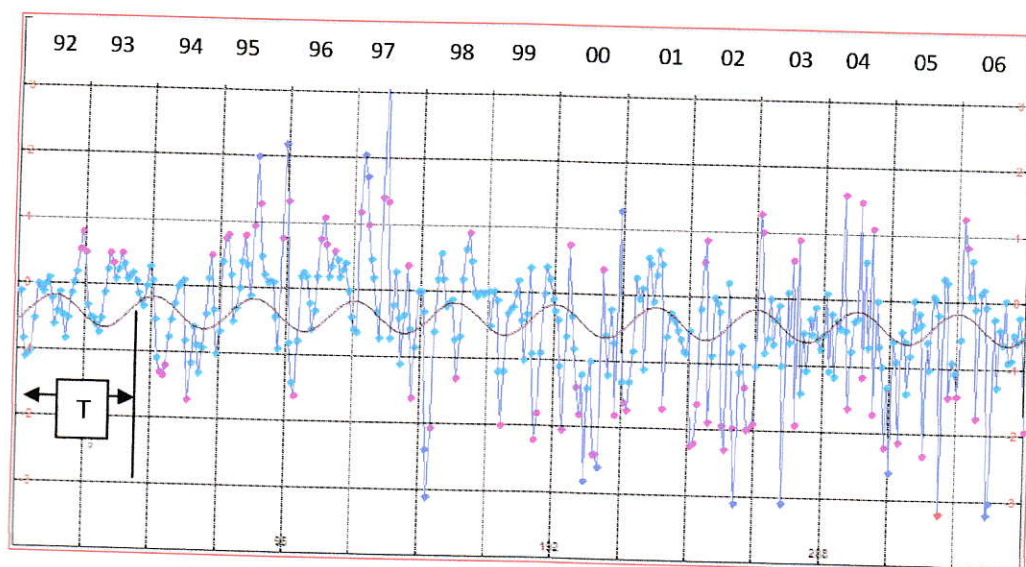


Figura 3.14 Diferența $S_4 - S_1$ pe sinus square identifică o pulsație pentru CBO_5 reprezentând periodicitatea evoluției valorilor

- 5) **Analiza datelor pentru același parametru de calitate C și pentru stațiile S1, S2, S3, S4.** Considerând cursul normal al Dunării, s-au analizat datele în stația de intrare S₁, evoluția datelor specifice parametrilor de calitate în stația S₄ și s-au identificat perioade critice ale evoluțiilor ce pot fi interpretate ca fiind influențate de sursele de poluare identificate în stațiile intermediare S₂ și S₃.

Astfel, spre exemplu, în condițiile în care nivelul CBO₅ este mai mare în stația S₄, acesta va identifica faptul că a existat o sursă de poluare semnificativă în segmentul de fluviu studiat [46]. În același timp există și o periodicitate a acestei evoluții, de data aceasta de aproximativ un an și 8 luni, (fig. 3.14).

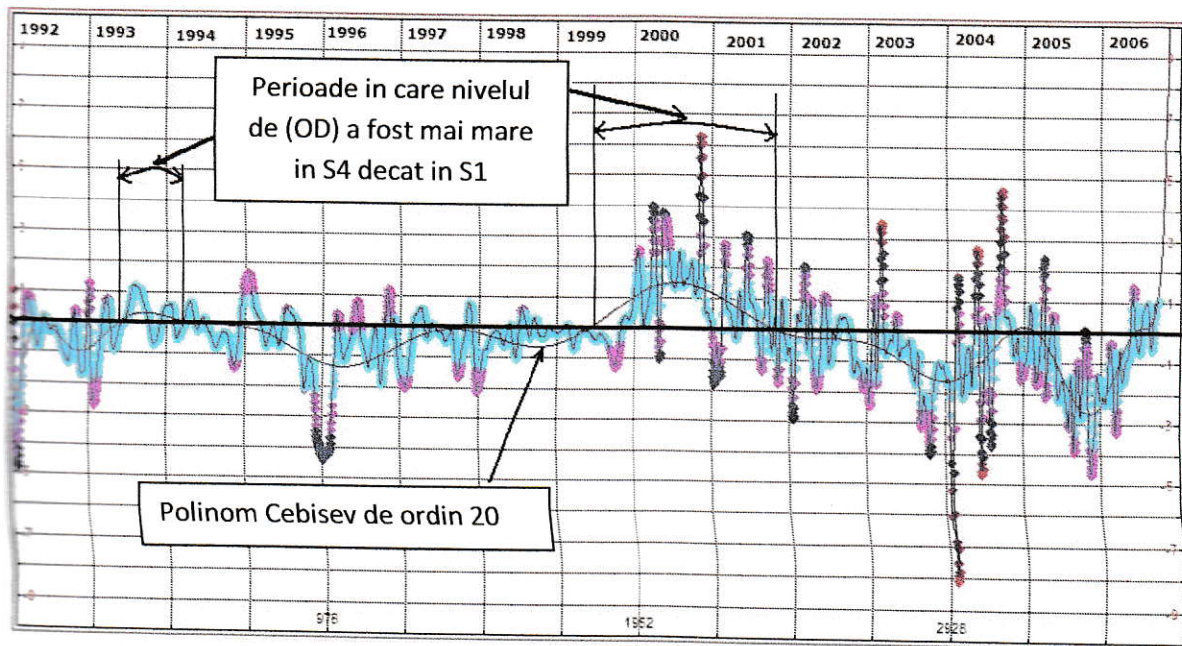


Figura 3.15 Diferența dintre nivelul de (OD) pentru stațiile S1 și S4, utilizând o modelare a datelor cu softul TC2D și identificarea perioadelor critice în care nivelul în S4 este mai mare ca nivelul în S1

- 6) **Prezentarea formelor analitice, trend, predicție pentru parametrii de calitate C.** Identificarea unor forme funcționale adecvate, pentru a modela evoluția parametrilor de calitate C, (fig. 3.15), a fost analizată și propunerile realizate pentru forme analitice pot fi folosite în diferite

calculare, fără a avea, totuși, certitudinea că acestea sunt general valabile pentru toți parametri.

Totuși, aceste forme modelează evoluții ale parametrilor, specifice sistemului ecologic studiat și permit precizarea unor tendințe de evoluție, propun intervale de predicție a evoluției și identifică situații istorice critice în evoluția seriilor temporale, (fig. 3.16).

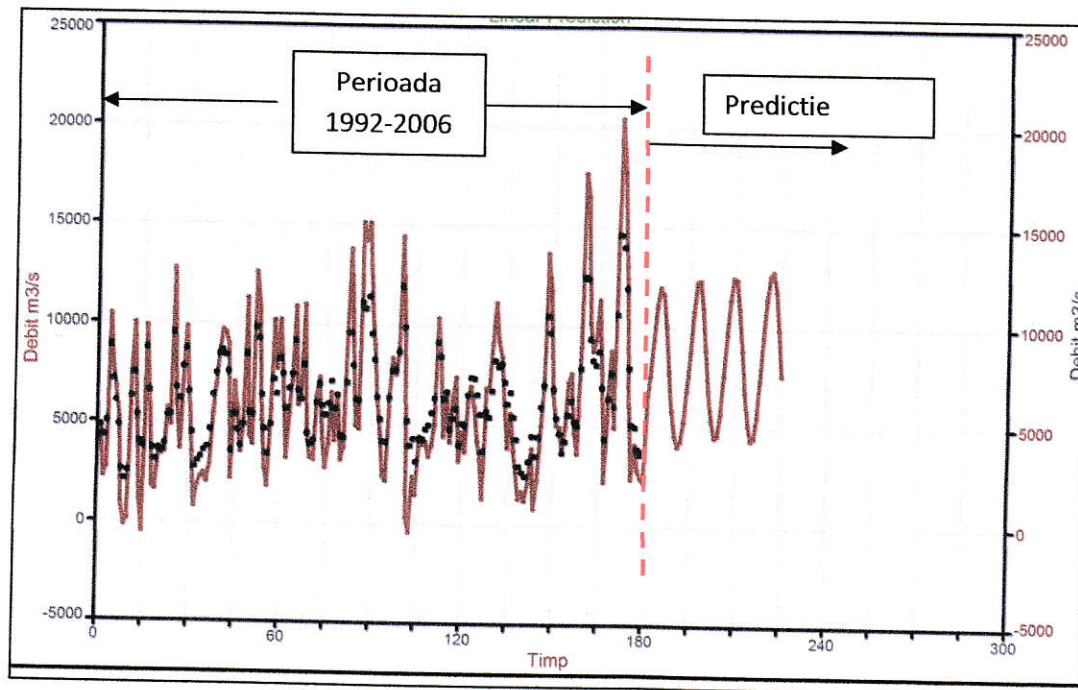


Figura 3.16 Previzuni debit cu model SARIMA

Aceleași considerații, a lipsei unei plaje de date viabile, a frecvenței mici de prelevare, pot afecta și capacitatea de predicție a modelelor.

Modelul nu poate avea posibilitatea fenomenologică de a schimba anumiți parametri, considerați constanți, sau care au evoluții conforme cu dinamica complexă specifică sistemelor ecologice.

Totodată, momentul trecerii de la reacții anaerobe la condiții aerobe nu poate fi clar precizat în cazul cursurilor de apă sau situației unei descărcări de ape uzate, ce trece direct în tratamente secundare [45].

3.2.3. INDICATORI CHIMICI AI REGIMULUI DE OXIGEN, REFLECTAREA ANALIZEI CONFORM (AUPAD)

Oxigenul este un gaz solubil și se află dizolvat în apă sub formă de molecule O_2 , prezența oxigenului în apă condiționând existența mării majorității a organismelor acvatice. Toate apele care se află în contact cu aerul atmosferic conțin oxigen dizolvat, în timp ce apele subterane conțin foarte puțin oxigen.

Solubilitatea oxigenului în apă depinde de presiunea atmosferică, temperatura aerului, temperatura și nivelul substanțelor în suspensie.

Conținutul în oxigen al apelor râurilor este rezultatul următoarelor acțiuni antagoniste:

- Reabsorbția oxigenului din atmosferă la suprafața apei prin difuzie lentă sau prin contact energetic, interfața apă - aer prezentând o importanță deosebită în acest sens; acest transfer este serios perturbat de prezența poluanților, cum ar fi detergenții și hidrocarburile;
- Fotosinteza, care poate asigura o importantă alimentare cu oxigen a apei, ajungându-se la valori care pot depăși saturația;
- Consumul biochimic de oxigen pentru biodegradarea materiilor organice poluante.

Din această clasă de indicatori fac parte oxigenul dizolvat (OD), consumul chimic de oxigen (CCO), consumul biochimic de oxigen (CBO) și carbonul organic total (COT).

Oxigenul dizolvat (OD), cel mai important parametru de calitate al apei din râuri și lacuri, are o importanță vitală pentru ecosistemele acvatice. Astfel, conținutul de oxigen din apele naturale trebuie să fie de cel puțin 2 mg/l, în timp ce în lacuri, în special în cele în care funcționează crescătorii de pește, conținutul de oxigen dizolvat trebuie să fie de 8 – 15 mg/l.

Dinamica oxigenului dizolvat (OD) în corpurile de apă de suprafață este rezultatul unei interacțiuni complexe ce înglobează procese fizice, chimice și biologice. Conceptul dominației influenței unui anumit proces poate fi luată în considerație în cazul stabilirii anumitor corelații sau interacțiuni. Observațiile pe termen lung, cunoașterea evoluției unui sistem ecologic, pe baza unei biblioteci de

date asupra parametrilor de calitate, este mai mult decât necesară în cazul modelării matematice a sistemului ecologic studiat.

În cazul prelucrării datelor statistice pe perioada a 15 ani, în cazul unei stații de monitorizare, de exemplu pentru (OD), evoluția în timp devine mult mai complexă și poate implica analize mult mai ample, (fig. 3.17). Astfel de imagini grafice temporale ale evoluției unui anumit parametru de calitate, pot fi realizate pentru orice punct de monitorizare în care există un istoric al datelor.

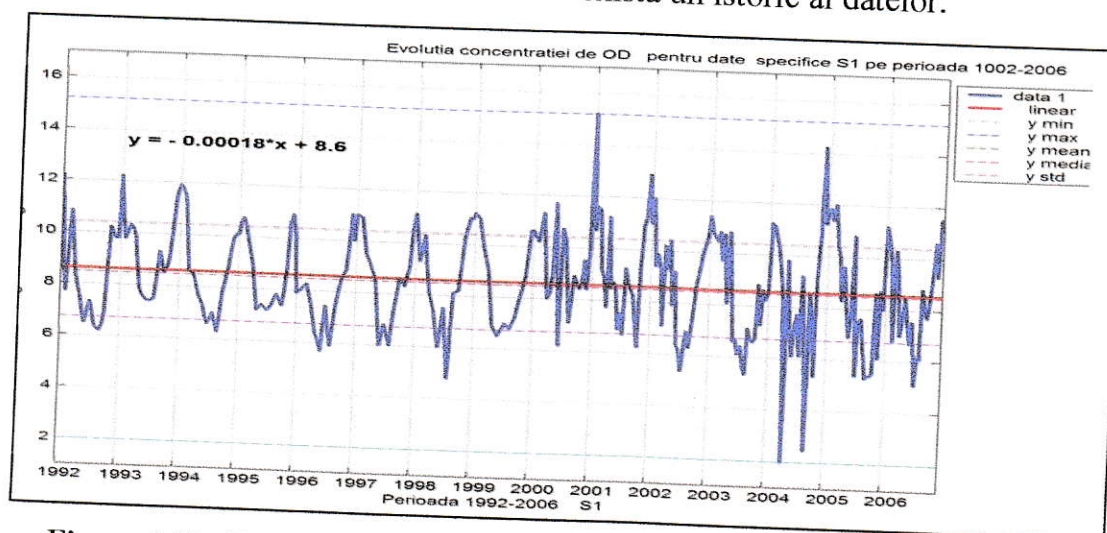


Figura 3.17 Evoluția concentrației de (OD) conform bazei de date în stația de monitorizare cu indicativul S1

Consumul de oxigen dizolvat este în strânsă legătură cu nivelul de substanțe oxidabile din apă a căror origine este gradul de poluare din apă. Nivelul crescut de consum de oxigen indică un grad de poluare ridicat (poate fi grav dacă depășește nivelul maxim admis de 10 mg/l).

Oxigenul dizolvat este esențial pentru întreținerea vieții tuturor organismelor prezente în apă și arată gradul de autocurățire (capacitatea de autocurățire).

În condițiile unui nivel mare de (DO) descompunerea este aerobă, rezultând CO_2 în apă. În condiții anoxice au loc procese nedorite în urma cărora se produc substanțe toxice, precum H_2S și CH_4 . Pe de altă parte, nivelul de (DO) influențează și alți indicatori, precum mirosul, claritatea și gustul. Rata cea mai bună a oxigenului dizolvat este de 7,2 – 8,78 mg/L.

Consumul biochimic de oxigen (CBO) reprezintă cantitatea de oxigen, în mg/l, necesară pentru oxidarea substanțelor organice din ape, cu ajutorul bacteriilor.

Mineralizarea biologică a substanțelor organice este un proces complex, care în apele bogate în oxigen se produce în două trepte. În prima treaptă se oxidează în special carbonul din substratul organic (faza de carbon), iar în a doua fază se oxidează azotul (faza de nitrificare). Din determinările de laborator s-a tras concluzia că este suficient să se determine consumul de oxigen după cinci zile de incubare a probelor (CBO_5). Deoarece CBO_5 necesită un timp de cinci zile pentru determinare, pentru a depăși acest neajuns se utilizează metode de oxidare chimică diferențiate după natura oxidantului și a modului de reacție.

Conform determinărilor din laborator, s-a tras concluzia, că este suficient să se determine consumul de oxigen după cinci zile de incubare a probelor (CBO_5).

Consumul chimic de oxigen (CCO) – exprimat prin capacitatea de oxidare a permanganatului, evidențiază conținutul de substanțe organice din apă.

CCOMn care reprezintă consumul chimic de oxigen prin oxidare cu $KMnO_4$ în mediu de H_2SO_4 . Acest indicator se corelează cel mai bine cu CBO_5 , cu observația că sunt oxidate în plus și cca 30-35% din substanțele organice nebiodegradabile.

CCOCr care reprezintă consumul chimic de oxigen prin oxidare cu $K_2Cr_2O_7$ în mediu acid. Acest indicator determină în general 60-70% din substanțele organice, inclusiv cele nebiodegradabile. Prin aceste metode, prezentate anterior nu se pot determina substanțele organice volatile.

Carbonul organic total (COT), reprezintă cantitatea de carbon legat în materii organice și corespunde cantității de dioxid de carbon obținut prin oxidarea totală a acestei materii organice.

Se utilizează pentru determinarea unor compuși organici aromatici, a căror randament de oxidare nu depășește 60% cu metodele prezentate anterior. Pentru determinarea acestora se utilizează oxidarea catalitică la temperaturi ridicate (800-1100°C).

Pentru datele de calitate reprezentate de valorile concentrațiilor de (OD) colectate în anul 2005 în stația Gropeni, Brăila, (2), o primă apreciere asupra distribuției datelor se va realiza printr-o diagramă de împrăștiere a valorilor înregistrate. Analiza vizuală a organizării formei norului de puncte obținut poate da îndicii importante asupra evoluției în timp a valorilor și a tendințelor evoluției seriei de timp \bar{X}_C pentru

acest parametru de calitate. Toate datele seriei temporale se vor realiza într-o distribuție uniformă a datelor în regim temporal și anume 12 date anual atunci când există date prelevate lunar, sau respectiv 24 de date atunci când există date prelevate în regim de două pe lună, anual. Există posibilitatea ca pentru datele considerate să existe „date lipsa”, adică lipsa recoltărilor de probe în stația respectivă într-o anumită lună, datorată condițiilor specifice de lucru, anotimpului nefavorabil, lipsa unei presiuni asupra existenței informației, etc. Datele lipsă vor fi în acest caz completate cu valori produse cu ajutorul metodelor de interpolare prin polinoame de interpolare, funcții spline cubice, sau alte metode de interpolare, fără a insista în acest moment asupra evoluțiilor reale pe perioade de timp mai mici (trei luni în care există o încadrare cu valor în prima și ultima), urmând ca analizele ulterioare asupra modelului să decidă asupra celei mai bune metode de interpolare ce poate extinde funcțiile \widetilde{X}_C la funcțiile continue X_C .

3.3. APROXIMAREA UNIFORMĂ A FUNCȚIILOR DE STARE

Aproximarea uniformă a funcțiilor prezintă două aspecte fundamentale:

- Aproximarea unei funcții f prin funcții ce converg uniform către f pe domeniul considerat;
- Cea mai bună aproximare uniformă a lui f prin funcții dintr-o mulțime dată.

Teoria aproximării funcțiilor este un domeniu al analizei matematice care are ca obiect aproximarea funcțiilor prin alte funcții mai simple, funcții mai ușor de manipulat din punct de vedere al calculului. Baza acestei teorii este datorată lui K. Weierstrass în 1885 care spune că orice funcție continuă definită pe un interval $[a, b]$ poate fi aproximată uniform „orcat de bine”, prin polinoame.

În 1912, S.N. Bernstein a dat o demonstrație simplă și elegantă a teoremei lui Weierstrass, construind un șir de polinoame care converge uniform la funcția de aproximat. Astfel au fost introduși operatorii Bernstein, (aplicațiile care asociază funcției de aproximat șirul de polinoame aproximate). Acești operatori fac parte din clasa operatorilor liniari și pozitivi.

În construcția modelului propus, nu cunoaștem sau putem manipula foarte greu o expresie analitică a funcțiilor de tipul celor ce trebuie approximate, acestea

sunt în cazul nostru funcțiile X_C , însă, putem afirma că avem un oarecare control asupra aproximațiilor, și anume funcțiile de tip \widetilde{X}_C , acestea fiind cunoscute prin valorile lor pe mulțimi discrete de puncte și producând prin procedee de suprapunere pentru aceeași perioadă (același domeniu de definiție $\{1,2,\dots,12\}$ dar pe ani diferiți), ori pentru funcții ce interpolează aceste valori prin diferite metode de interpolare.

Precizăm încă o dată că funcțiile de tip X_C au fost considerate de la început ca fiind specifice unui parametru de calitate, ca funcții continue ce depind de mai mulți parametri.

Astfel funcțiile \widetilde{X}_C pot fi n-upluri de tipul

$\widetilde{X}_C = (D; [0, M]; C; G; P; Clim; F; S)$, în care:

- $D = \{1, 2, \dots, n\}$, unde n este numărul de probe prelevate într-un interval de timp;
- $[0, M]$ este domeniul valorilor parametrului de calitate C ;
- C este parametrul de calitate;
- G reprezintă factorul geografic al bazinului hidrografic;
- $Clim$ reprezintă factorul climatic reprezentat de aspectele de temperatură, presiune, precipitații, vânt, radiații solare;
- F reprezintă factorul aleator de risc al proceselor accidentale;
- S reprezintă factorul subiectiv al prelevării și interpretării probelor precum și normele impuse de abateri medii acceptate în cazul interpretării probelor administrate într-o anumită stație de monitorizare.

Prin urmare, modul de definire al funcțiilor de tip \widetilde{X}_C poate fi interpretat mult mai complex. Această abordare poate duce la existența unei unicități a funcției de tip X_C , care să interpoleze datele unor serii de timp și care am presupus că există pentru orice parametru de calitate considerat.

Evoluția spațio-temporală a calității apelor de suprafață corespunde factorilor secvenței n-uplului precizat ce conține anumiți factori fie produși de om (factori antropici), fie factori de origine naturală.

Factori antropici influențează o variație spațio-temporală a calității apelor de suprafață și sunt reprezentați în primul rând poluările antropice accidentale, de deversarea discontinuă de ape uzate ce produc variații-șoc, de concentrație a factorilor poluanți, greu de suportat pentru viețuitoarele acvatice. Se pot prezenta în acest sens irigațiile care determină debite de reîntoarcere sau apele fecaloid-menajere neepurate care ajung în emisar în cantități crescute la anumite ore, corespunzător programului locuitorilor.

Factori naturali includ condițiile climatice, condițiile geografice, condițiile geologice, vegetația, anotimpurile sau variațiile diurnale.

3.4. CONCLUZII ASUPRA (AUPAD) ȘI A FUNCȚIILOR DE STARE

În cazul analizei unui istoric al datelor ce reflectă evoluția unui ecosistem este rar regăsită o bază de date uniformă, ce acoperă o perioadă temporală prin date distribuite în timp, cu aceeași normă temporală.

Aceasta se datorează faptului că, anumite măsurători realizate în procesul de monitorizare nu sunt posibile, din cauza unor condiții climatice, din cauza nestabilirii unor date fixe pentru acest demers, sau datorată factorului uman, ce consideră comportarea sistemului una normală, în limita parametrilor admiși. Trecerea unui set de parametri din clasa II de calitate, în clasa III de calitate, pentru o perioadă de timp, nu este sesizabilă și, practic, se consideră inoportună monitorizarea cu o frecvență bilunară a parametrilor. În bazele de date, regăsite la institutelor ce au ca obiect de activitate monitorizarea calității apelor de suprafață, se vor întâlni, astfel, frecvent perioade și de 90 de zile fără date înregistrate.

Se pune, deci, întrebarea firească: în ce mod s-a comportat respectivul corp de apă în această perioadă?

În cazul apelor uzate deversate, controlul calității se realizează și mai rar sau numai impus de anumite situații de poluare accidentală.

Totuși, aceste fenomene lasă urmă în istoricul bazei de date, asupra calității corpului de apă, considerat receptor în cazul deversărilor apelor uzate.

Pentru aceste considerente s-a impus, în primul rând, o uniformizare a bazelor de date investigate, obținându-se, conform ipotezelor enunțate în teză și acceptate în cadrul construcției matematice, o bază de date uniformă distribuită în timp.

Considerând și o anumită inerție naturală a evoluției crescătoare sau descrescătoare a unei concentrații a unui parametru de calitate, afirm că modalitatea de lucru a produs o comportare a evoluțiilor studiate, confirmate în cazul unor investigații concrete asupra unor corpuri de apă, ca o diagramă de stare a corpului de apă investigat.

Exemplele prezentate confirmă pașii algoritmului de analiză proiectat în teză ca o reală schemă de analiză numerică, posibil de aplicat pentru studiul dinamicii indicatorilor regimului de oxigen și a celorlalți parametri de calitate.

Realizarea unor forme polinomiale ce descriu evoluția parametrilor din grupa oxigenului, analiza regresiiilor în funcție de gradul polinomului considerat, conduce atât la o formă analitică a funcțiilor de stare, într-un segment temporal, dar și la posibilitatea de a analiza, în imagini grafice, monotonia, valoarea maxima/minimă, înregistrarea în istoricul bazei de date a perioadelor temporale critice, sub clasa II de calitate.

Considerarea parametrilor de calitate din grupa oxigenului, ca subsistem al parametrilor de calitate investigat, este un alt aspect considerat ca important și analizat din punct de vedere al interacțiunilor dintre subsisteme, precum grupa oxigenului, grupa nitraților sau evoluția acestor subsisteme în mediul acvatizat.

Comportarea unor parametri de calitate într-un regim sinusoidal, cu perioade diferite, este un alt aspect ce este pus în evidență în acest capitol și, prin urmare, se deschide calea unei analize a acestei comportări temporal sinusoidale și a explicării periodicității identificate în anumite segmente temporale pentru același parametru sau pentru interacțiunea unor parametri diferiți.

Acestea pot reprezenta evoluția parametrilor de calitate, dar sunt strâns legate, după cum reiese din investigațiile proprii, și de factorii climatici și de evoluțiile acestora în zona studiată.

CAPITOLUL 4 - VERIFICAREA ȘI VALIDAREA COMPLEXULUI DE ALGORITMI (AUPAD), EVALUAREA REZULTATELOR

Analiza și realizarea modelului matematic AUPAD permite reanalizarea unor baze de date și realizarea unor noi analize care să reflecte impactul zonelor urbane principale din arealul studiat (orașul Brăila și Galați) asupra apelor Dunării și influența zonelor umede, asupra nivelului de calitate a corpurilor de apă. Analiza poate avea ca finalitate elaborarea unor soluții în sensul considerării zonelor umede și bazine de decantare primară și de autoepurare în condițiile în care rezultatele puse în evidență sunt corelate cu analize ale folosirii spațiilor agricole în timp, analize privind intensificarea unor activități noi în spațiul locuit din preajma corpului de apă care cresc presiunea poluantă asupra acestuia, nivelul evoluției capacității de drenaj al sistemului urban sau capacitatea de autoepurare în cazul segmentului fluviului Dunărea.

Plin aplicarea asupra bazelor de date a schemei algoritmice de analiză s-au pus în evidență pentru prim dată rezultate semnificative ale evoluției în timp a nivelului de oxigen dizolvat în apele Dunării și chiar evoluții oscilatorii ale acestuia care nu sunt influențate în mare măsură de aspectul sezonier ci de un anumit nivel de presiune al factorilor poluanți din zonă. Acest aspect apare reliefat și de analiza pe termen lung a nivelului consumului biologic de oxigen dizolvat, de diferențele între nivelele modelate grafic pentru datele corespunzătoare celor patru stații de monitorizare considerate.

Datele analizate pentru apele uzate orășenești au pus în evidență faptul ca, impactul acestora este considerat ca ne semnificativ pentru calitatea marelui curs de apă Dunărea, conform analizelor agențiilor de mediu însă, considerând anumite evoluții oscilatorii sesizate conform aplicării AUPAD, se poate afirma că acest aspect reflectă o presiune constantă a factorului poluant prezent în zonă atât punctual prin gurile de deversare cât și prin acțiunea unor activități agricole pe spații ample din arealul studiat.

Nu în ultimul rând, propunerea de aplicare a AUPAD produce și o nouă abordare a procesului de stocare a datelor într-un nou format în cadrul sistemului TNMN, în cadrul agențiilor de mediu și a celorlalți factori responsabili pentru administrarea unor baze de date privind monitorizările de mediu.

4.1. MODELUL MATEMATIC INTEGRAT (AUPAD)

Pentru a pune în evidență modul de funcționare a unui sistem natural, pentru a înțelege modul în care acesta se comportă în cazul unor factori ce acționează asupra sa, sunt necesare măsurători în timp. Acestea se grupează într-un set de observații ce se organizează cronologic și formează serii de timp, (fig. 4.1). Datele sunt înregistrate cu ziua prelevării probelor. Pentru modelul matematic construit, aceste date se vor considera aparținând lunilor în care s-au înregistrat probele ca medii lunare.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									DUNARE-BRAILA 1
3	Data	temp. °C	pH	OD	CBO5	CCO-Mn	CCO-Cr	Cond.	Rf
4	31.03.2006	10	7,89	-	-	16,8	38,4	500	345
5	28.04.2006	14	8,05	8,54	6,3	7,2	19,2	424	290
6	16.05.2006	19	8,28	8,07	4,8	8	4,8	437	296
7	22.06.2006	22	8,59	6,43	2,4	6,39	14,4	373	250
8	15.08.2006	26	8,29	4,45	14,1	16	-	434	296
9	19.09.2006	20	8,48	6,53	6,2	12	-	434	291
10	23.10.2006	17	8,16	4,8	9,2	7,2	-	610	392
11	02.11.2006	13	8,24	9,75	1,89	3,19	-	569	342
12	18.12.2006	5	7,98	9,87	3,2	6,4	-	509	342
13	18.01.2007	6	8,01	8,78	4,49	6,4	14,33	539	348
14	19.02.2007	6	8,05	8,87	2,93	5,6	0	431	226
15	29.03.2007	10	7,99	-	-	5,6	19,008	449	344
16	26.04.2007	18	8,39	9,27	1,6	3,05	19	461	414

Figura 4.1 Raportul de date în format EXCEL pentru parametrii de calitate ai apelor Dunării, conform ANM Brăila

Prin analiza acestor serii de timp, cu ajutorul unor modele matematice conform algoritmului propus, se pot descrie comportamentul sistemului în scopul simulării, anticipării evoluțiilor ulterioare, al evaluării tendințelor și modelarea dinamicii componentelor sale, considerând parametrii de calitate C. Spre exemplu pentru oxigen dizolvat, (fig. 4.2), s-a realizat o analiză a datelor pentru anul 2006, s-au

realizat corelații între date de calitate pentru mai mulți parametri de calitate C, (fig. 4.3), pe perioada mai multor ani și sesizând comportarea sistemului prin aplicarea unui factor α , pentru a aduce în spațiul observabil toate reprezentările grafice considerate, pentru mai mulți parametri de calitate. Valorile pentru $N-NH_4^+$ și respectiv pentru $N-NO_3^-$ au fost multiplicare cu factorul $\alpha=10$ pentru a putea vizualiza evoluția acestor factori din punct de vedere al monotoniei și atingerii punctelor de extrem local și pentru a compara grafic evoluțiile cu a celorlalți parametri precum temperatură, debit sau nivel de oxigen dizolvat.

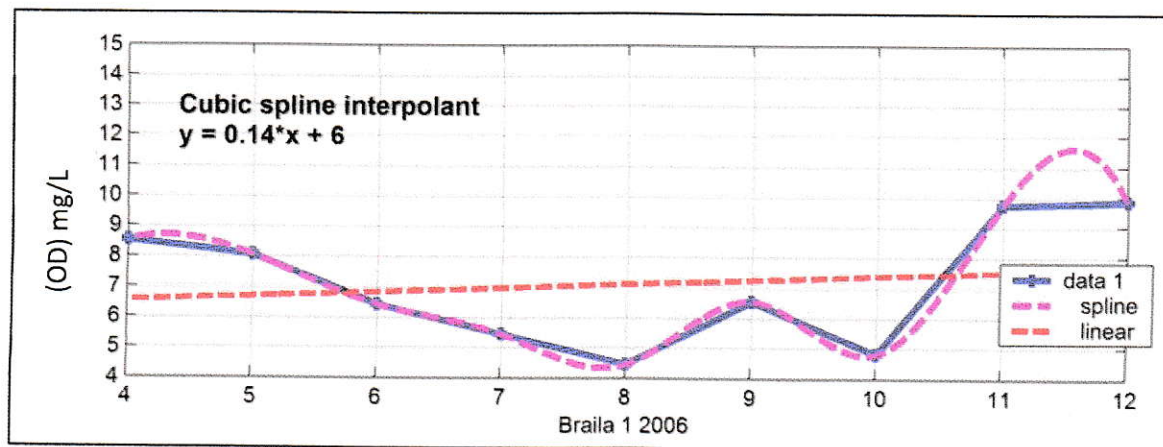


Figura 4.2 Modelarea datelor pentru (OD), interpolare Spline și regresie liniară

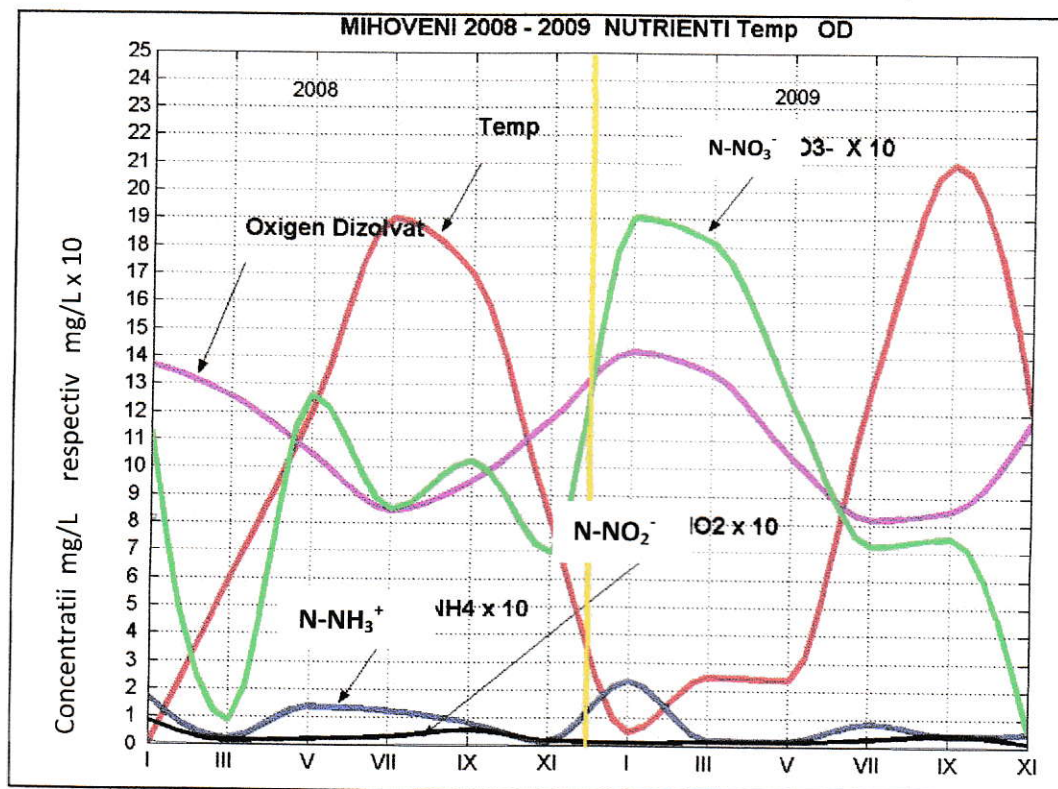


Figura 4.3 Corelații între date de calitate pentru mai mulți parametri de calitate C

În cazul studierii comportării unui sistem ecologic, construcția unui model matematic se supune anumitor reguli specifice datorită complexității sistemului, sau a multitudinii factorilor intrinseci sau extrinseci ce acționează asupra sistemului. În evaluarea tuturor acestor factori, unii dintre aceștia sunt mai puțin analizați sau pot produce interacțiuni cu alți factori prin acțiuni nefundamentate științific în totalitate pentru mediul acvatizat.

Spre exemplu, legătura dintre debitul (Q), scurgerea solidă și consumul de oxigen dizolvat nu se realizează în toate cazurile conform structurii: debit mare, viteză de curgere crescută, grad de sedimentare redus, rezultând un consum de oxigen micșorat.

Legătura dintre acești factori poate să se realizeze în acest sens sau, există situații când nivelul consumului de oxigen dizolvat să crească doar pentru că aceasta se realizează în condițiile unei temperaturi scăzute. Un alt exemplu este cel al intervalului de timp în care se produce fenomenul de autoepurare într-un nivel semnificativ în corpurile de apă de suprafață.

Același fenomen se poate înregistra și în cazul debitelor mici și temperaturilor mai scăzute dar și în cazul unor debite mari cu o încărcare a masei biologice semnificative și o viteză mai mică de curgere în cursurile mari de apă. Unele dintre aceste interacțiuni se vor explica în prezenta teză pe baza analizării funcțiilor de stare considerate pentru indicatorii specifici corpurilor de apă de suprafață studiate pe baza reprezentărilor grafice de tipul 2-dimensional.

Modelarea matematică a corpurilor de apă de suprafață solicită considerarea unor submodele, precum cel hidrologic, hidrodinamic sau cel al studiului parametrilor de calitate al corpurilor de apă de suprafață [59].

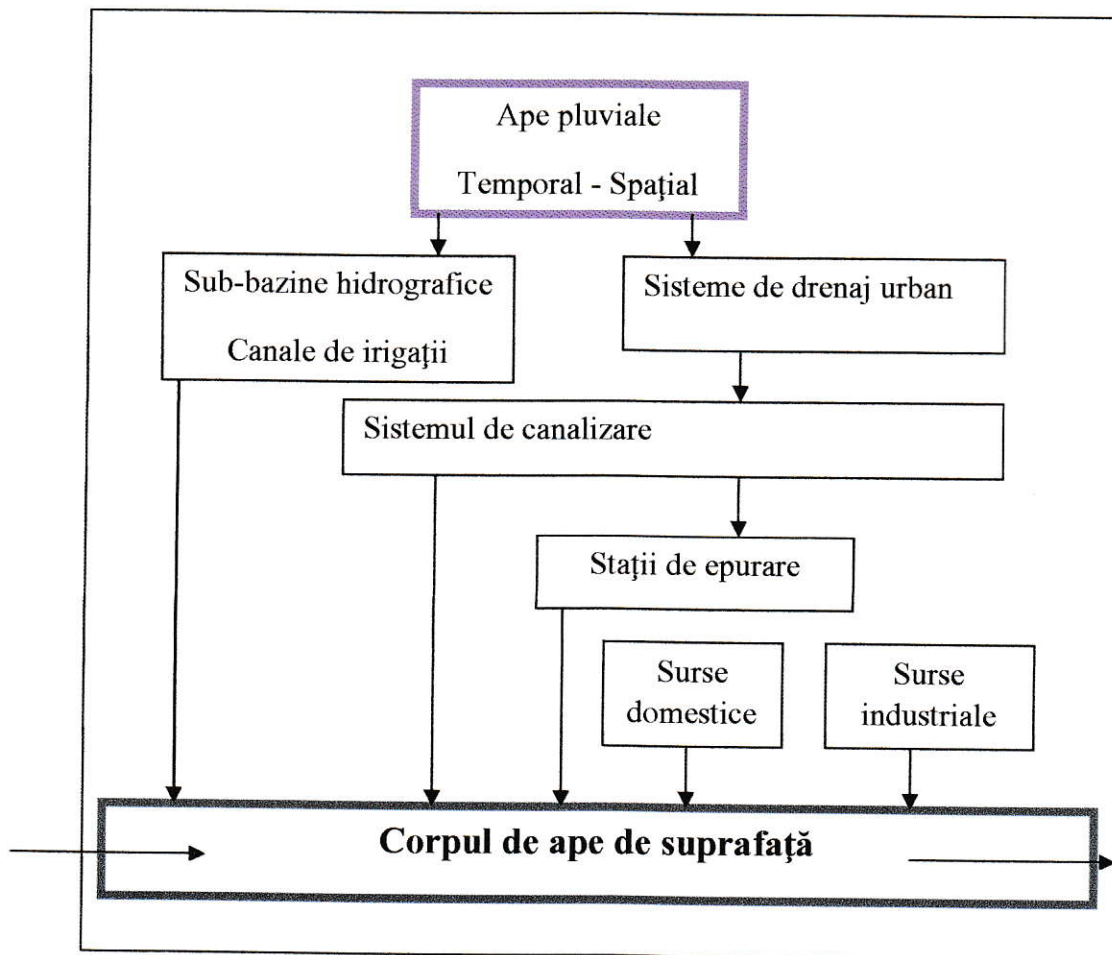


Figura 4.4 Subsistemul ce prezintă interacțiunea dintre corpul de apă și sursele de apă din bazinul corpului de apă

Modelele matematice ale corpurilor de apă de suprafață, consideră în studierea bazinului hidrografic influența precipitațiilor asupra acestora, sistemul de deversare al apelor uzate urbane sau agro-industriale, condițiile de epurare a apelor uzate prin stații de epurare, sau fenomenul natural al autoepurării, (fig. 4.4). Considerarea unor subsisteme, în cazul modelării fenomenelor de mediu, devine mai relevantă prin modele detaliate, aceasta determinând, în cele din urmă, posibilitatea modelării sistemului complex în dinamica acestuia, considerând totalitatea subsistemelor analizate [68].

Există o dilemă între reducerea complexității sistemului analizat și menținerea detaliilor ce descriu dinamica acestuia. Pentru modelele hidrografice

integrate se impune totuși, obținerea unui echilibru între disponibilitatea datelor, obiectivul modelării și structura modelului [60].

Toate aceste considerații, alături de altă noțiuni teoretice în legătură cu modelarea matematică a proceselor ecologice au dus la construcția modelului matematic (AUPAD), o construcție matematică structurată astfel încât să poată fi aplicată și în cazul altor fenomene, a căror evoluție poate fi descrisă prin serii de timp, considerând în cazul de față subsistemul parametrilor de calitate din grupa oxigenului dizolvat precum și evoluția debitului (Q), temperaturii apei (T), sau scurgerii solide pentru segmentul din fluviul Dunăre considerat.

Calitatea apelor din România este urmărită conform structurii și principiilor metodologice ale Sistemului de Monitoring Integrat al Apelor din România (SMIAR), restructurat în conformitate cu cerințele Directivei Europene.

Acesta cuprinde două tipuri de monitoring, conform cerințelor prevăzute în Legea 310/2004 de modificare și completare a Legii Apelor 107/1996, care a preluat prevederile Directivei Cadru 60/2000/CEE în domeniul apei și celelalte Directive UE.

Astfel se realizează un monitoring de supraveghere cu rolul de a evalua starea tuturor corpurilor de apă din cadrul bazinelor hidrografice și un monitoring operațional (integrat monitoringului de supraveghere) pentru corpurile de apă ce prezintă riscul să nu îndeplinească obiectivele de protecție a apelor.

În urma prelucrării unui volum mare de informații asupra datelor analitice primare, obținute în activitatea de cunoaștere a calității apelor, se elaborează sinteze anuale ce cuprind o caracterizare a calității apelor în funcție de specificul formațiunilor hidrologice.

Prin modelul matematic de analiză prezentat, se propune o nouă metodologie de analiză, bazată în cea mai mare parte pe aceste observații primare elaborate sub auspiciul ANM, TNMN și ANAR, considerând că o abordare de acest tip în modelarea, prelucrarea și interpretarea datelor poate aduce o serie mai amplă de rezultate și informații ce descriu evoluția parametrilor de calitate pentru apele de suprafață sau pentru apele uzate ce sunt deversate, în general în cea mai mare parte,

în apele de suprafață în general și nu numai în cazul analizat și prelucrat în prezenta teză.

Modelul propus conform algoritmului de modelare și analiză prezintă în continuare o evaluare din punct de vedere fizico-chimic a calității apelor fluviului Dunărea, conform secțiunilor de supraveghere precizate pentru grupa “regim de oxigen”, care cuprinde oxigenul dizolvat (OD), consumul biologic de oxigen CBO₅, consumul chimic de oxigen dizolvat CCO-Mn, CCO-Cr, și datele pentru debit, temperatură sau scurgere solidă pe intervalul temporal 1992–2006 și separat pe segmente de timp din acest interval, precum și date specifice perioadei 2009-2010 pentru apele uzate urbane din municipiul Brăila .

Pentru a putea evalua modelul matematic propus din punct de vedere al consistenței rezultatelor produse în urma folosirii acestuia, vom trece în revistă câteva date prezente în raportul de specialitate al Ministerului Mediului pentru anul 2009, ce prezintă rapoarte de tip global pe perioade temporale sau proprii unui anumit spațiu geografic, considerând de obicei medii anuale. În continuare se vor prezenta câteva exemple în acest sens.

Exemplul 1. Privind starea calității fluviului Dunărea, în anul 2009 s-a apreciat, pe baza informațiilor furnizate în 28 secțiuni de control pe Dunăre, cât și pe brațele Tulcea, Chilia, Sulina și Sfântul Gheorghe, faptul că distanța însumând 1061 km (98,7%) s-au încadrat în clasa II de calitate, și 14 km (1,3%) în clasa III de calitate.

În legătură cu evaluarea indicatorilor din categoria substanțelor prioritare/prioritar periculoase, calitatea apei Dunării a fost necorespunzătoare, referitor la indicatorii Cu și Cr în circa 80% din secțiunile unde au fost monitorizate aceste substanțe.

Analiza biologică a încadrat apa fluviului Dunărea, pe cei 1075 km monitorizați pe teritoriul românesc, în clasa II de calitate – stare ecologică bună.

Sinteza acestor rapoarte poate fi considerată ca o imagine a întregului curs al fluviului Dunărea și prezintă importanța unor studii în acest sens, însă nu pot fi considerate relevante pentru segmentul studiat în prezenta teză, cel al Dunării de Jos. Se pot aminti, astfel, „Raportul de mediu” realizat de EPC Consultanților de

Mediu [54], și Rapoartele de mediu 2004 – 2009 ale Ministerului Mediului și Pădurilor [55], care prezintă sinteze de acest tip la nivelul întregului curs al Dunării.

Exemplul 2. În analiza bazelor de date ce descriu evoluția parametrilor de calitate ale apelor de suprafață există diferite modalități de abordare. Rezultatele acestor analize depind de locațiile reprezentate și de condițiile ecosistemului acvatic studiat. Perioadele alese pentru identificarea unui anumit trend pot produce rezultate ce reprezintă o anumită evoluție. Spre exemplu, în analiza mediilor pe o perioadă de 5 ani, în perioada 1991-2005, în zona Bratislava, cu poziția identificată prin km pe Dunăre (km 1868,75 pe fluviu), s-au înregistrat date conform tabelului 4.1 [44].

Tabel 4.1 Valori medii pe 5 ani în perioada 1991-2005 conforme cu cele prezentate pentru zona Bratislava, km 1868,75 pe fluviu

C Anii	O ₂ [mg/L]	BOD ₅ [mg/L]	COD-Cr [mg/L]	COD-Mn [mg/L]
1991 – 1995	10,2	2,05	11,58	4,09
1996 – 2000	10,5	1,97	11,40	3,92
2001 – 2005	10,6	2,07	11,45	3,73
Trend anual	0,022	- 0,018	- 0,081	- 0,051

Alegerea intervalelor de timp de 5 ani nu a fost stabilită în cazul unor analize a evoluției globale în timp, periodicitatea fiind aleasă arbitrar, dar au fost considerați ca factori importanți, ce influențează această evoluție, temperatura și debitul.

Rezultatele analizate, conform algoritmului precizat anterior în prezenta teză, pot demonstra că alegerea unei perioade de 5 ani poate fi în concordanță cu evoluția periodică a unor funcții de interpolare de tip X_{CR} , în cazul debitului sau temperaturilor. Rezultatele aplicării (AUPAD) produc astfel de periodicități.

Pentru această cauză, identificarea unei periodicități a evoluției în timp poate avea aceeași semnificație teoretică precum analiza unui trend liniar al evoluției parametrilor de calitate.

Exemplul 3: Pentru segmentul studiat în teză, în raportul „Starea mediului 2004 – județul Brăila” realizat de ANM Brăila, se reține că, starea calității apei s-a realizat în două secțiuni, identificate prin poziția în km pe Dunăre ca fiind 183 km și 166 km, secțiuni ce constituie punctele de intrare și ieșire a apelor fluviale pe teritoriul județului Brăila, iar SGA în secțiunea Gropeni, km 219. În figura 4.5 se poate observa un grafic realizat pe baza modelării proprii a datelor conform complexului de algoritmi (AUPAD) și în acest caz o serie de observații în legătură cu nivelul concentrației de oxigen dizolvat poate deveni mult mai completă, inclusiv pentru alți parametri de calitate ai apelor Dunării. Modelul grafic realizat prezintă o evoluție în timp și poate identifica segmente temporale cu o evoluție critică, identificând spre exemplu această stare ca fiind cea în care nivelul de calitate scade sub clasa II de calitate sau mai jos. Anii 2006 și 2007 prezintă astfel de evoluții semnificative sub clasa de calitate II pentru oxigenul dizolvat.

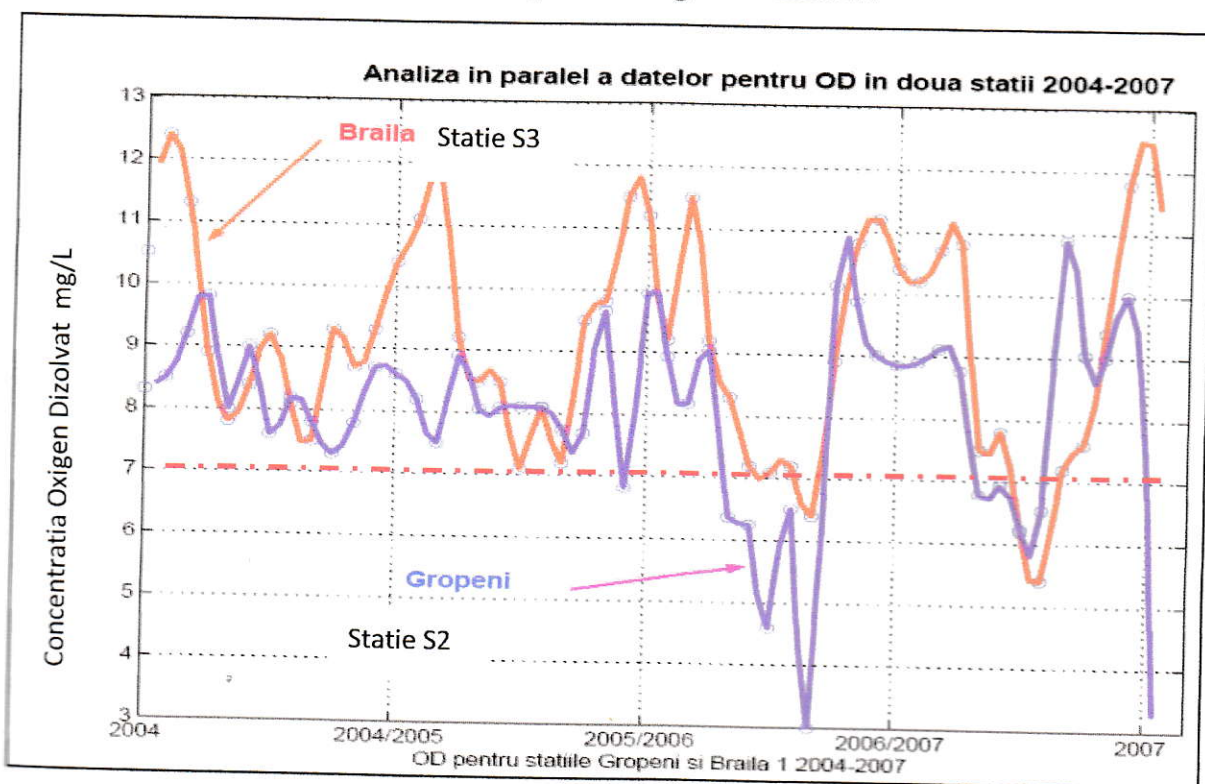


Figura 4.5 Modelarea nivelului de (OD) prin funcții de tip X_{CR} , pentru perioada 2004-2007 pentru stațiile S2 și S3

În raportul precizat s-a constatat că poluarea organică este relativ redusă, înregistrând valori comparabile cu anii precedenți, valorile medii încadrând apele

fluviului Dunărea în clasa II de calitate a apelor de suprafață, rezultat neconform cu aceasta pentru anii 2006-2007, așa cum reiese din figura 4.5..

Au făcut excepție conținutul de fier total și substanțele fenolice, a căror valori au depășit limitele clasei II de calitate.

Concluziile sunt că există o impurificare încă din amonte, aportul agenților economici de pe teritoriul județului fiind declarat ca ne semnificativ. Un alt exemplu de acest tip este analiza realizată pentru lacurile din Delta Dunării, pe perioada 2003 – 2005, caz în care se prezintă depășiri ale clasei II în cazul unor metale grele, precum cadmiu și plumb [56].

Aceste observații sunt realizate conform aparatului tehnic metodologic de analiză și monitorizare a calității apelor de suprafață și care produce concluzii de nivel global spațio-temporal fără a indica cauzalitatea unor astfel de fenomene în afara limitelor admisibile și, respectiv, al domeniilor de acțiune pentru eliminarea unor astfel de situații în viitor.

Structurile de date ce prezintă o variație sezonală, precum temperatura aerului, temperatura apei sau debitul pot fi interpolate cu o normă de discretizare a variabilei timp mai fină, iar această procedură (AUPAD) devine ca eficientă când seriile temporale sunt discrete, regulate în timp ca prelevare, însă neregulate în spațiu.

În cazul modelelor ce analizează temperatura zilnică într-o zonă geografică, modelul este spațio – temporal, înregistrările realizându-se pe zone geografice, în general în cazul unui dreptunghi de o arie semnificativă cu laturi de minim 1^0 .

Rezultatele interpolării acestor date prezintă informații detaliate asupra evoluției spațio – temporale pe o bază de date analizate de 20 – 30 de ani. Se pot observa regresii liniare sau armonice anuale de tipul $\cos(2\pi nt/365)$ și $\sin(2\pi nt/365)$, pentru $n=1,2$, iar t fiind numărul total de zile [61].

În cazul aplicării modelului matematic propus, algoritmul de analiză a datelor a impus o metodologie de acoperire a datelor lipsă printr-o construcție proprie, folosind funcțiile Spline cubice, ce au implicat acceptarea evoluției parametrilor de calitate conform funcțiilor de clasă C_1 și controlând valorile intermediare rezultate prin interpolare. Construcția realizată a avut în vedere și

analiza evoluției în timp a parametrilor de calitate în mai multe exemple asemănătoare, pentru alte cursuri de apă, în analize realizate în pregătirea acestei teze, precum studiile realizate pentru râurile Suceava [67], iar rezultatele au confirmat fiabilitatea aplicării modelului matematic realizat. Există diferite modele de acoperire a datelor lipsă, specifice analizelor statistice, considerând probabilitatea maximă multiplă sau maxima de risc [62].

În analizele statistice există și situații când procedurile statistice exclud orice observații asupra unor baze de date incomplete sau, așa cum sunt numite, cazuri incomplete [63]. Este însă recunoscut că excluderea acestor cazuri duce la pierderea unor informații și ignorarea diferenței dintre cazurile complete și incomplete. Mai mult, în cazul datelor de mediu există rar cazuri complete (fără date lipsă) pentru seriile temporale ce modelează fenomenele de mediu și din această cauză baza de date folosită în modelare a fost uniformizată acoperind datele lipsă aplicând (AUPAD).

În analiza unei baze de date se urmăresc anumite direcții de evaluare și anume: corectitudinea datelor, valorile excesive, valorile lipsă, normalitatea distribuției, liniaritatea și homoscedasticitatea (dispersia constantă) sau heteroscedasticitatea (împrăștierea valorilor Y nu depinde de X sau depinde de X).

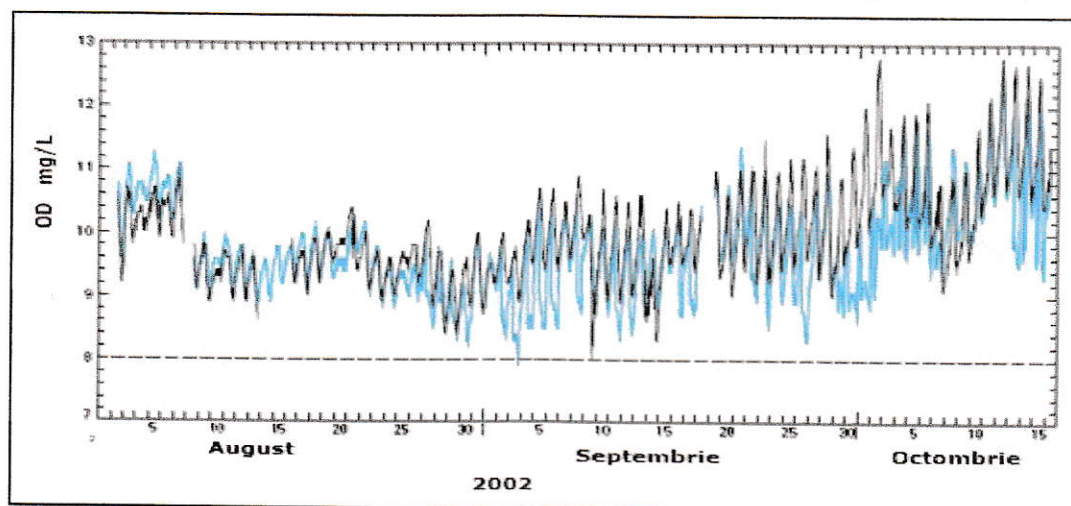


Figura 4.6 Exemplificarea grafică a evoluției concentrației de oxigen dizolvat în cazul unui râu monitorizat folosind senzori electronici ce pot pune în evidență variații diurnale

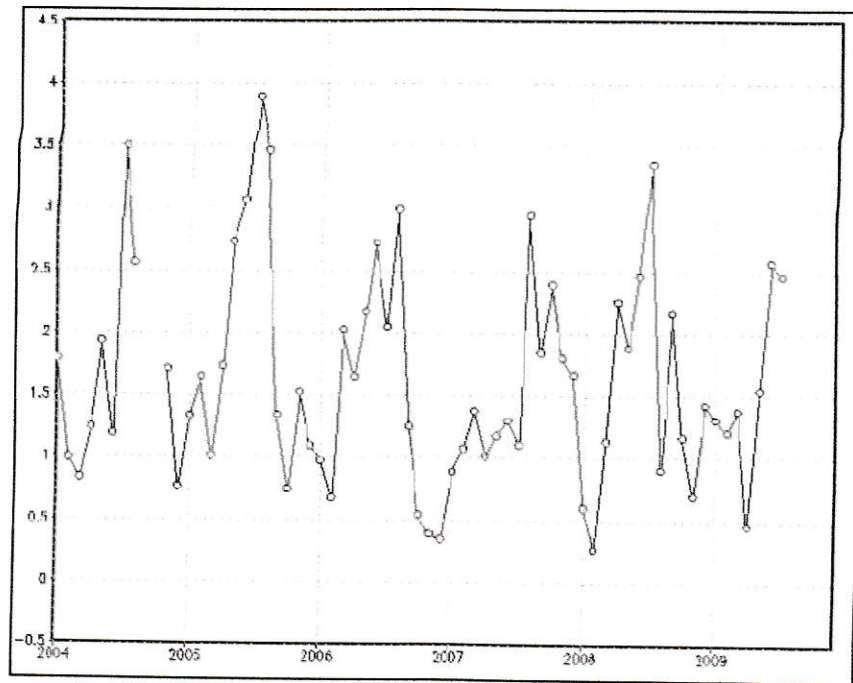


Figura 4.7 Reprezentarea grafică a nivelului precipitațiilor conform bazei de date NOMAD

În lipsa unor mijloace de monitorizare electronice care pot produce analize și rezultate grafice conforme cu figura 4.6., ca și în cazul analizat, corectitudinea datelor va depinde în mare măsură și de factorul uman, valorile excesive pot fi îndepărtate prin fenomene temporale supuse unor factori externi sau fenomene externe (valori cu influență). În ceea ce privește nivelul precipitațiilor, temperaturii sau presiunii atmosferice, nebulozitate, viteza vântului sau nivelul de radiații solare, s-au folosit date spațio-temporale specifice dreptunghiului ce încadrează zona analizată, folosind bazele de date și imaginile foto din sateliți geostaționari, (fig.4.7).

În cazul realizării investigațiilor proprii asupra parametrilor de calitate ai apelor de suprafață, valorile lipsă au fost reconstituite conform modelului matematic descris, care a avut în vedere și evoluția sistemului acvatizat, iar baza de date prezentată prin seriile temporale completate și analizate prezintă date heteroscedastice, considerând X ca reprezentând timpul, iar Y valoarea parametrului de calitate.

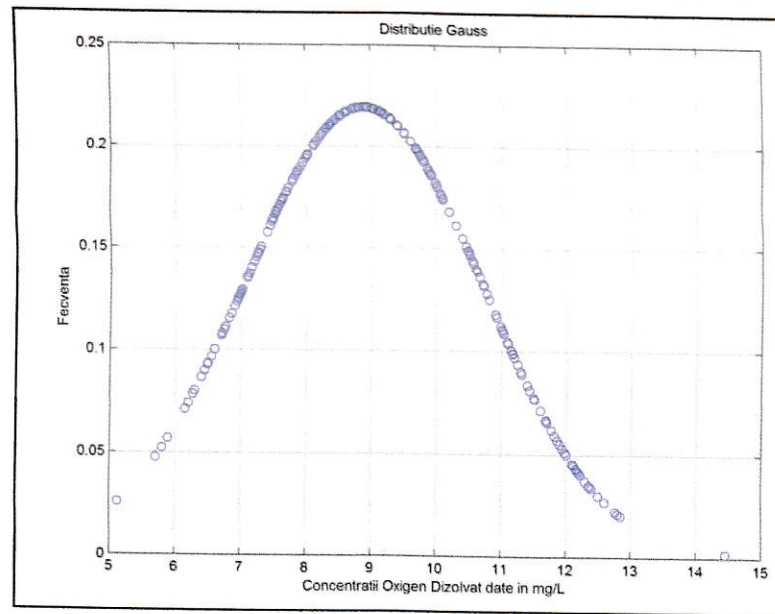


Figura 4.8 Distribuție relativ normală (mai puțin importantă dacă depășim 100 subiecți sau probe în cazul de față valori determinate pentru concentrația de oxigenului dizolvat)

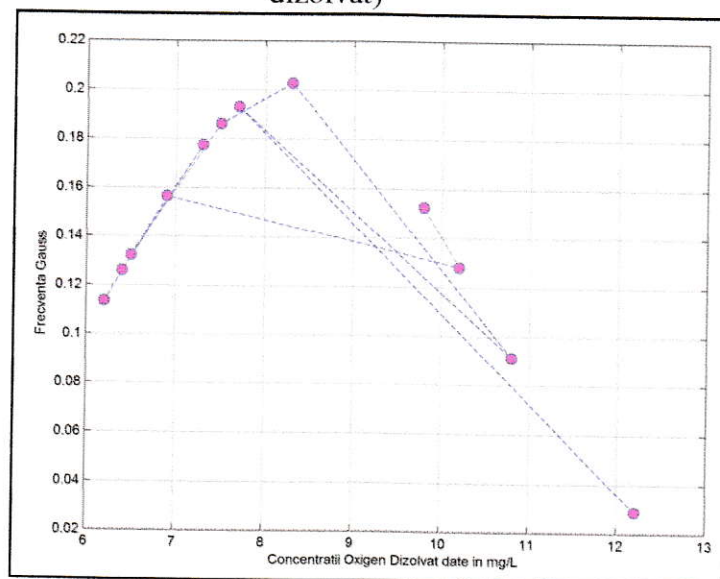


Figura 4.9 Distribuția valorilor pentru oxigen dizolvat în cazul considerării a 12 date într-o distribuție Weibull

Se poate observa o distribuție relativ normală în cazul considerării tuturor datelor pentru oxigen dizolvat în perioada 1992-2006 pentru stația S1, identificând ca valori cu cea mai mare probabilitate pe cele din intervalul 8,5-9,5 mg/L, (fig. 4.8).

Dacă se consideră un set de date anual cu 12 valori considerate pentru cele 12 luni ale anului, spre exemplu anul 2005, valorile cu o probabilitate de realizare mai mare trec în zona 8 mg/L, (fig. 4.9).

4.2. OXIGEN DIZOLVAT- REZULTATELE APLICĂRII (AUPAD)

Grupa oxigenului dizolvat este influențată de o serie de factori, precum debit, adâncimea cursului de apă, circulație atmosferică, radiații solare, temperatură sau prezența în apă a substanțelor solicitante, biomasă de alge, materii organice în suspensie și gradul de sedimentare.

Activitățile agricole din bazinul cursului de apă sau influența deversărilor urbane influențează sezonier nivelul concentrației de oxigen dizolvat (OD).

În timpul verii, la debite mici, se pot înregistra creșteri ale nivelului fitoplanctonic, o cantitate de nutrienți în exces și condiții de dezvoltare a masei de alge. În perioada de sfârșit a verii și toamna, sursele de ape uzate urbane pot influența semnificativ nivelul de oxigen dizolvat (OD), existând o mai mare încărcare cu azot, în special amoniac.

Desigur că pentru cursurile mari de apă, precum fluviul Dunărea, există o distribuție și în funcție de adâncime și suprafață a concentrației de oxigen dizolvat (OD), gradul de amestec fiind influențat de perioade de precipitații mai mari sau mișcări atmosferice semnificative, precum și de circulația navelor pe cursul Dunării, segmentul considerat fiind un important curs navigabil. Aceasta este recunoscută ca așa zisa amestecare ocazională produsă de navele mari și o influență poate influența nivelul procentului de oxigen dizolvat (OD) între 5 și 25 de zile [66].

În apele de suprafață nivelul oxigenului produs în procesul de fotosinteză și consumul acestuia, datorită respirației, sunt două fenomene importante ce influențează nivelul concentrației oxigenului dizolvat (OD).

Algele produc, totuși, mai mult oxigen prin procesul de fotosinteză decât se consumă în procesul de respirație, dar o parte este pierdută în atmosferă în timpul zilei. Pe timpul nopții, procesul de fotosinteză încetează, însă respirația este permanentă, astfel încât se produce un deficit de oxigen dizolvat (OD).

Factorii ce influențează concentrația de oxigen dizolvat (OD) au o anumită dinamică, aceștia putând să-și schimbe nivelul de influență din oră în oră, zilnic sau sezonier.

Aceasta va face ca dinamica sistemului să facă imposibilă izolarea unui singur factor ce influențează nivelul concentrației de oxigen dizolvat (OD) și să

putem analiza sau explica observațiile asupra concentrației de oxigen dizolvat (OD) printr-un singur factor pe parcursul unei perioade [65].

Totuși, se poate observa și analiza influența unor factori importanți ce influențează vizibil concentrația de oxigen dizolvat (OD), iar acești factori pot fi temperatura, debitul sau nivelul de precipitații înregistrat în anumite perioade, decade temporale secetoase sau umede, nivelul zăpezilor sau temperaturile foarte scăzute. Prin aplicarea modelului matematic de analiză s-a observat de exemplu o corelație între nivelul de oxigen dizolvat atât pentru stația S1 cât și pentru stația S4, cu variația debitului, (fig. 4.10).

Analiza nivelului de oxigen dizolvat (OD) pentru corpurile de apă este importantă pentru a modela metabolismul mediului acvatic. În cazul analizei pe termen lung, variațiile diurne vor trece neobservate, aceasta și din cauza modalității în care, conform legislației în vigoare, datele de calitate sunt prelevate și analizate. Datorită debitului și vitezei de curgere, variațiile diurne nu depășesc $1,5 \text{ mg/L} - 2 \text{ mg/L}$, aceasta fiind o caracteristică a cursurilor mari de apă.

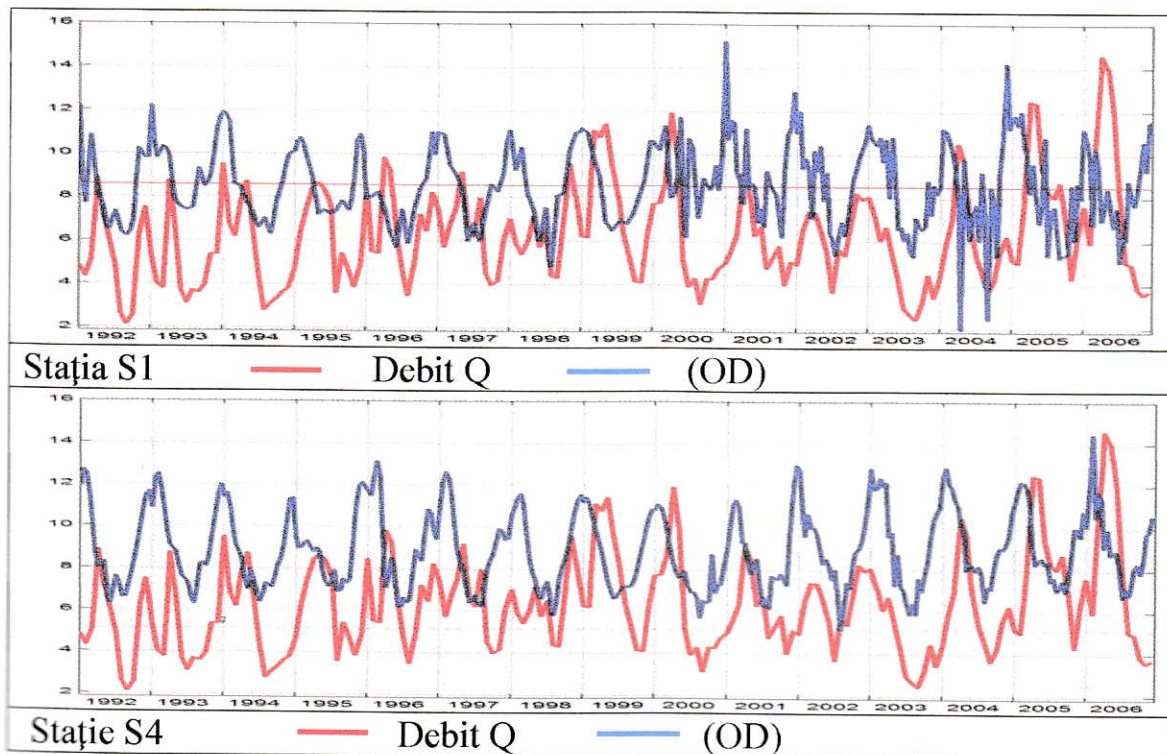


Figura 4.10 Corelație între (OD) și Q, folosind un factor de multiplicare 0,01 pentru Q, și aducerea celor două funcții în spațiul observabil

Analize ale seriilor de date pe termen lung (15 ani) sunt prezente în studii ce descriu evoluții ale trendului calității apelor. Nivelul calității poate fi supus atât gradului de poluare indus de aglomerări urbane sau zone mai puțin populate, dar cu activități agroindustriale semnificative, cât și de condiții climatice, cum ar fi, de exemplu, nivelul precipitațiilor [69].

Condițiile de prelevare a probelor diferă de la caz la caz și, mai mult, periodicitatea de prelevare și analiză a datelor poate ajunge și la intervale săptămânale în cazul unor situații de criză, cum ar fi propagarea unor unde de poluare.

Corelațiile între diferiți factori, cum ar fi, de exemplu, intensitatea activităților agricole sau zootehnice și respectiv, nivelul calității apelor, poate să nu înregistreze legături logice. Chiar dacă intensitatea activităților descrește, nu se înregistrează o îmbunătățire a calității apelor. Aceasta poate fi explicată prin faptul că, atunci când există o descreștere a activităților poluante dintr-un bazin hidrografic, totuși impactul asupra apelor de suprafață rămâne vizibil într-o așa zisă inerție a influenței negative și întărind ipoteza că, odată degradat un anumit bazin hidrografic, refacerea influenței pozitive asupra corpului de apă poate depăși perioade semnificative în timp, remediarea nefiind vizibilă imediat.

În cele mai multe cazuri, nivelul precipitațiilor influențează aceste observații, acestea readucând în corpul de apă de la nivelul solurilor degradate de substanțe poluante, iar aceasta întărește ipoteza, conform căreia, există o gamă largă de factori ce influențează calitatea apelor, nivelul de poluare și trendul evoluției parametrilor de calitate.

Există nenumărate studii pe termen lung ce aleg dintr-o perioadă temporală mai mare, chiar de 15 ani, subseturi de date pe perioade de 5 ani, fără a explica această alegere.

Conform propriilor analize, există o comportare armonică a evoluțiilor unor parametri în timp (identificat deja ca fiind de perioadă 5 ani, pentru debit) și evoluții de periodicitate mai mici de cinci ani pentru alți parametri.

Plecând de la aceste observații, se poate considera că algoritmul (AUPAD) identifică aceste periodicități și explică evoluții în acest sens.

O posibilă explicație a acestor evoluții este aceea că zonele umede și zonele împădurite din bazinul Dunării, în segmentul analizat, au fost supuse, pe perioade diferite, influenței zonelor agricole din Insula Mare a Brăilei sau Câmpia Dunării, iar aceste zone rețin impactul negativ, influențează pe termen mult mai lung calitatea apei, chiar dacă, în zonele agricole limitrofe s-au realizat acțiuni de îndepărtare sau micșorare a factorilor și nivelului de poluare.

Pentru a exemplifica legătura dintre nivelul de precipitații, evoluțiile atmosferice (nebulozitate) ce poate influența direct atât nivelul de precipitații dar, în același timp și nivelul de radiație solară și legătura cu evoluția nivelului concentrației de Oxigen Dizolvat s-au analizat date grafice obținute din baza de date U.S. Geological Survey, USGS, pentru segmentul studiat. Alături de aceste imagini grafice ce prezintă nebulozitatea în arealul cercetat s-au luat în considerare datele privitoare la circulația atmosferică prezentată ca valori în m/s, datele fiind preluate conform „NOAA/ National Centers for Environmental Prediction (NCEP)/ Environmental Modeling Center (EMC)/ NOAA Operaitonal Model Archive Distribution System (NOMADS) development group”, (<http://nomad5.ncep.noaa.gov>).

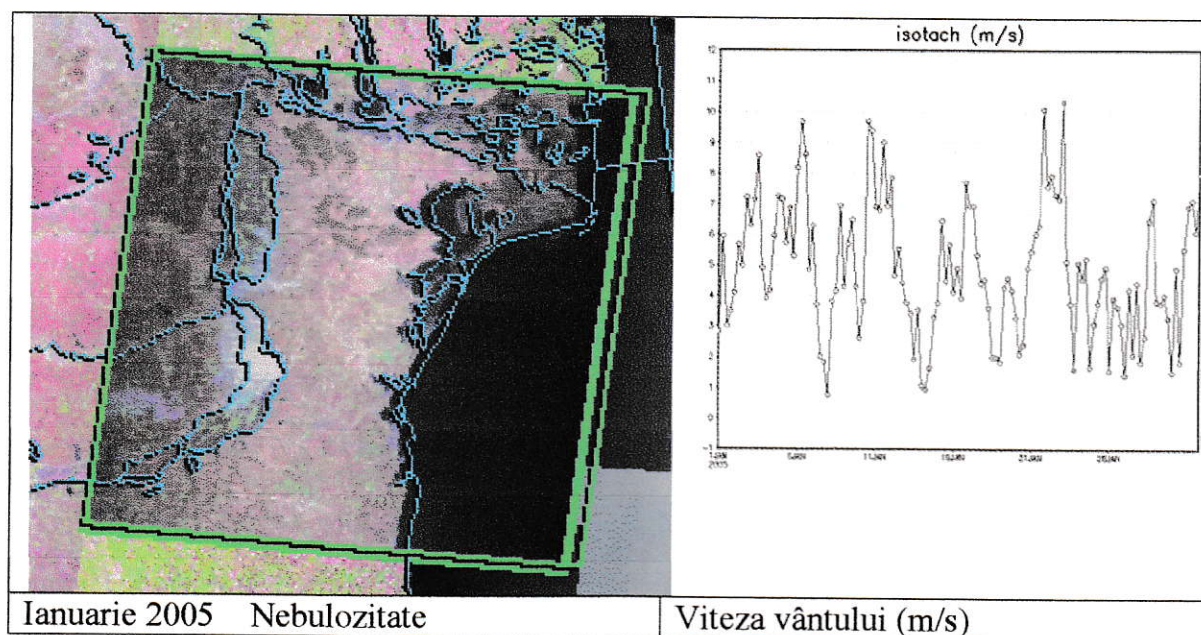


Figura 4.11.1 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna ianuarie 2005

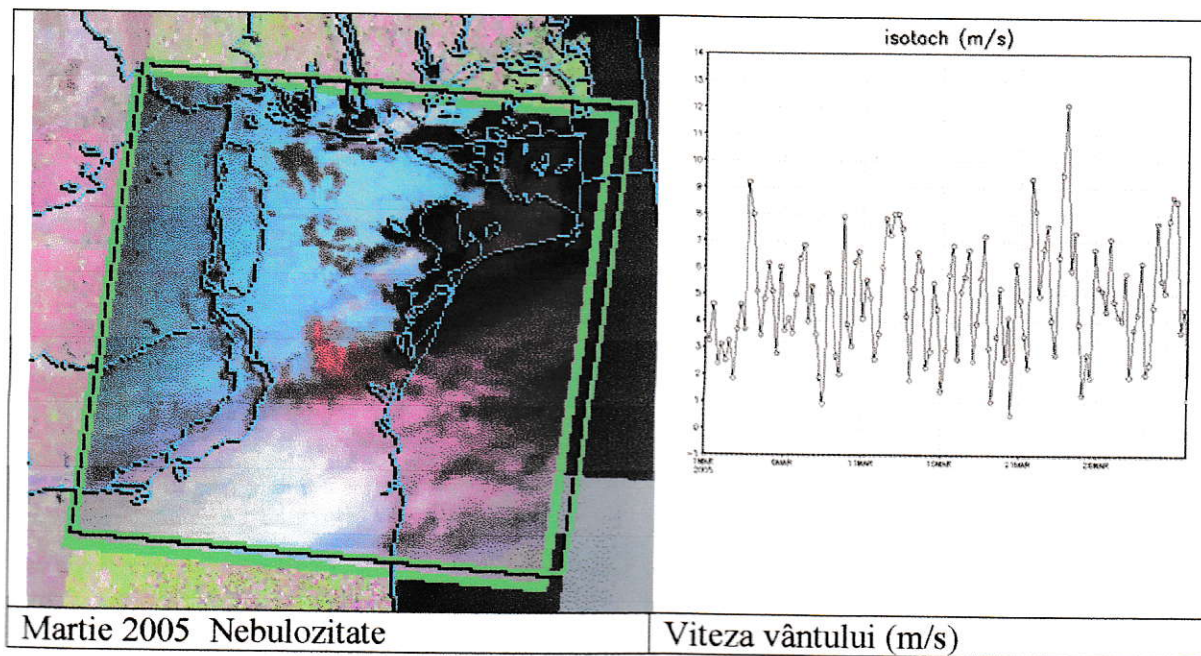


Figura 4.11.3 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna martie 2005

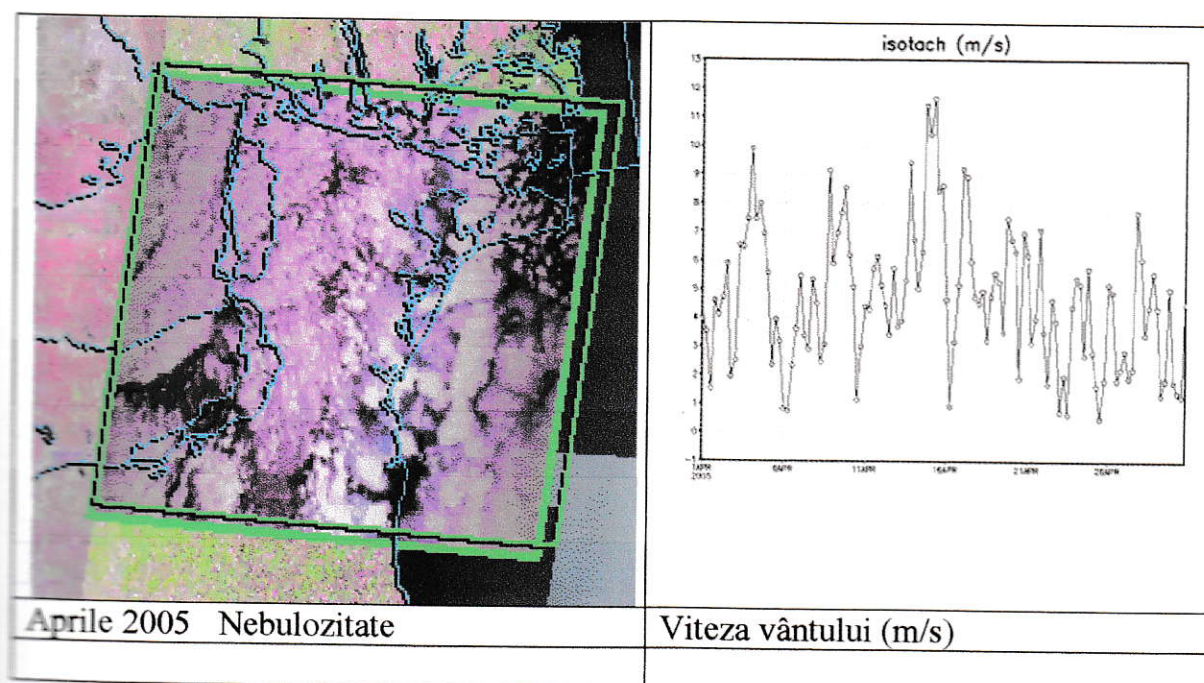


Figura 4.11.4 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna aprilie 2005

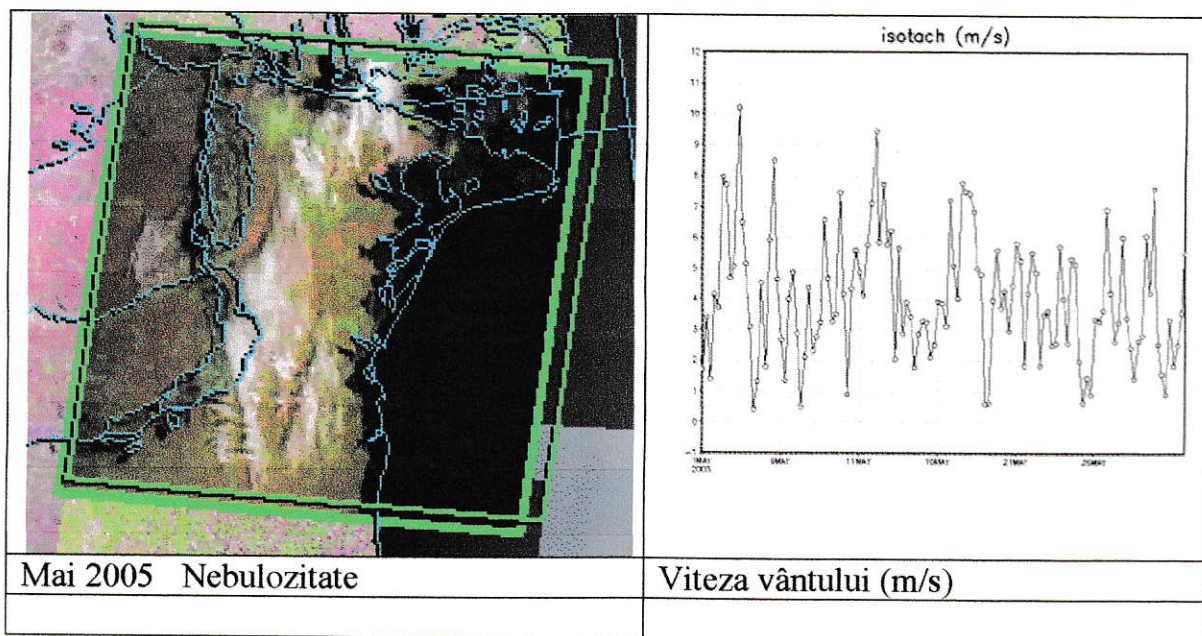


Figura 4.11.5 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna mai 2005

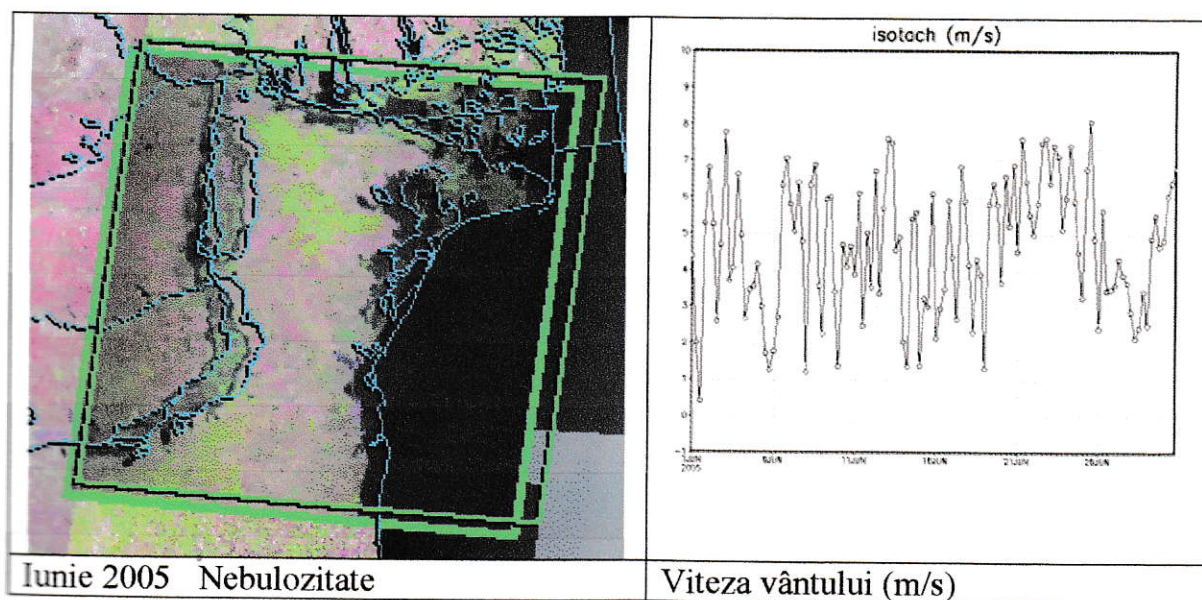


Figura 4.11.6 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna iunie 2005

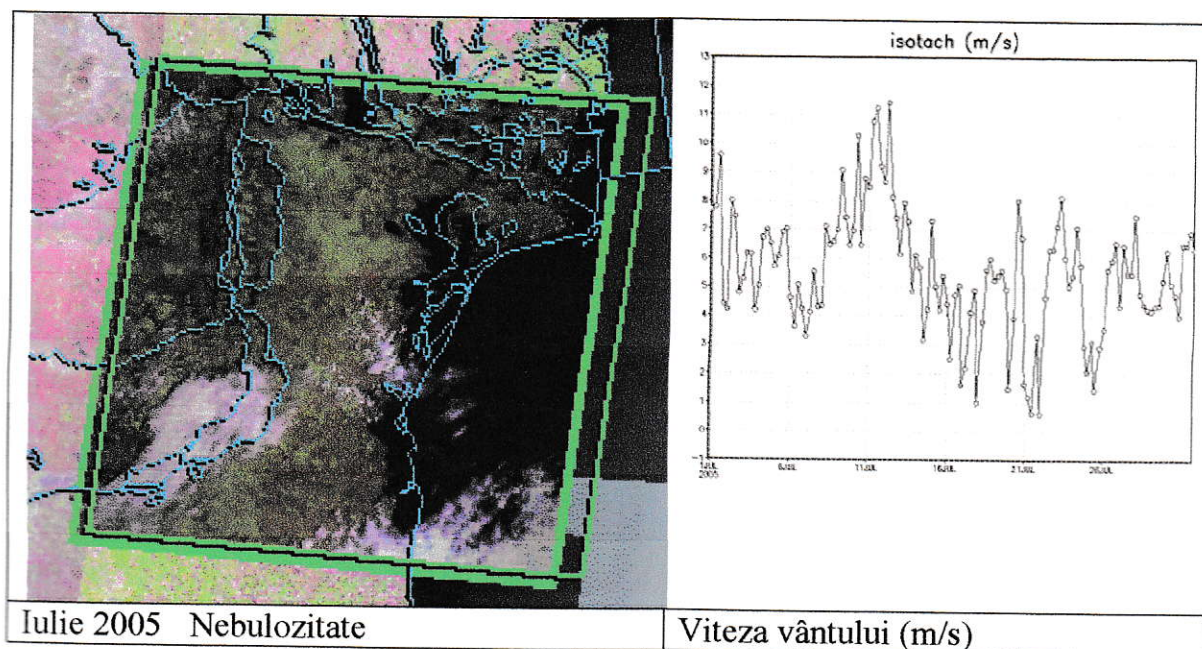


Figura 4.11.7 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna iulie 2005

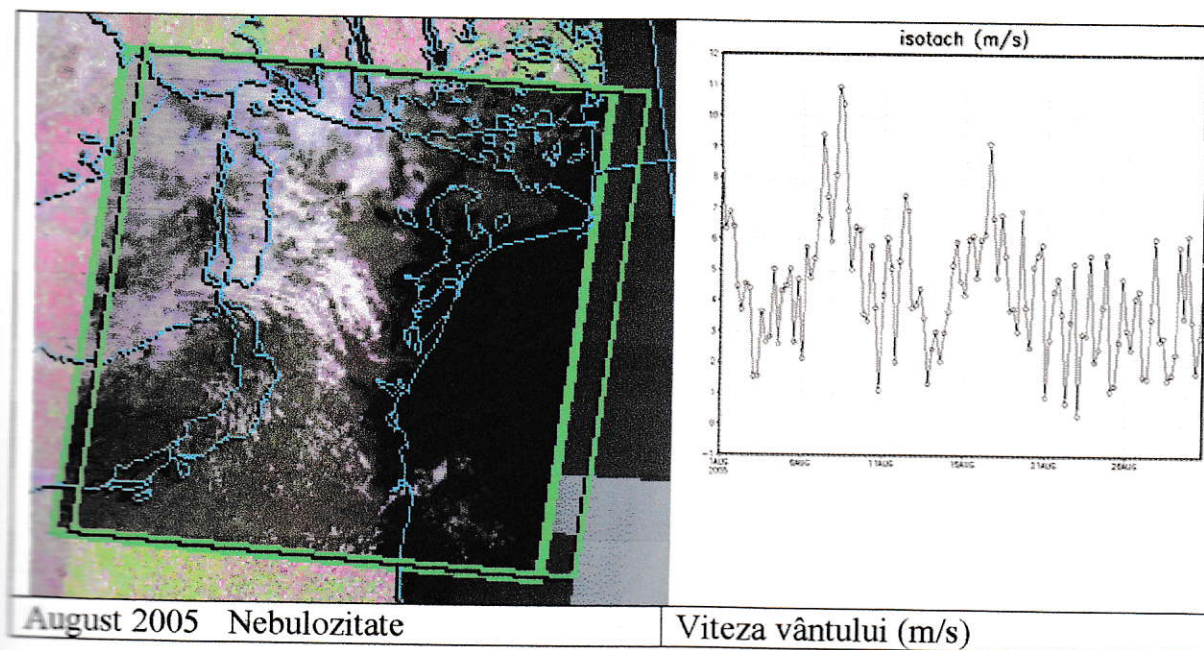


Figura 4.11.8 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna august 2005

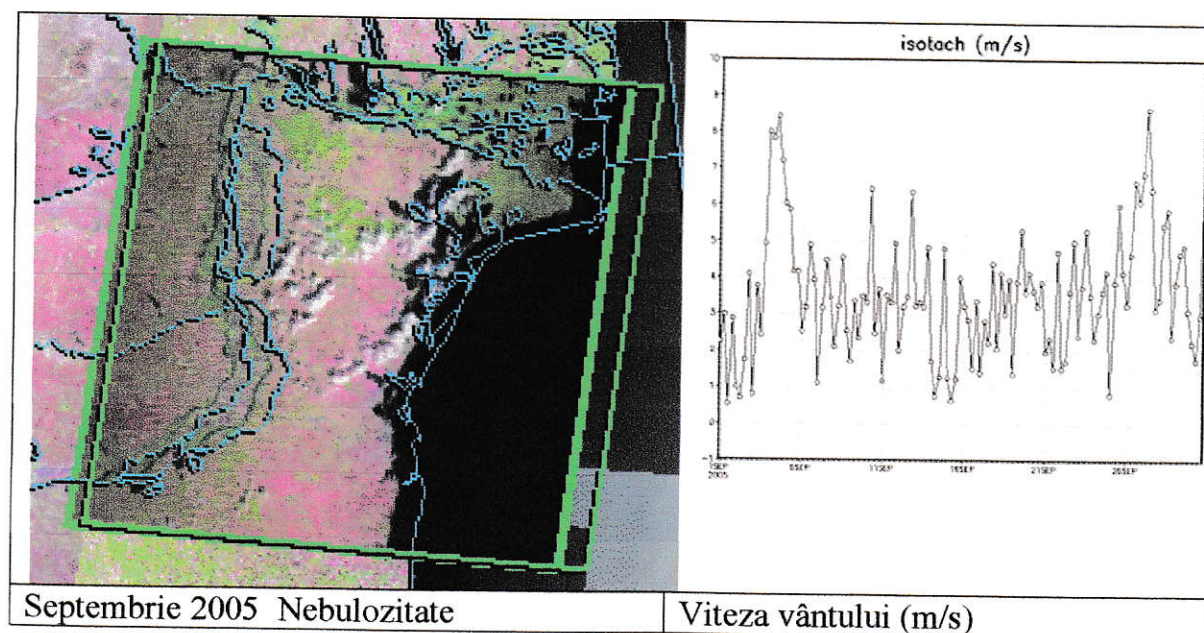


Figura 4.11.9 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna septembrie 2005

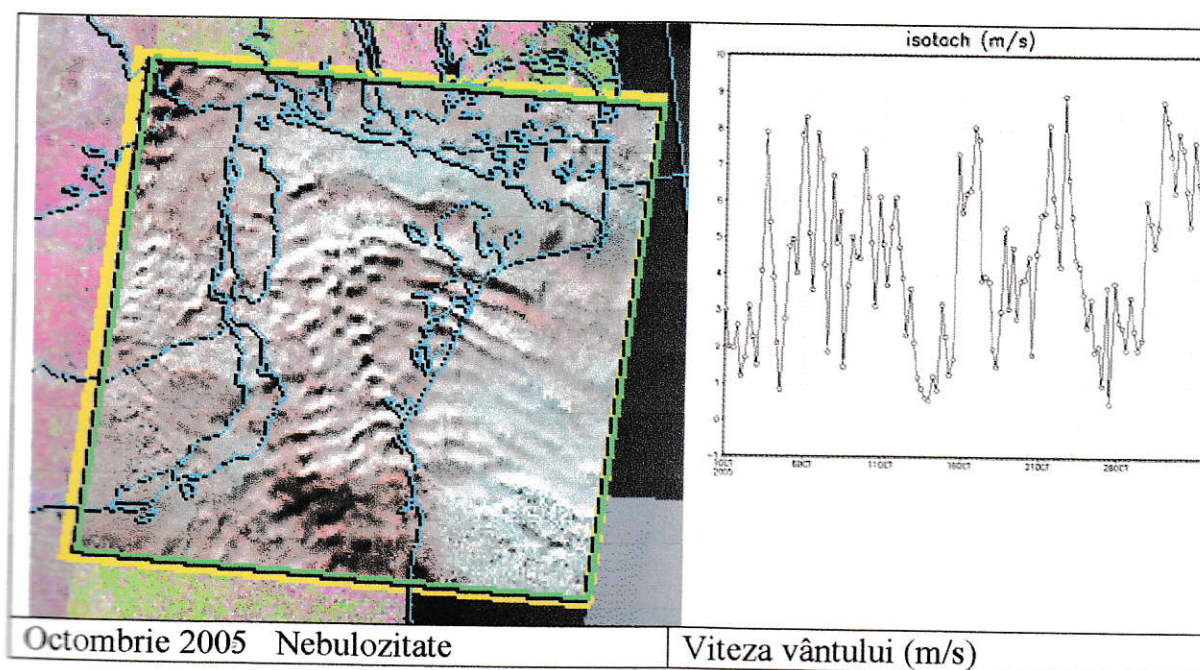


Figura 4.11.10 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna octombrie 2005

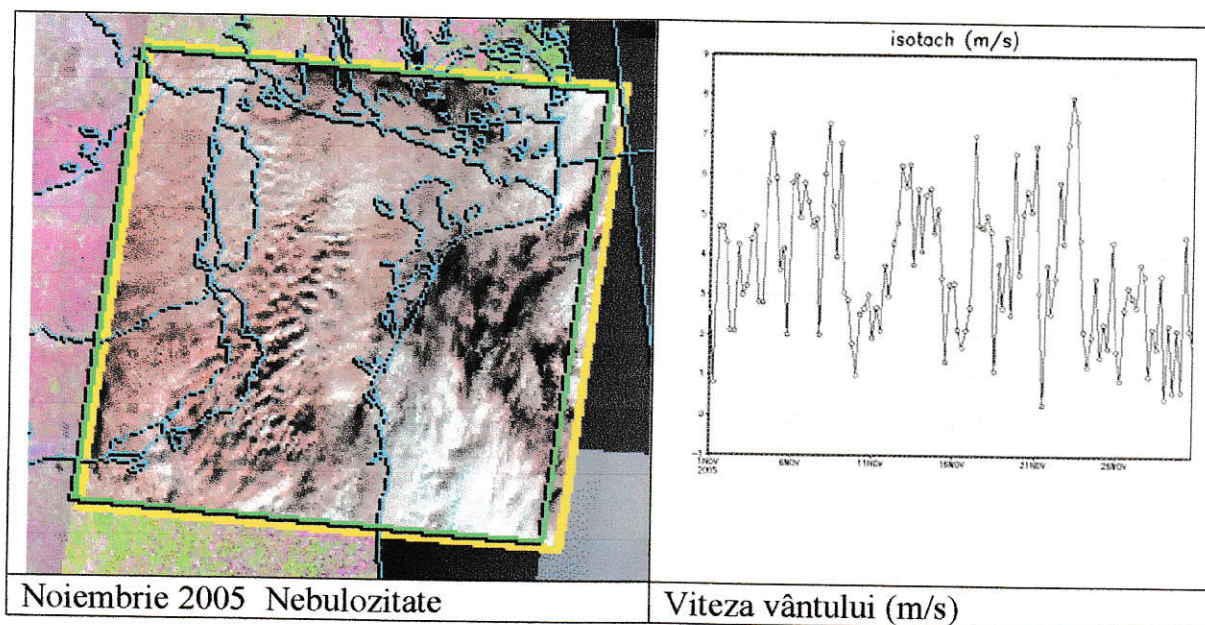


Figura 4.11.11 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna noiembrie 2005

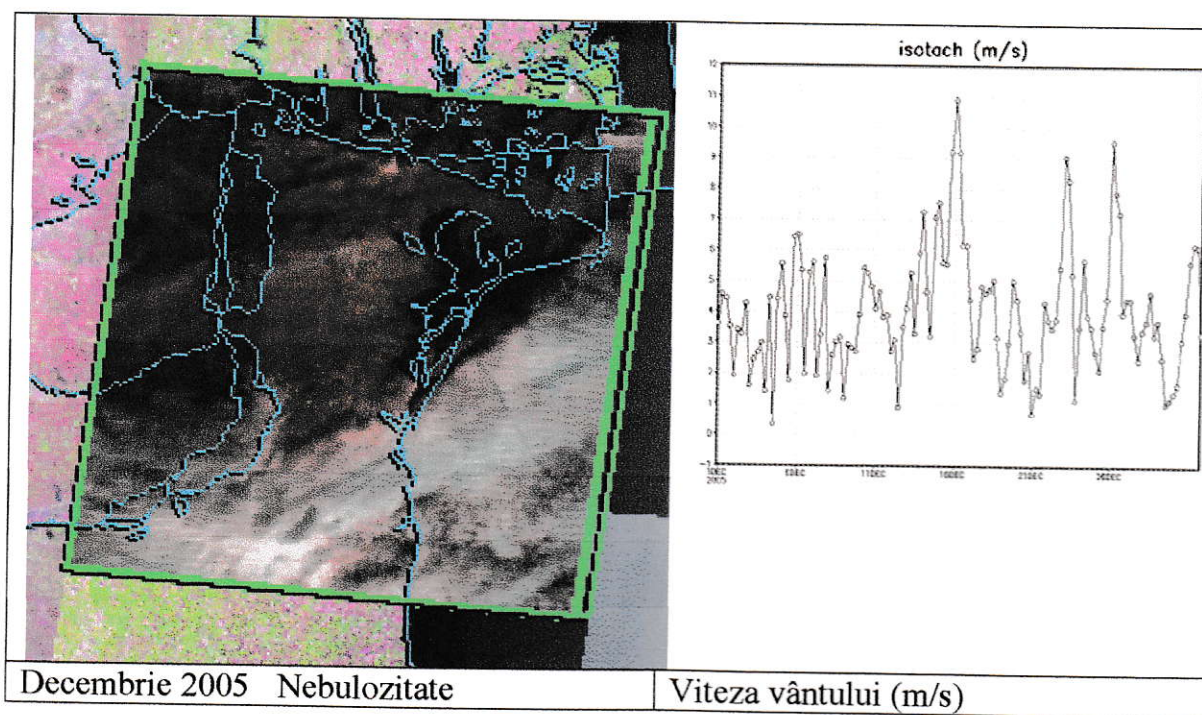


Figura 4.11.12 Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna decembrie 2005

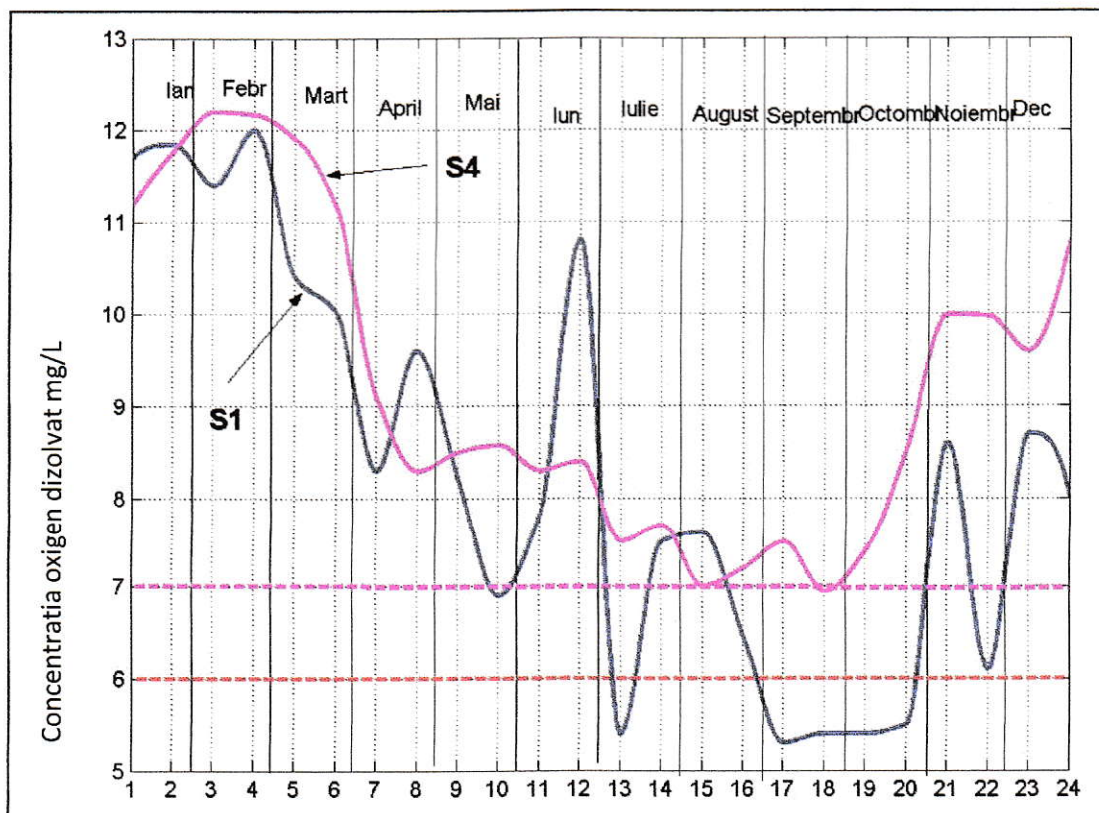


Figura 4.12 Evoluția concentrației de oxigen dizolvat in mg/L pentru stațiile S1 și S4 în anul 2005

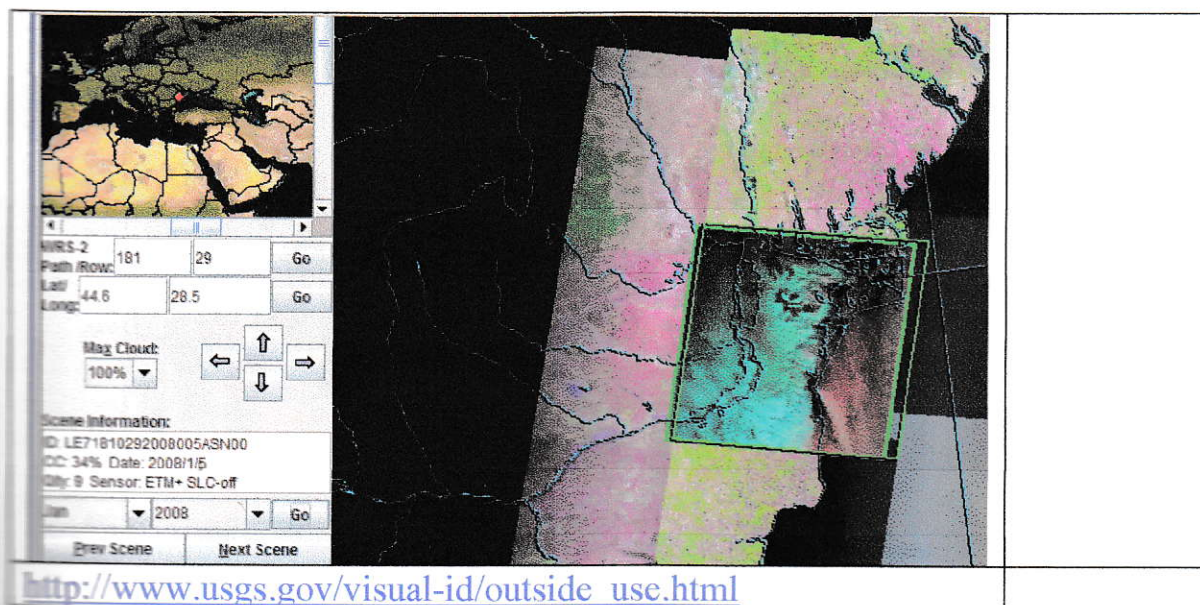


Figura 4.13 Descrierea site Example: dlvg32 software courtesy of the U.S. Geological Survey

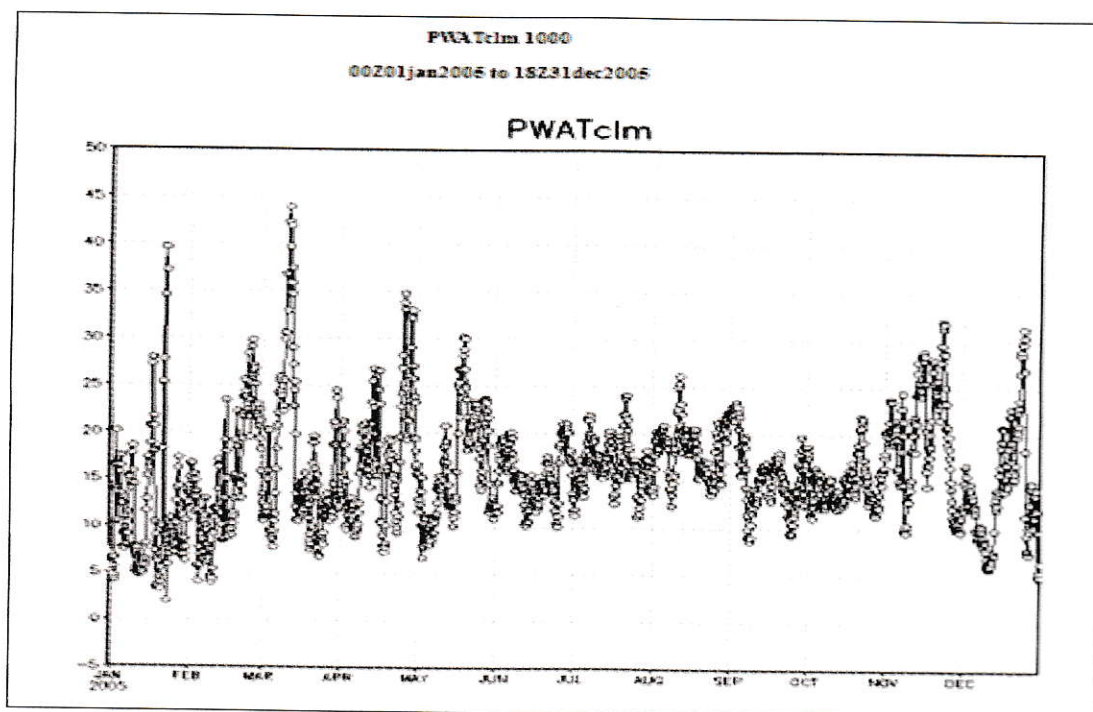


Figura 4.15 Variația radiației solare pentru anul 2005 conform bazei de date NOMAD3, în arealul studiat definit geografic ca un dreptunghi ce încadrează arealul studiat în teză

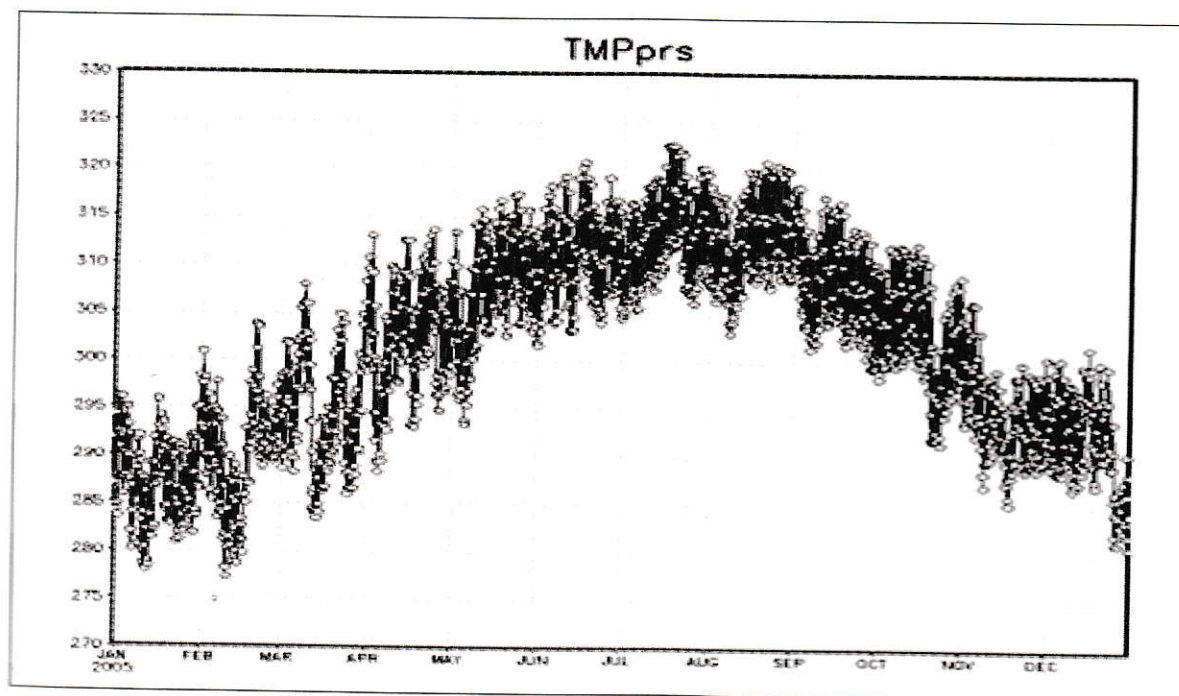


Figura 4.16 Variația temperaturii pentru anul 2005 conform bazei de date NOMAD3, în arealul studiat definit geografic ca un dreptunghi ce încadrează arealul studiat în teză

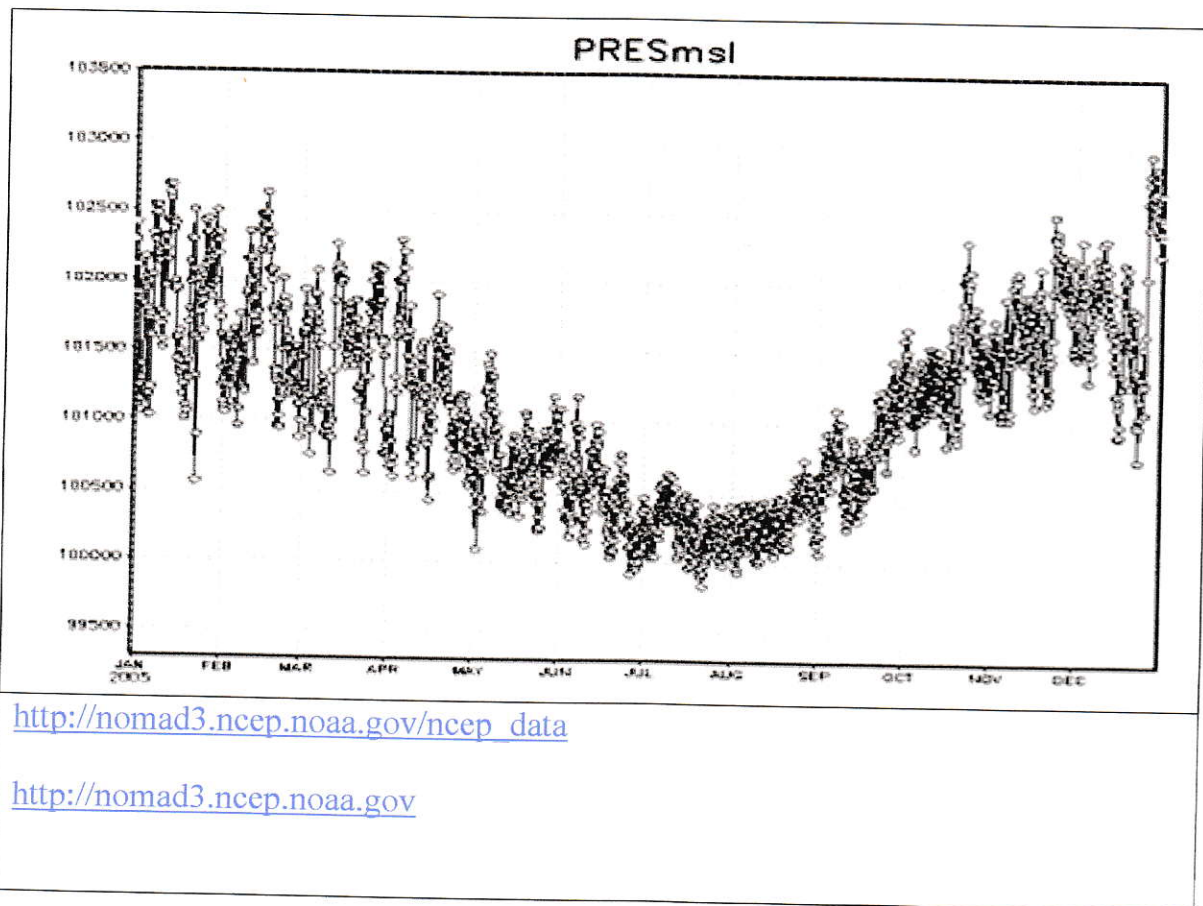


Figura 4.17 Variația presiunii atmosferice pentru anul 2005 conform bazei de date NOMAD3, în arealul studiat definit geografic ca un dreptunghi ce încadrează arealul studiat în teză

Se poate aprecia că există o corelație între imaginea grafică reprezentând presiunea atmosferică conform datelor prelucrate după observațiile din baza de date NOMAD3 referitoare la zona studiată, (fig. 4.17) și spre exemplu imaginile grafice ale concentrației de oxigen dizolvat din apele fluviului Dunărea, într-o imagine MATLAB ce prelucrează date anuale pentru cei 15 ani (perioada 1992-2006), fiecare curbă reprezentând comportarea anuală a concentrației de oxigen dizolvat în mg/L, corespunzător stației S4, (fig. 4.18).

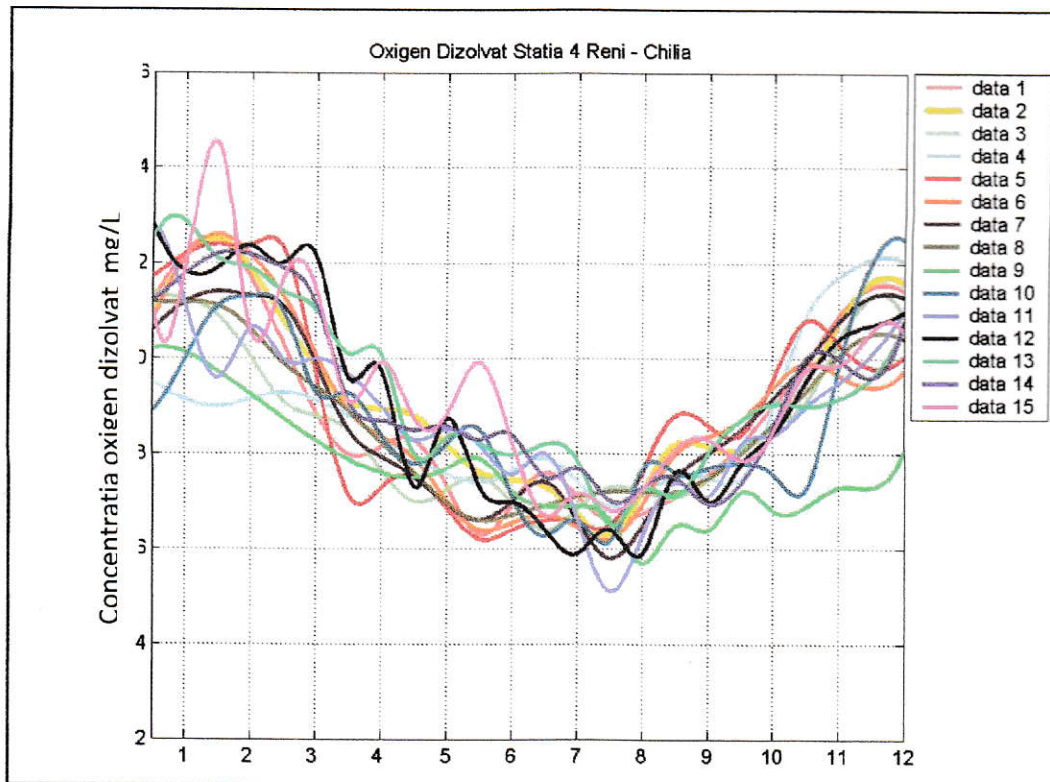


Figura 4.18 Evoluția concentrației de oxigen dizolvat în mg/L, suprapunând pe același spațiu observabil SO datele anuale pentru toți cei 15 ani în stația S4, cu date prelucrate în MATLAB pe funcții X_C , aplicând (AUPAD)

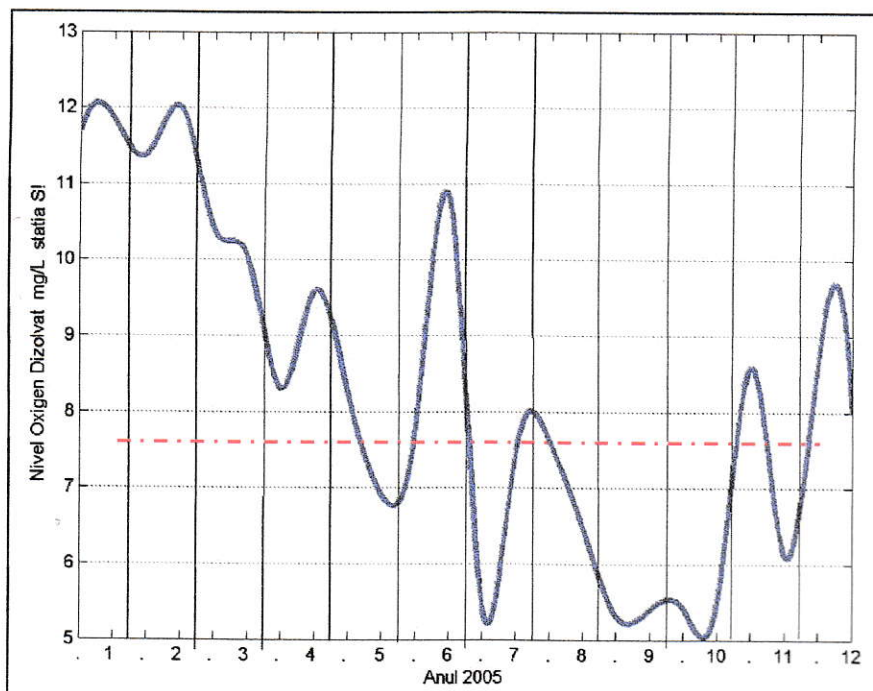


Figura 4.19 Evoluția concentrației de oxigen dizolvat (OD) pentru stația S1 cu date realizând funcția de tip X_C folosind interpolarea Spline sub mediul MATLAB conform (AUPAD)

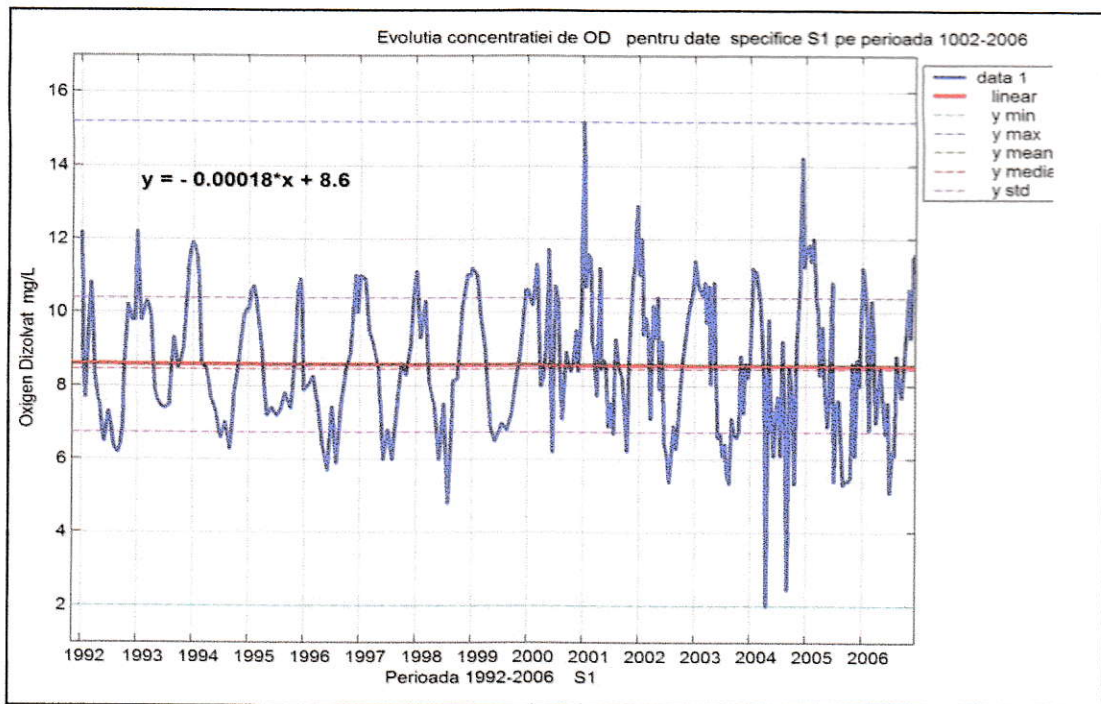


Figura 4.20 Evoluția oxigenului dizolvat în stația S1 procesat MATLAB, indicând valori min., max., mean., median., std., range., de respectiv: 2 mg/L; 15.2 mg/L; 8.562 mg/L; 8.45 mg/L; 1.827 mg/L și 13.2 mg/L

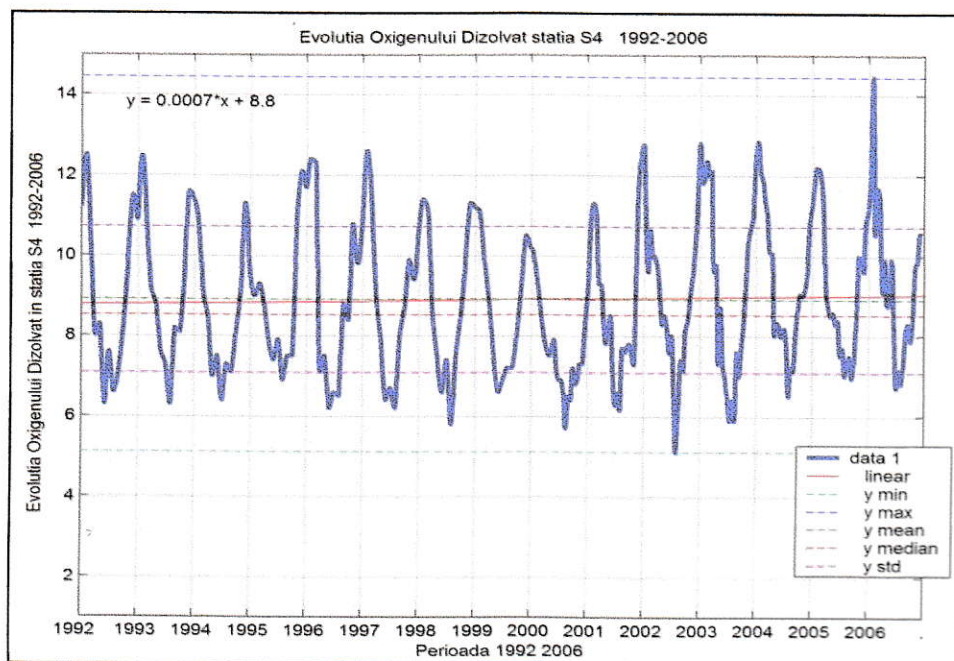


Figura 4.21 Evoluția Oxigenului Dizolvat, (OD) , în stația S4 în perioada 1992-2006, procesată MATLAB, cu valorile min., max., mean., median., std., range., de respectiv: 5.12 mg/L; 14.45 mg/L; 8.903 mg/L; 8.528 mg/L; 1.823 și 9.33 mg/L

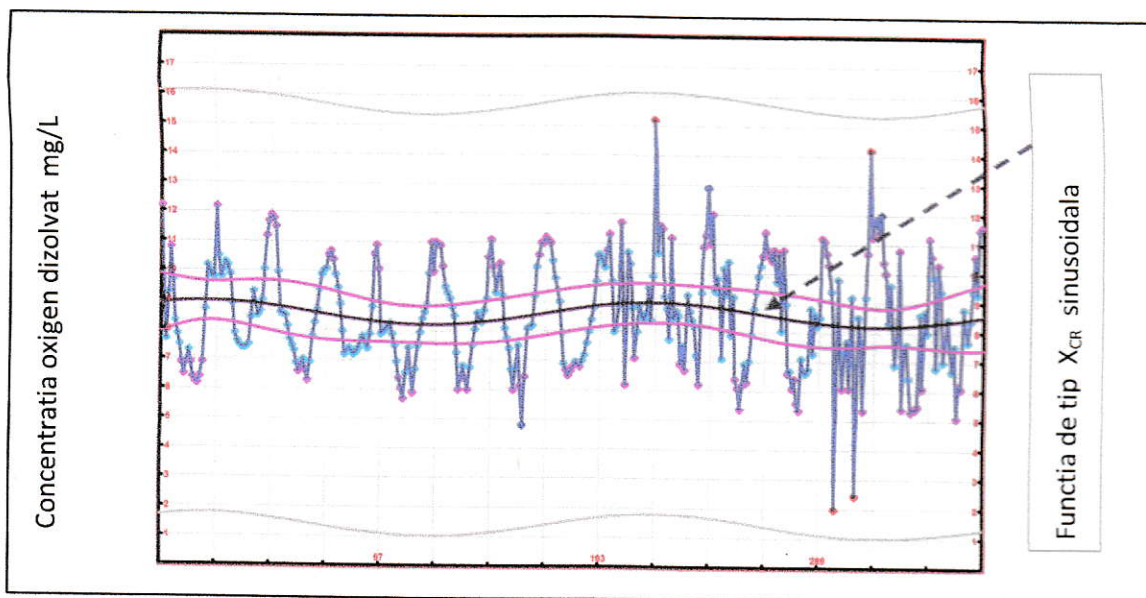


Figura 4.22 Periodicitatea identificată pentru evoluția oxigenului dizolvat pe perioada 1992-2006 pentru stația S1

În cazul analizei datelor pentru oxigen dizolvat pentru stația S1 pe perioada 1992-2006, cu ajutorul funcțiilor de tip X_{CR} , se poate identifica o periodicitate a evoluției acestui parametru de 10 ani, (fig. 4.22).

Datele prelucrate astfel identifică pe lângă evoluția periodică și valori reziduale și valorile parametrilor pentru funcția folosită de tip Sin Square a softului Table Curve 2D, (fig. 4.23).

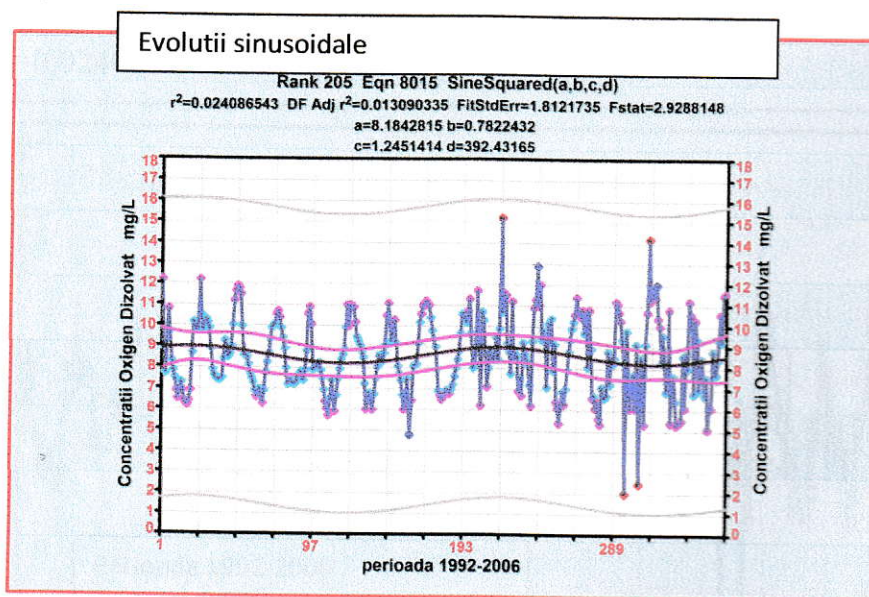


Figura 4.23 Modelarea valorilor pentru oxigen dizolvat pe o perioadă de 15 ani pentru stația S1 cu ajutorul softului Table Curve 2D și funcționala de tip Sin Square.

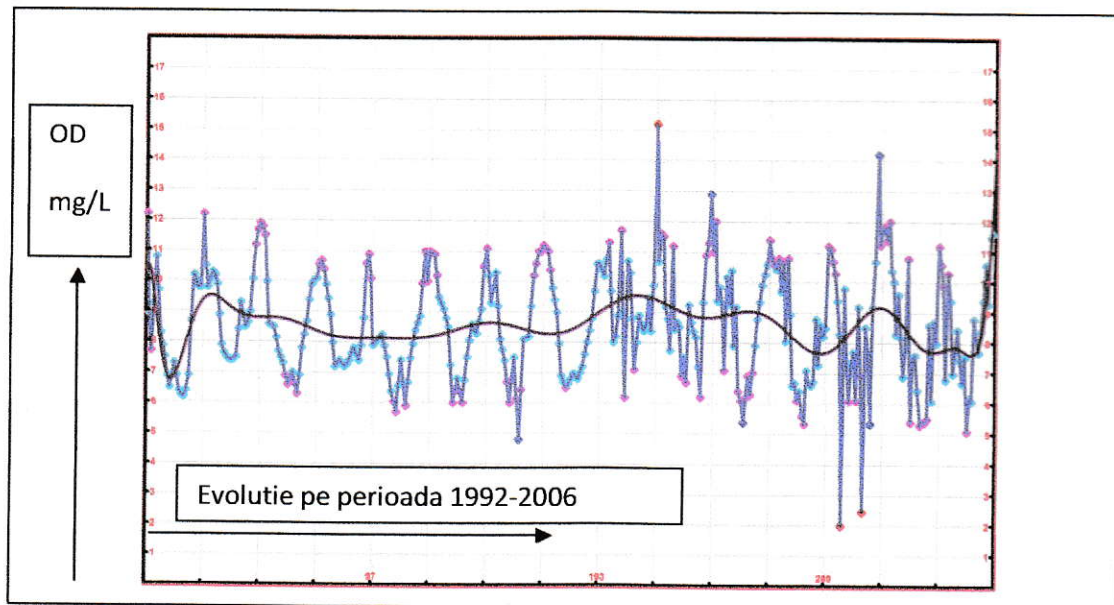


Figura 4.24 Prelucrarea datelor pentru oxigen dizolvat înregistrate în perioada 1992-2006 în stația S1 prin funcții de tipul X_{CR} în care forma funcțională este funcție polinomială Cebîșev de ordin 20

Modelarea datelor prin funcții polinomiale de tip Cebîșev (fig. 4.24), funcții considerate în teză de tip X_{CR} , identifică o evoluție a valorilor înregistrate ce poate arăta o monotonie a evoluției datelor pe perioada celor 15 ani. Funcția modelează eficient un trend și poate identifica periodicitatea apariției nivelului de clasă de calitate sub clasa II, într-o normă reziduală $r^2 = 0,11938945$ față de o normă reziduală $r^2 = 0.024086543$ în cazul funcțiilor Sin Square.

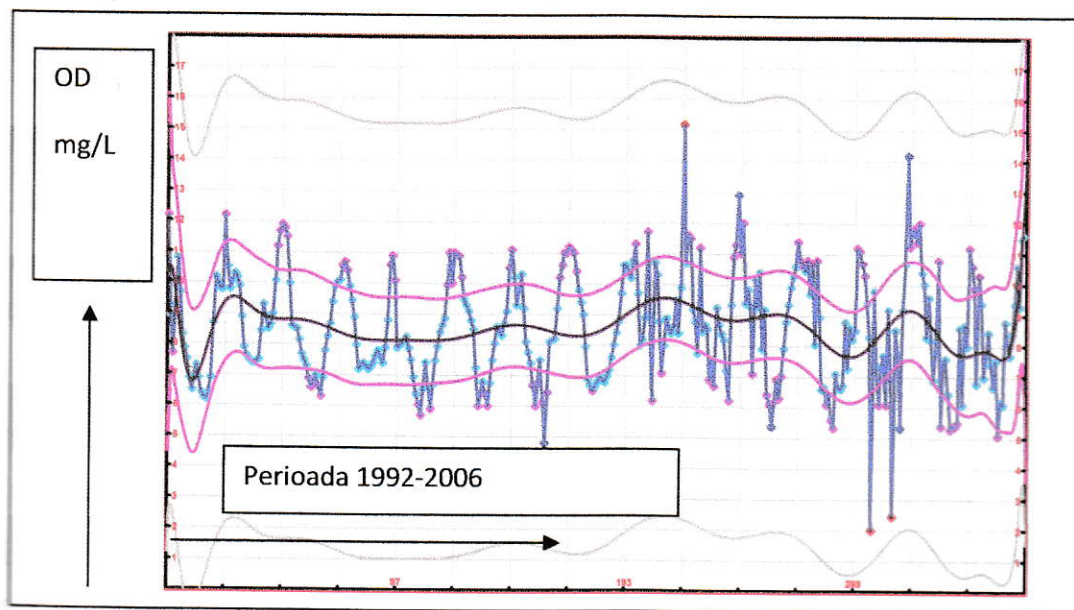


Figura 4.25 Prelucrarea datelor pentru oxigen dizolvat prin funcții de tipul X_{CR} în care forma funcțională este funcție polinomială Cebîșev de ordin 20

În cazul folosirii formelor polinomiale Cebîșev se poate aprecia că în interiorul intervalului temporal considerat monotonia funcțiilor identifică un trend al evoluției dar, la capetele intervalului temporal evoluția funcției polinomiale prezintă variații crescător/descrescător cu o intensitate mult mai mare, (fig. 4.25) ceea ce nu este tocmai în conformitate cu datele reale și evoluția modelată cu ajutorul funcțiilor Spline prin funcții de stare de tipul X_C . Valorile reziduale obținute prin modelarea TC2D sunt prezentate în figura 4.26.

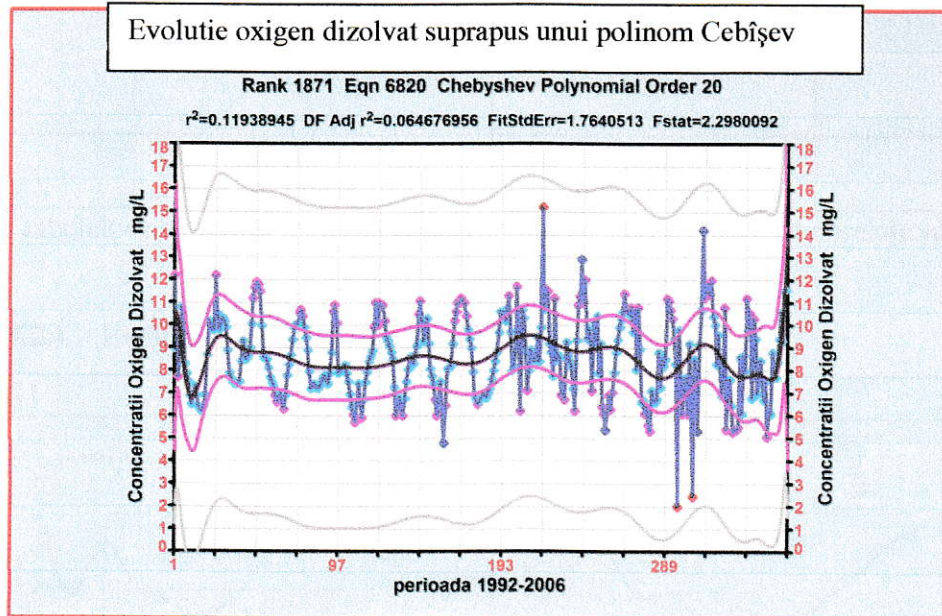


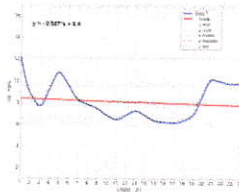
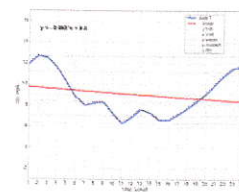
Figura 4.26 Evoluția nivelului de (OD) modelată cu un polinom Cebîșev

Analizând datele pentru cele două stații S1 și S4, anual, pe baza regresiei liniare pe funcții de tip X_C , s-au analizat valorile minime, maxime, medii sau mediane, precum și trendul descrescător sau crescător al evoluției funcției liniare de interpolare. Astfel, dacă se vor considera evoluții descrescătoare liniar pe regresii liniare, (pante negative), s-a identificat ani cu o evoluție descrescătoare considerată cu o desfășurare anuală a gradului de oxigenare a apelor de suprafață ale fluviului mai mică. Aceasta, corelat cu evoluția factorilor poluanți ce influențează gradul de oxigen dizolvat, identifică perioadele critice din acest punct de vedere.

Evoluția pe ani a oxigenului dizolvat (OD) pentru perioada 1992-2006 în stațiile S1 și S4 se prezintă conform imaginilor grafice de mai jos. Pentru analizele imaginilor grafice folosite în continuare prezentăm legenda tabelului descris, în

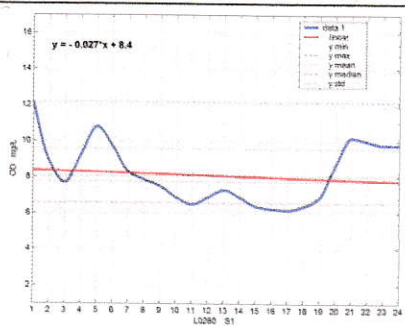
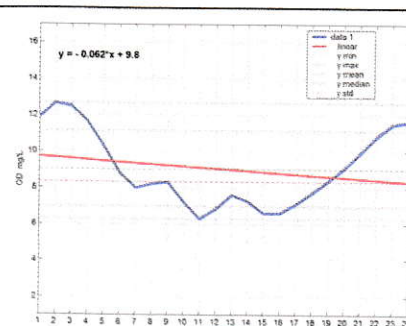
tabelul 4.2. Datele analizate sunt realizate pentru fiecare an din intervalul 1992 – 2006 și sunt rezultatul aplicării pașilor (AUPAD).

Tabelul 4.2 Evoluția oxigenului dizolvat

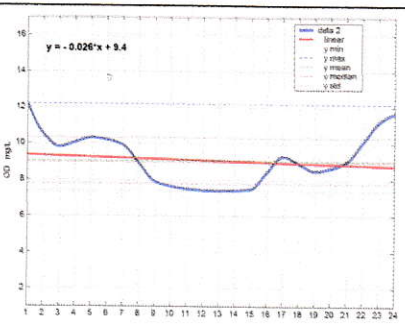
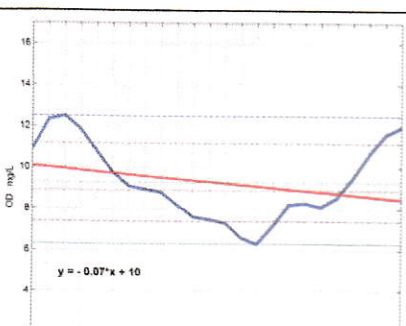
	Stația S1	Stația S4	
Anul	Imagine grafică	Imagine grafică	Anul
Valoare minimă Valoare maximă			Valoare minimă Valoare maximă
Valoare medie			Valoare medie
	Regresia liniară corespunzătoare	Regresia liniară corespunzătoare	

Legenda tabelelor ce descriu evoluția concentrației de oxigen dizolvat corelațional pentru cele două stații S1 și S4

Tabelul 4.2.1 Evoluția oxigenului dizolvat anul 1992

	S1	S4	
1992			1992
6.2 12.2			6.3 12.67
7.749			8.257
	$Y = -0.026682t + 8.4218$	$Y = -0.069403 + 9.7895$	

Tabelul 4.2.2 Evoluția oxigenului dizolvat anul 1993

	S1	S4	
1993			1993
7.4 12.2			6.3 12.5
8.944			8.83
	$Y = -0.025559t + 0.3744$	$Y = -0.087459t + 10.278$	

Tabelul 4.2.3 Evoluția oxigenului dizolvat anul 1994

	S1	S4	
1994			1994
6.3			6.4
1.9			11.58
8.098		8.104	
	$Y = -0.090263t + 9.4654$	$Y = -0.035357t + 8.2975$	

Tabelul 4.2.4 Evoluția oxigenului dizolvat anul 1995

	S1	S4	
1995			1995
7.2			6.9
10.9			12.1
7.798		8.826	
	$Y = -0.044615t + 9.1607$	$Y = +0.054068t + 8.0474$	

Tabelul 4.2.5 Evoluția oxigenului dizolvat anul 1996

	S1	S4	
1996			1996
5.7			6.178
11			13.11
7.806		8.604	
	$Y = +0.082243t + 6.6888$	$Y = -0.081794t + 9.9987$	

Tabelul 4.2.6 Evoluția oxigenului dizolvat anul 1997

	S1	S4	
1997			1997
6			6.2
11			12.6
8.496		8.659	
	$Y = -0.092165t + 9.5069$	$Y = -0.11752t + 10.325$	

Tabelul 4.2.7 Evoluția oxigenului dizolvat anul 1998

	S1	S4	
1998			1998
6.5			5.8
11.2			11.58
7.84		8.367	
	$Y = +0.0039623t + 8.3353$	$Y = -0.045357t + 9.336$	

Tabelul 4.2.8 Evoluția oxigenului dizolvat anul 1999

	S1	S4	
1999			1999
6.5			6.6
11.2			11.4
7.84		8.291	
	$Y = -0.093788t + 9.4512$	$Y = -0.063808t + 9.3985$	

Tabelul 4.2.9 Evoluția oxigenului dizolvat anul 2000

	S1	S4	
2000			2000
6.2			5.7
11.7			11.08
8.89			7.614
8			
	$Y = -0.085445t + 10.271$	$Y = -0.1724t + 10.12$	

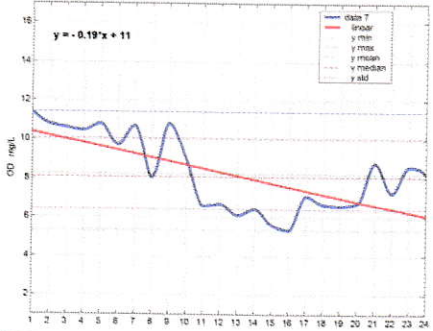
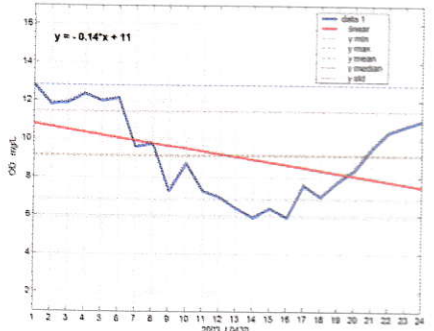
Tabelul 4.2.10 Evoluția oxigenului dizolvat anul 2001

	S1	S4	
2001			2001
6.22			6.148
15.2			12.95
8.69			8.118
1			
	$Y = -0.069235t + 10.013$	$Y = -0.060225t + 9.4194$	

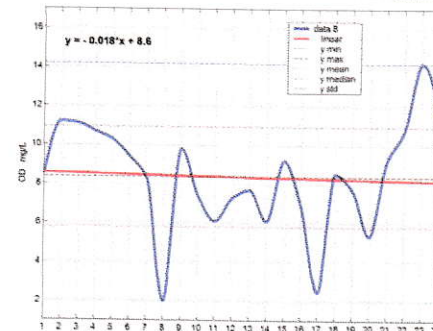
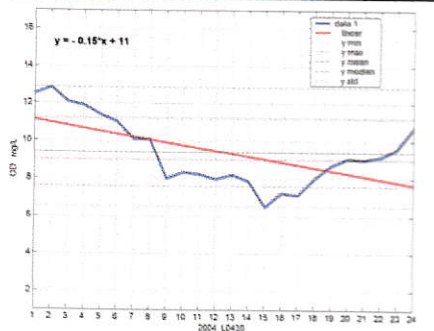
Tabelul 4.2.11 Evoluția oxigenului dizolvat anul 2002

	S1	S4	
2002			2002
5.38			5.12
12			12.76
8.93			8.762
2			
	$Y = -0.073102t + 9.4468$	$Y = -0.09285t + 9.875$	

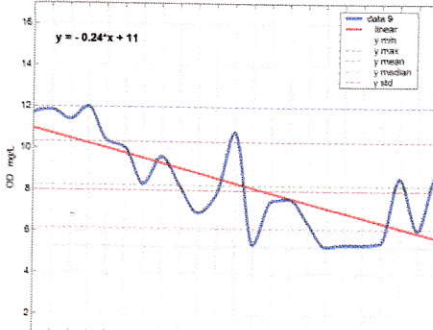
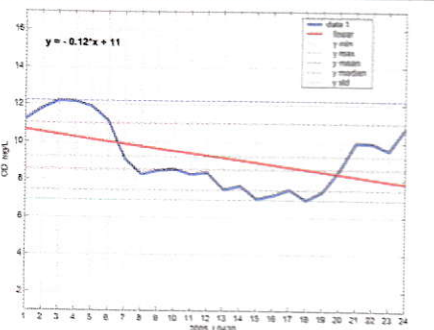
Tabelul 4.2.12 Evoluția oxigenului dizolvat anul 2003

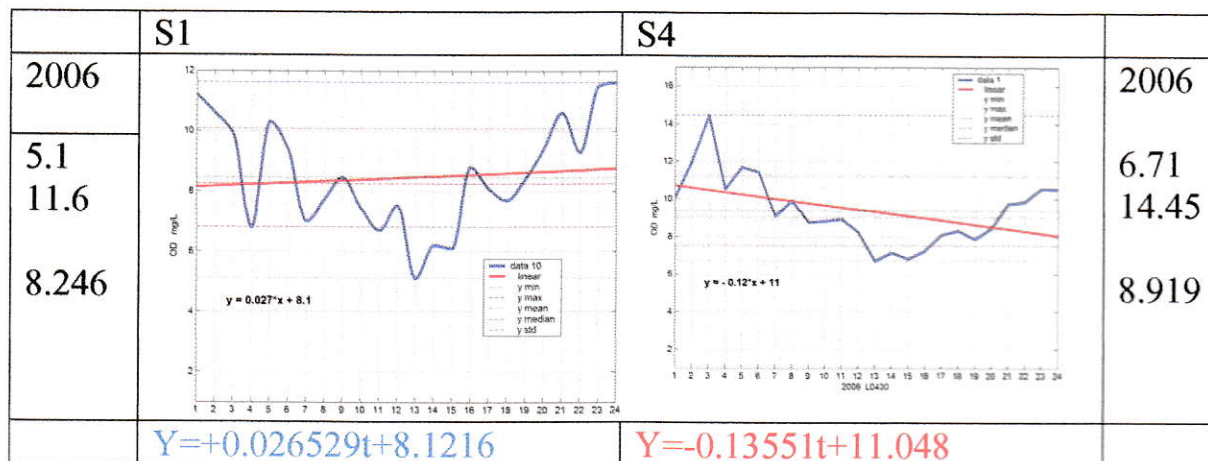
	S1	S4	
2003			2003
5.34 11.4			5.89 12.8
8.08 8			8.653
	$Y = -0.18758t + 10.575$	$Y = -0.14989t + 10.901$	

Tabelul 4.2.13 Evoluția oxigenului dizolvat anul 2004

	S1	S4	
2004			2004
2 14.2			6.5 12.84
8.355			9.004
	$Y = -0.01795t + 8.5894$	$Y = -0.16177t + 11.326$	

Tabelul 4.2.14 Evoluția oxigenului dizolvat anul 2005

	S1	S4	
2005			2005
5.3 12			6.95 12.2
7.996			8.533
	$Y = -0.23777t + 11.202$	$Y = -0.13982t + 10.905$	

Tabelul 4.2.15 Evoluția oxigenului dizolvat anul 2006


Sinteza datelor pentru oxigen dizolvat în stația S1 se prezintă astfel:

Tabelul 4.3

	Regresie liniara	Rez	Min	Max	Mean	Median	Std	Rang e
1992	$Y=-0.026682t+8.4218$	71.396	6.2	12.2	8.088	7.749	1.499	6
1993	$Y=-0.025559t+0.3744$	60.33	7.4	12.2	9.055	8.944	1.269	4.8
1994	$Y=-0.090263t+9.4654$	69.701	6.3	11.9	8.337	8.098	1.572	5.6
1995	$Y=-0.044615t+9.1607$	63.789	7.2	10.9	8.603	7.798	1.363	3.7
1996	$Y=+0.082243t+6.6888$	56.163	5.7	11	7.717	7.806	1.292	5.3
1997	$Y=-0.092165t+9.5069$	65.082	6	11	8.355	8.496	1.489	5
1998	$Y=+0.0039623t+8.3353$	82.005	4.8	11.1	8.385	8.166	1.71	6.3
1999	$Y=-0.093788t+9.4512$	67.451	6.5	11.2	8.279	7.84	1.538	4.7
2000	$Y=-0.085445t+10.271$	52.216	6.2	11.7	9.203	8.898	1.228	5.5
2001	$Y=-0.069235t+10.013$	79.479	6.22	15.2	9.148	8.691	1.72	8.98
2002	$Y=-0.073102t+9.4468$	79.066	5.38	12	8.533	8.932	1.719	6.62
2003	$Y=-0.18758t+10.575$	64.825	5.34	11.4	8.23	8.088	1.839	6.06
2004	$Y=-0.01795t+8.5894$	123.32	2	14.2	8.365	8.355	2.574	12.2
2005	$Y=-0.23777t+11.202$	66.644	5.3	12	8.23	7.996	2.104	6.7
2006	$Y=+0.026529t+8.1216$	78.225	5.1	11.6	8.453	8.246	1.641	6.5

Sinteza datelor pentru oxigen dizolvat în stația S4 se prezintă astfel:

Tabelul 4.4

	Regresie liniara	Rez	Min	Max	Mean	Median	Std	Range
1992	$Y=-0.069403t+9.7895$	93.33	6.3	12.67	8.922	8.257	2	6.367
1993	$Y=-0.087459t+10.278$	83.326	6.3	12.5	9.184	8.83	1.832	6.2
1994	$Y=-0.035357t+8.2975$	74.979	6.4	11.58	8.556	8.104	1.581	5.179

	Regresie liniara	Rez	Min	Max	Mean	Median	Std	Range
1995	$Y=+0.054068t+8.0474$	69.265	6.9	12.1	8.723	8.826	1.488	5.2
1996	$Y=-0.081794t+9.9987$	96.345	6.178	13.11	8.976	8.604	2.081	6.931
1997	$Y=-0.11752t+10.325$	85.984	6.2	12.6	8.856	8.659	1.956	6.4
1998	$Y=-0.045357t+9.336$	88.134	5.8	11.58	8.769	8.367	1.862	5.779
1999	$Y=-0.063808t+9.3985$	72.352	6.6	11.4	8.601	8.291	1.567	4.803
2000	$Y=-0.1724t+10.12$	46.711	5.7	11.08	7.964	7.614	1.504	5.383
2001	$Y=-0.060225t+9.4194$	80.149	6.148	12.95	8.667	8.118	1.718	6.8
2002	$Y=-0.092851t+9.875$	68.575	5.12	12.76	8.714	8.762	1.557	7.64
2003	$Y=-0.14989t+10.901$	92.694	5.89	12.8	9.027	8.653	2.174	6.91
2004	$Y=-0.16177t+11.326$	65.171	6.5	12.84	9.304	9.004	1.733	6.34
2005	$Y=-0.13982t+10.905$	69.377	6.95	12.2	9.158	8.533	1.719	5.25
2006	$Y=-0.13551t+11.048$	74.369	6.71	14.45	9.354	8.919	1.793	7.74

Dacă discretizarea unității de timp pentru construcția funcțiilor X_C cu ajutorul Interpolării Spline va fi de 0.001, desigur că se modifică și valorile reziduale, însă, ca trend descrescător sau crescător, analizele identifică de asemenea anii critici din punct de vedere al evoluției gradului de oxigenare al apelor fluviului Dunărea.

Pe discretizari 1 sau respectiv 0.001, datele cumulate pentru stația S1 se prezintă astfel:

Tabelul 4.5

Anul	Poli. Regresie liniara (discretiz 1) Chiciu-Silistra D0289 L0280	rezidual	Interpolare Spline (discretiz. 0.001) Regresie liniara	Lin Rezidual	$X_C=0$
1992	$X_{CLR} = -0.039152t + 8.7128$	7.9409	$X_{CLR_s} = -0.02659t + 8.4196$	225.59	316.65
1993	$X_{CLR} = -0.026807t + 9.5171$	6.7554	$X_{CLR_s} = -0.025562t + 9.3733$	190.58	366.69
1994	$X_{CLR} = -0.089091t + 9.5595$	7.4475	$X_{CLR_s} = -0.090274t + 9.4645$	220.27	104.84
1995	$X_{CLR} = -0.040004t + 9.1578$	6.5413	$X_{CLR_s} = -0.044667t + 9.1608$	201.64	205.09
1996	$X_{CLR} = +0.081578t + 6.407$	5.7287	$X_{CLR_s} = +0.082233t + 6.6885$	177.56	-81.34
1997	$X_{CLR} = -0.08237t + 9.49$	7.0457	$X_{CLR_s} = -0.092248t + 9.507$	205.67	103.06
1998	$X_{CLR} = +0.0022826t + 8.4694$	8.6756	$X_{CLR_s} = +0.0039722t + 8.3342$	259.2	-2098.12
1999	$X_{CLR} = -0.08517t + 9.455$	7.2929	$X_{CLR_s} = -0.093868t + 9.4511$	213.14	100.69
2000	$X_{CLR} = -0.076674t + 10.215$	5.881	$X_{CLR_s} = -0.08551t + 10.271$	165.08	120.11
2001	$X_{CLR} = -0.076791t + 10.342$	9.9638	$X_{CLR_s} = -0.069199t + 10.011$	250.9	144.67
2002	$X_{CLR} = -0.06432t + 9.4225$	8.4862	$X_{CLR_s} = -0.073167t + 9.4467$	249.93	129.11
2003	$X_{CLR} = -0.18307t + 10.583$	6.9816	$X_{CLR_s} = -0.18763t + 10.575$	204.93	56.36
2004	$X_{CLR} = -0.0032522t + 8.4323$	13.3	$X_{CLR_s} = -0.018111t + 8.5909$	389.93	474.35
2005	L $X_{CLR} = -0.21743t + 10.805$	8.3592	$X_{CLR_s} = -0.22608t + 10.82$	238.61	47.86
	M $X_{CLR} = -0.22995t + 11.163$	7.4797	$X_{CLR_s} = -0.23786t + 11.203$	210.67	47.10
	R $X_{CLR} = -0.21227t + 10.921$	7.5219	$X_{CLR_s} = -0.22297t + 10.96$	204.32	49.15
2006	L $X_{CLR} = +0.053522t + 7.9868$	9.2814	$X_{CLR_s} = +0.044083t + 7.915$	243.35	-179.55
	M $X_{CLR} = +0.025104t + 8.2629$	8.7109	$X_{CLR_s} = +0.02654t + 8.1203$	247.21	-305.96
	R $X_{CLR} = +0.030661t + 8.3992$	8.2189	$X_{CLR_s} = +0.028469t + 8.3106$	235.92	-291.92

Acciași analiză s-a realizat și pentru celelalte stații de monitorizare.

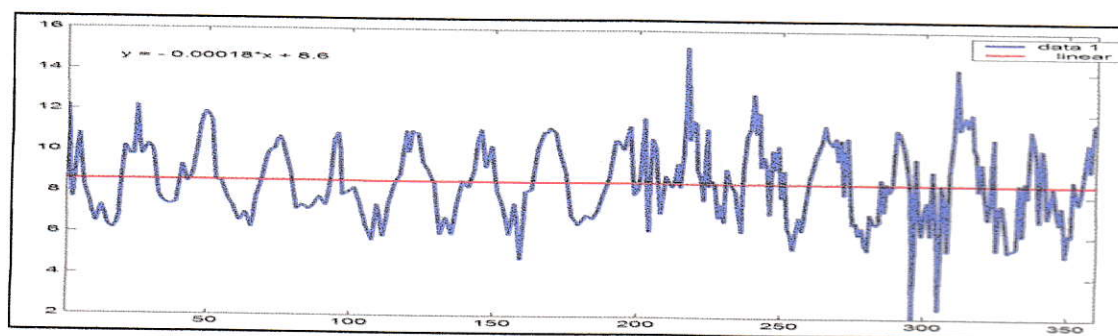


Figura 4.27 Evoluția concentrației de oxigen dizolvat pentru stația S4, în perioada 1992-2006

Considerând toate datele pe perioada celor 15 ani, analiza prin studiul regresiei liniare identifică o pantă negativă dar aproape nesemnificativă ca valoare, (panta fiind $-0,00018$), în jurul valorii de $8,3 \text{ mg/L}$ de oxigen dizolvat prezent în apele fluviului Dunărea pentru stația S4, considerată pentru segmentul studiat ca punct în care apele fluviului părăsesc arealul studiat, (fig. 4.27).

În cazul în care s-a considerat sinteza datelor lunare având în vedere toate datele înregistrate pe parcursul perioadei 1992-2006, cu ajutorul analizei folosind interpolare liniară s-au descris trenduri crescătoare/ descrescătoare specifice fiecărei luni a anului.

Imaginile grafice următoare reprezintă funcții de tip X_C , pentru oxigenul dizolvat pe analize lunare, identificând lunile considerate favorabile unei încărcări optime cu oxigen dizolvat ca fiind cele cu o regresie liniară cu o pantă pozitivă semnificativă ca valoare și respectiv, lunile critice ale anului, cele în care panta regresiei liniare înregistrează o valoare semnificativă cu o valoare negativă. În cazul analizei ce este prezentată cu imaginile grafice în continuare s-au folosit și discretizări diferite ale variabilei temporale pe interpolarea cu funcții Spline cubice ale datelor, urmând ca acestor imagini grafice să li se aplice analiza prin regresii liniare. Discretizările variabilei timp de 1 sau $0,001$ nu modifică semnificativ imaginea regresiei liniare însă, folosind o discretizare mai fină a variabilei temporale, funcția de stare X_C specifică parametrului de calitate oxigen dizolvat tinde să modeleze comportarea grafică a funcției mult mai aproape de ipoteza susținută, și anume că, evoluția în timp a unui parametru de calitate se realizează după modelul unei funcții continue și

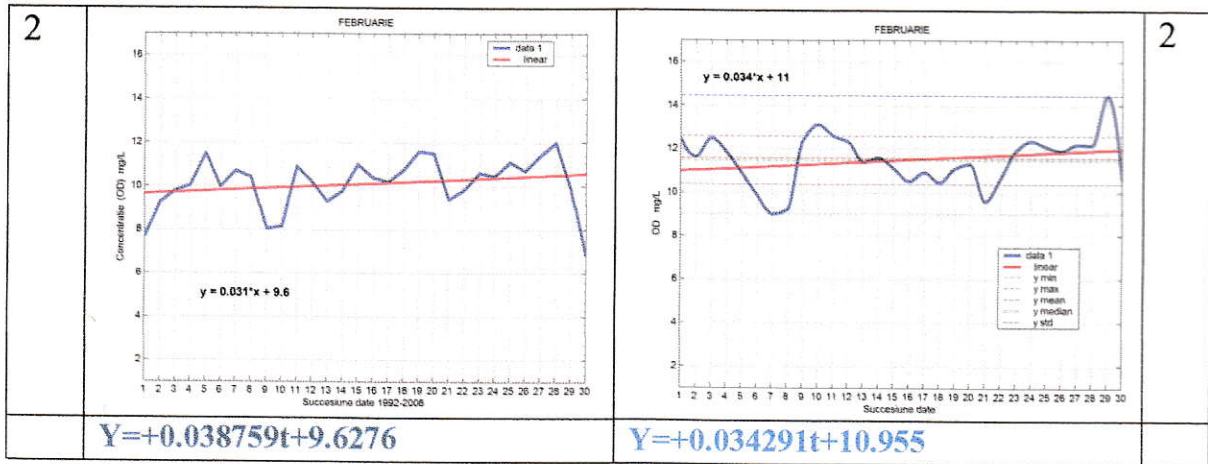
derivabile. O altă concluzie ce se poate desprinde din această analiză este și aceea că se pot identifica lunile anului în care evoluția parametrului oxigen dizolvat se desfășoară într-un interval de valori minimă maximă mai amplă sau acele luni în care valorile minimă și maximă sunt mai apropiate. Analizând doar aceste date minim, maxim sau valoarea medie specifică unei luni a anului se poate aprecia dacă unele cauze sau factori externi ce influențează această evoluție sunt mai mult sau mai puțin activi. Ne putem referi în acest sens la nebulozitate atmosferică, la nivelul de precipitații, la factorul radiației solare sau la temperatură, precum și la factori de poluare prezenți într-o anumită decadă a anului, mai intens sau mai puțin sesizabil, precum ar fi gradul de folosire al apelor pentru trebuințe menajere în gospodării tot timpul verii.

Datele modelate specifice celor două stații, S₁ și S₄, s-au prezentat folosind discretizări diferite și punând în evidență regresiile liniare, precum și perioadele de timp între 1992 – 2006, în care se înregistrează valori mai mici decât cele corespunzătoare clasei II de calitate. Forma în care sunt prezentate datele se află în tabelul 4.6, iar detalierile pentru cele 12 luni ale anului sunt prezentate în tabelele 4.6.1 – 4.6.12.

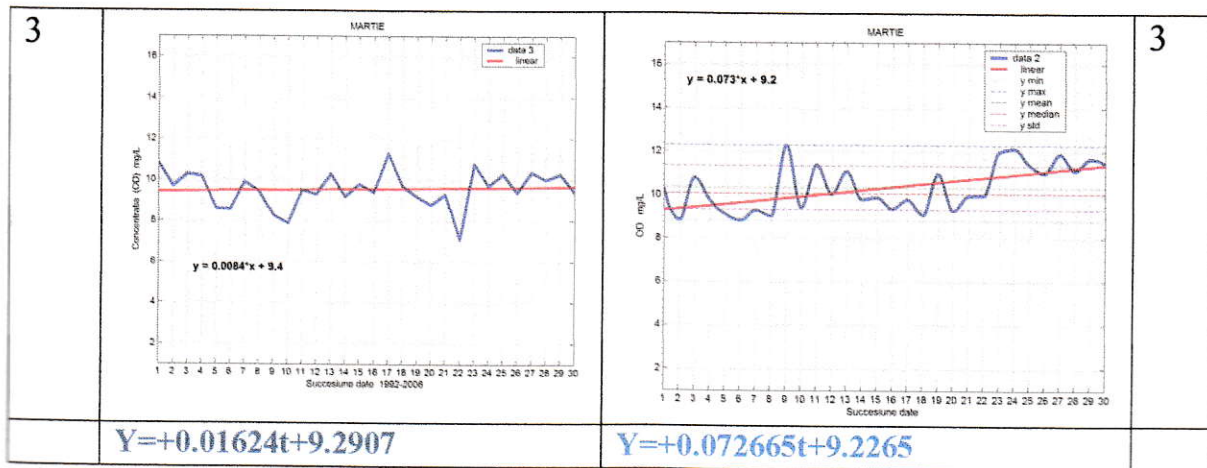
Tabelul 4.6.1 Regresii liniare pentru luna ianuarie

	S1 discretizare 1	S4 discretizare 0.01	
1	<p>Concentrația (OD) mg/L</p> <p>IANUARIE</p> <p>— data 1 — linear</p> <p>$y = 0.021x + 11$</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30</p> <p>Successiune date 1992-2006</p>	<p>OD mg/L</p> <p>IANUARIE</p> <p>$y = 0.0092x + 11$</p> <p>— data 1 — linear - - - y min - - - y max - - - y mean - - - y median - - - y std</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30</p> <p>Successiune date 1992-2006</p>	1
	$Y=+0.032542t+10.353$	$Y=+0.0091798t+11.138$	

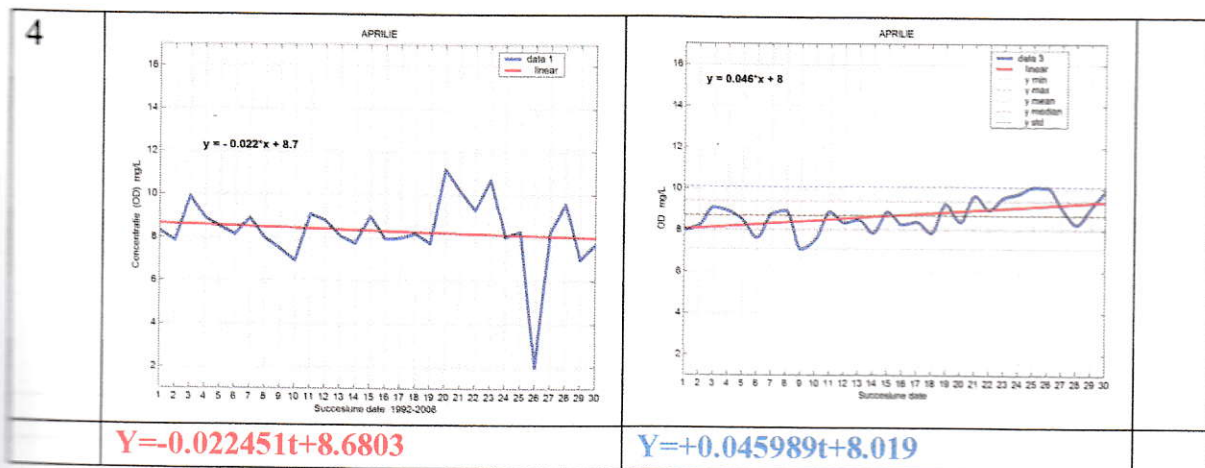
Tabelul 4.6.2 Regresii liniare pentru luna februarie



Tabelul 4.6.3 Regresii liniare pentru luna martie



Tabelul 4.6.4 Regresii liniare pentru luna aprilie



Tabelul 4.6.5 Regresii liniare pentru luna mai

5		5
$Y=+0.064872t+6.9988$		$Y=+0.023369t+7.5848$

Tabelul 4.6.6 Regresii liniare pentru luna iunie

6		6
$Y=+0.030922t+6.6362$		$Y=+0.054192t+6.5103$

Tabelul 4.6.7 Regresii liniare pentru luna iulie

7		7
$Y=-0.033244t+7.4719$		$Y=+0.0079413t+6.8562$

Tabelul 4.6.8 Regresii liniare pentru luna august

8	<p style="text-align: center;">$y = 0.015x + 6.8$</p>	8
	$Y = +0.0062451t + 6.8879$	$Y = -0.0081403t + 6.8157$

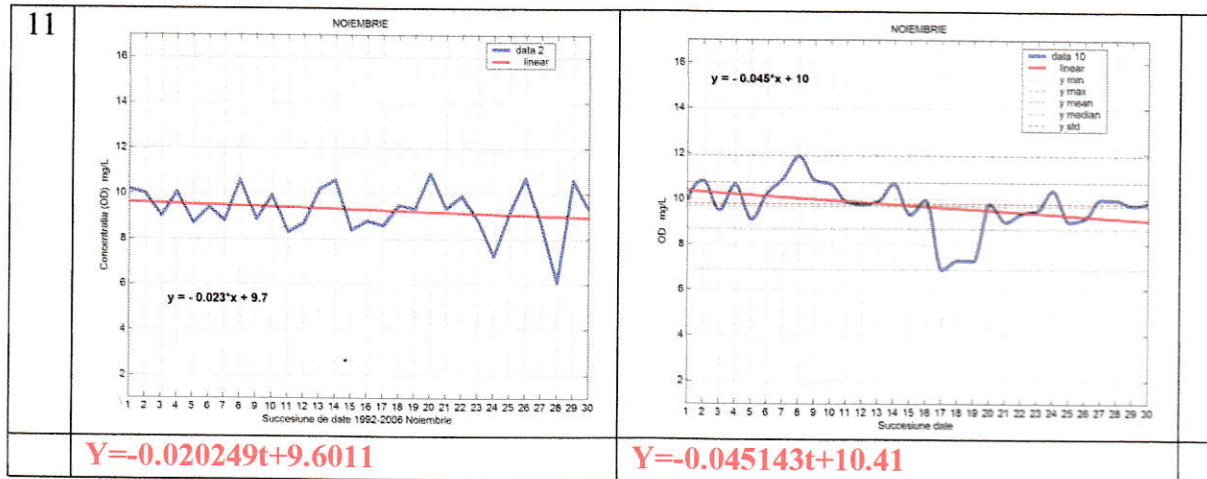
Tabelul 4.6.9 Regresii liniare pentru luna septembrie

9	<p style="text-align: center;">$y = 0.015x + 6.8$</p>	9
	$Y = -0.045711t + 8.0213$	$Y = -0.017713t + 7.8775$

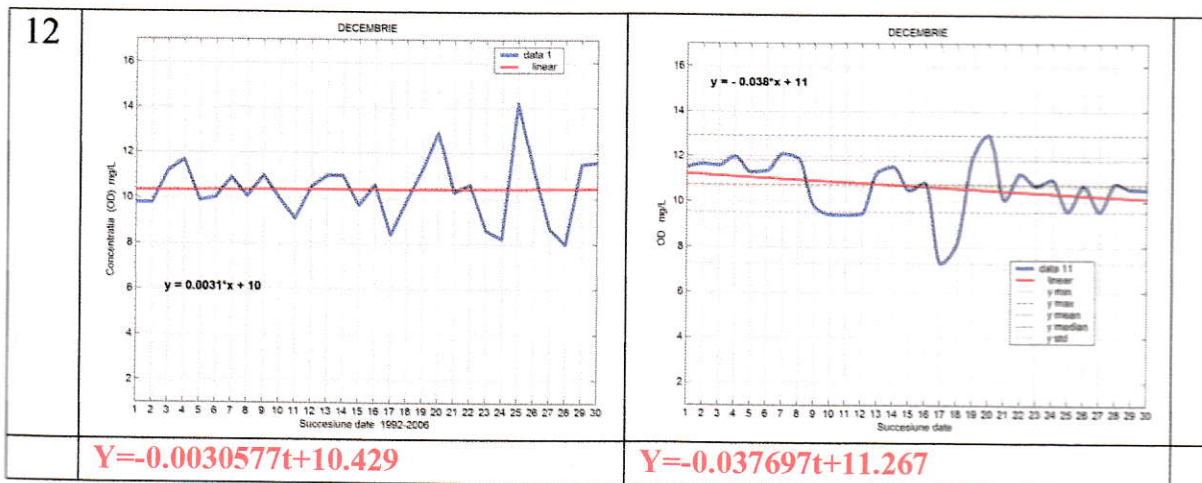
Tabelul 4.6.10 Regresii liniare pentru luna octombrie

10	<p style="text-align: center;">$y = -0.047x + 8.5$</p>	10
	$Y = -0.062477t + 8.7438$	$Y = -0.017009t + 8.6375$

Tabelul 4.6.11 Regresii liniare pentru luna noiembrie



Tabelul 4.6.12 Regresii liniare pentru luna decembrie



Sinteza datelor analizate grafic pentru stația S1 se prezintă astfel:

Tabelul 4.7 Sinteza datelor obținute prin regresii liniare analizând datele specifice fiecărei luni pe perioada de 15 ani, 1992-2006 în stația S1

	Regresie liniara	Rez	Min	Max	Mean	Median	Std	Range
1	$Y = +0.032542t + 10.353$	63.484	7.9	15.2	10.86	10.98	1.21	7.3
2	$Y = +0.038759t + 9.6276$	49.543	6.8	12	10.23	10.41	0.9756	5.2
3	$Y = +0.01624t + 9.2907$	40.939	7.1	11.3	9.542	9.658	0.7723	4.2
4	$Y = -0.022451t + 8.6803$	74.065	2	11.2	8.332	8.262	1.388	9.2
5	$Y = +0.064872t + 6.9988$	58.37	6.045	11.7	8.004	7.672	1.212	5.655
6	$Y = +0.030922t + 6.6362$	48.418	5.7	10.8	7.115	6.901	0.9357	5.1
7	$Y = -0.033244t + 7.4719$	57.76	5.1	10.7	6.957	6.86	1.108	5.6
8	$Y = +0.006245t + 6.8879$	52.419	4.8	9.25	6.985	6.836	0.9748	4.45

	Regresie liniara	Rez	Min	Max	Mean	Median	Std	Range
9	$Y=-0.045711t+8.0213$	59.937	2.46	9.3	7.313	7.546	1.177	6.84
10	$Y=-0.062477t+8.7438$	46.422	5.34	9.4	7.775	8.109	1.008	4.06
11	$Y=-0.020249t+9.6011$	48.748	6.1	10.9	9.287	9.367	0.921	4.8
12	$Y=-0.0030577t+10.429$	64.383	8	14.2	10.38	10.37	1.196	6.2

Sinteza datelor analizate grafic pentru stația S4 se prezintă astfel:

Tabelul 4.8 Sinteza datelor obținute prin regresii liniare analizând datele specifice fiecărei luni pe perioada de 15 ani, 1992-2006 în stația S4

	Regresie liniara	Rez	Min	Max	Mean	Median	Std	Range
1	$Y=+0.0091798t+11.138$	50.907	8.9	12.84	11.28	11.36	0.9484	3.94
2	$Y=+0.034291t+10.955$	58.095	9	14.45	11.49	11.58	1.116	5.45
3	$Y=+0.072665t+9.2265$	41.977	8.825	12.3	10.35	10.09	0.989	3.475
4	$Y=+0.045989t+8.019$	31.193	7.1	10.1	8.732	8.691	0.6956	3
5	$Y=+0.023369t+7.5848$	27.297	6.881	8.81	7.947	7.969	0.5434	1.929
6	$Y=+0.054192t+6.5103$	29.19	6.178	8.92	7.35	7.334	0.707	2.742
7	$Y=+0.0079413t+6.8562$	27.756	5.89	8.2	6.979	6.9	0.5197	2.31
8	$Y=-0.0081403t+6.8157$	28.246	5.12	7.779	6.69	6.815	0.5289	2.659
9	$Y=-0.017713t+7.8775$	27.866	6.4	8.9	7.603	7.505	0.5383	2.5
10	$Y=-0.017009t+8.6375$	28.602	6.5	9.578	8.374	8.427	0.5499	3.078
11	$Y=-0.045143t+10.41$	51.159	6.9	11.9	9.71	9.81	1.022	4.999
12	$Y=-0.037697t+11.267$	58.323	7.3	12.95	10.68	10.76	1.128	5.648

Într-o sinteză ce prezintă pe luni senul pantei regresiei liniare pentru cele două stații S1 și S4, aceasta se prezintă după cum urmează:

Tabelul 4.9 Sinteza pantelor pozitivă/negativă pentru cele 12 luni analizând perioada 1992-2006

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S1	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-
S4	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###

Se poate observa că cea mai mare presiune negativă asupra corpului de apă se exercită în ultimele luni ale anului, începând cu luna august.

Totuși acest rezultat nu poate acoperi o concluzie totală globală pentru segmentul studiat. Se poate considera că atâta timp cât datele înregistrate pentru stația S1 (punct de intrare) sunt mai bune decât datele înregistrate în stația S4 (punct final), rezultatul activităților desfășurate în bazinul Dunăii influențează negativ corpul de apă. Pe de altă parte atunci când se înregistrează date mai bune în stația S4 decât în stația de intrare S1, se poate aprecia că nivelul condițiilor naturale sunt specifice unei reale autoepurări a corpului de apă, sunt vizibile și în același timp impactul factorului poluant asupra corpului de apă este mai puțin relevant.

O analiză ce poate identifica mai exact acest aspect poate lua în considerare evoluția sinusoidală a trendului nivelului de oxigen dizolvat, periodicitatea fenomenului pulsatoriu identificând o anumită intensitate a acțiunii factorilor ce determină nivelul concentrației de oxigen dizolvat prezent în corpul de apă de suprafață.

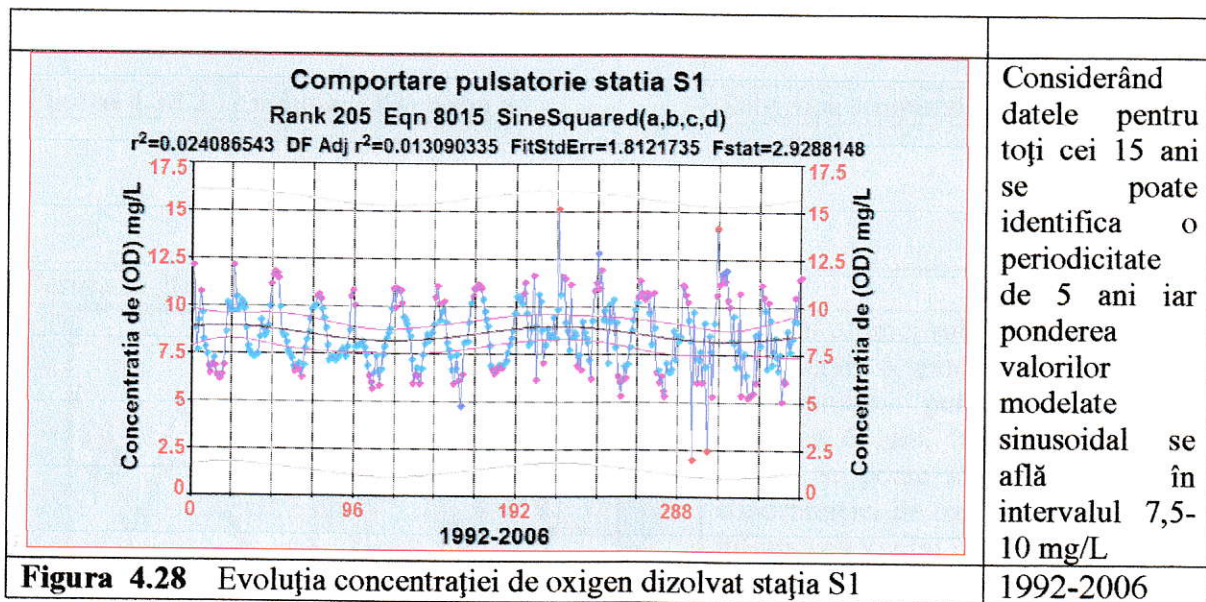
Dacă în punctul de intrare armonicile pot identifica o perioadă de aproximativ 10 ani iar în punctul de ieșire în dreptul stației S4 fenomenul trendului pulsatoriu înregistrează conform modelului o perioadă mai mică (uneori mai mică de 2 ani), aceasta nu se poate explica decât prin acțiunea unor factori care exercită o presiune semnificativă asupra concentrației de oxigen dizolvat și desigur că pe lângă factorii naturali trebuie investigați și acei factori ce influențează direct aceasta și anume factorul poluant datorat activităților agro-industriale sau activităților implicate de aglomerările urbane și nu în ultimul rând deversările diversilor afluenți din arealul studiat și factorului poluant din bazinele hidrografice respective.

Pentru aceasta prezentăm în continuare acest aspect al fenomenului pulsatoriu identificat în funcțiile de tip X_{CR} , pentru stațiile S1 și S4 dar și pentru stațiile S2, S3 și a deversărilor urbane ale orașului Brăila.

Datele sunt specifice anilor 1992-2006 și respectiv perioadei de timp precizată cu date disponibile pentru celelalte stații.

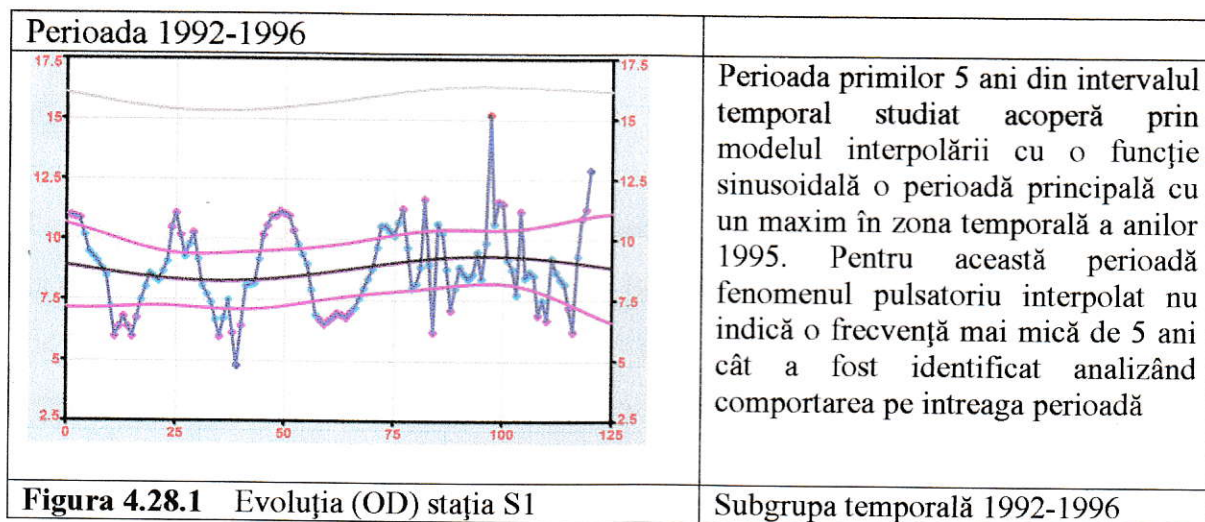
4.3. PERIODICITATEA EVOLUȚIEI NIVELULUI DE (OD)

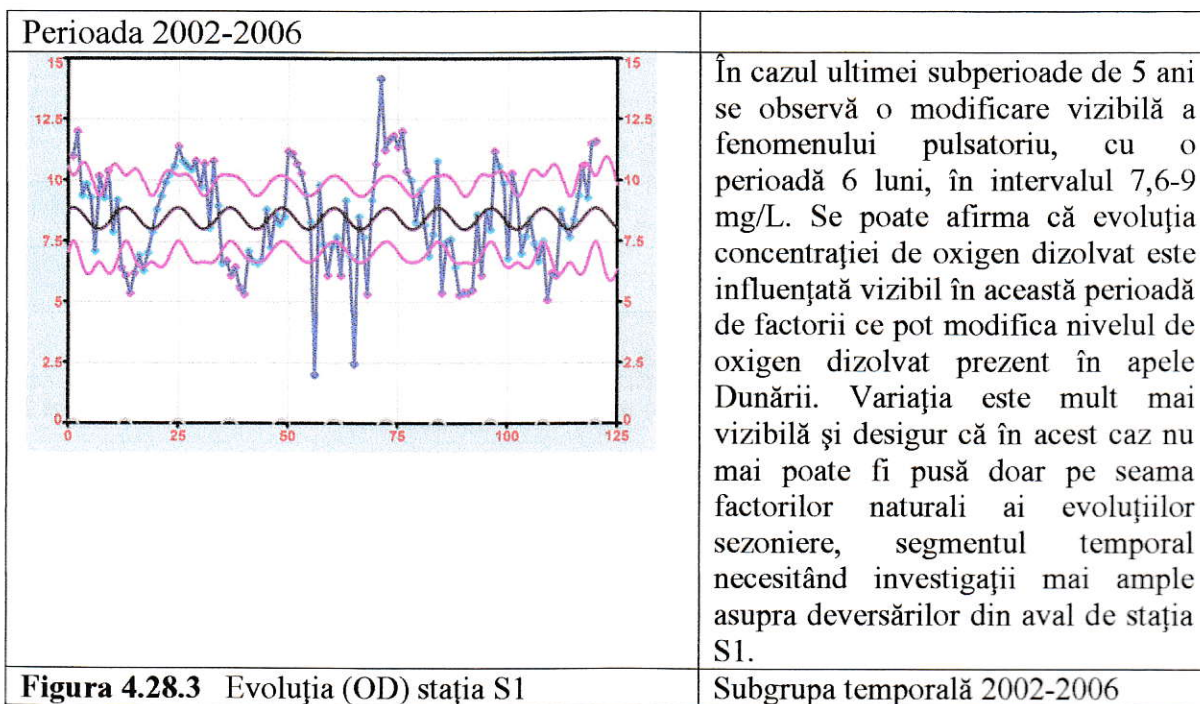
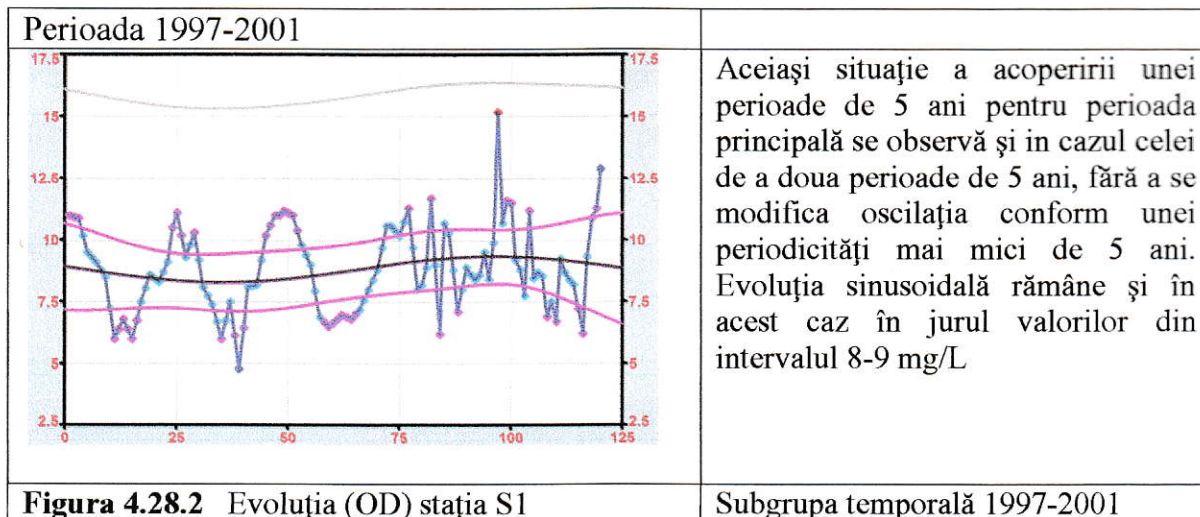
Pentru a identifica o periodicitate a comportării parametrilor de calitate, baza de date uniformizată a fost prelucrată sub programe proprii MATLAB pentru a putea discretiza mai fin spațiul de timp și a obține o bază de date mult mai amplă corespunzătoare unei comportări continue și derivabile a funcțiilor de stare X_C , reprezentând parametri de calitate analizați. Rezultatele sunt produsul aplicării (AUPAD).



Conform acestei analize se observă o comportare periodică cu o perioadă de 5 ani.

Pe subsecvențe de câte 5 ani reprezentarea grafică conform analizei propuse se prezintă astfel:





Parcurgând aceiași pași ai modelării propuse, investigațiile asupra datelor procesate pentru stația S4 identifică o periodicitate a funcției armonice cu o perioadă mai mică de 5 ani. Perioada în acest caz este mai mică de 4 ani și se poate observa că amplitudinea evoluției sinusoidale se produce într-un interval al valorilor mult mai mic, 8,7-9,2 mg/L, ceea ce poate fi explicat și prin micșorarea vitezei de curgere, mărirea debitului mediu sau impactului mult mai mic al fenomenelor atmosferice

prezente pentru arealul din imediata apropiere a stației de monitorizare S4. Și în cazul valorilor prelucrate, proprii stației S4, perioadele temporale de 5 ani din segmentul temporal total de 15 ani va înregistra evoluții sinusoidale pulsatorii cu o frecvență mult mai mare, aceasta întărind aprecierea că fenomenele ce influențează parametri de calitate în segmentul fluviului dintre stațiile de monitorizare S1 și S4 se comportă mult mai activ.

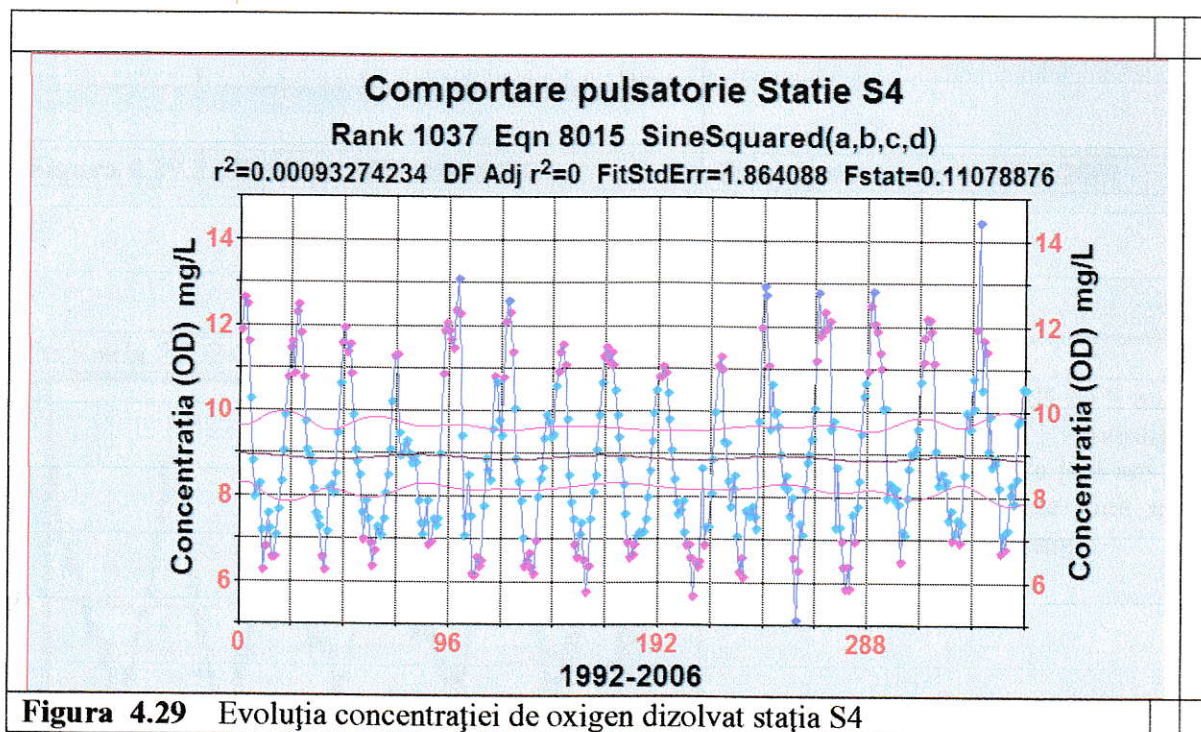
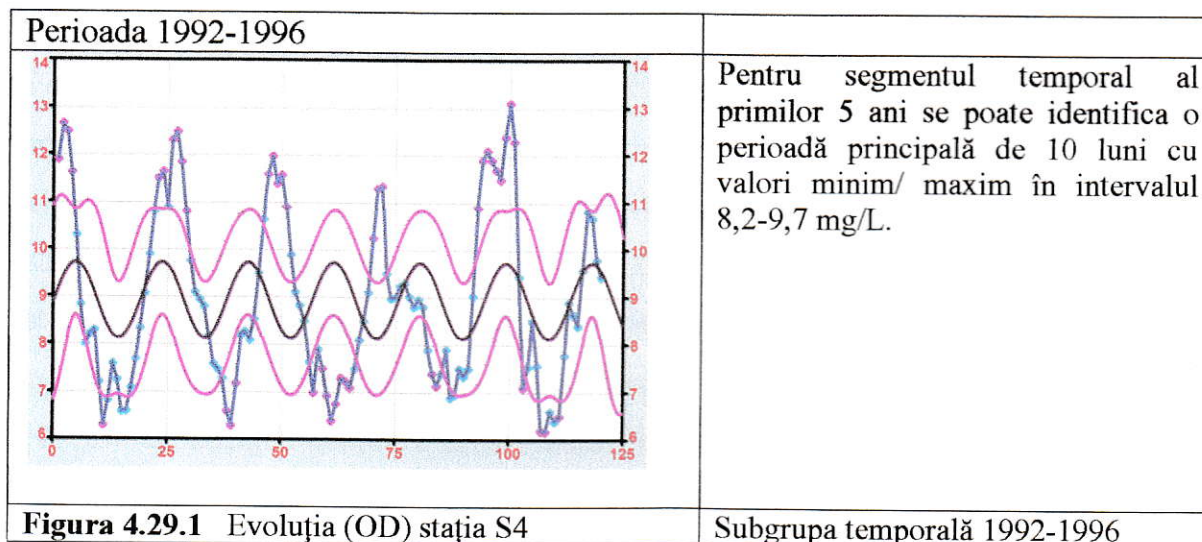
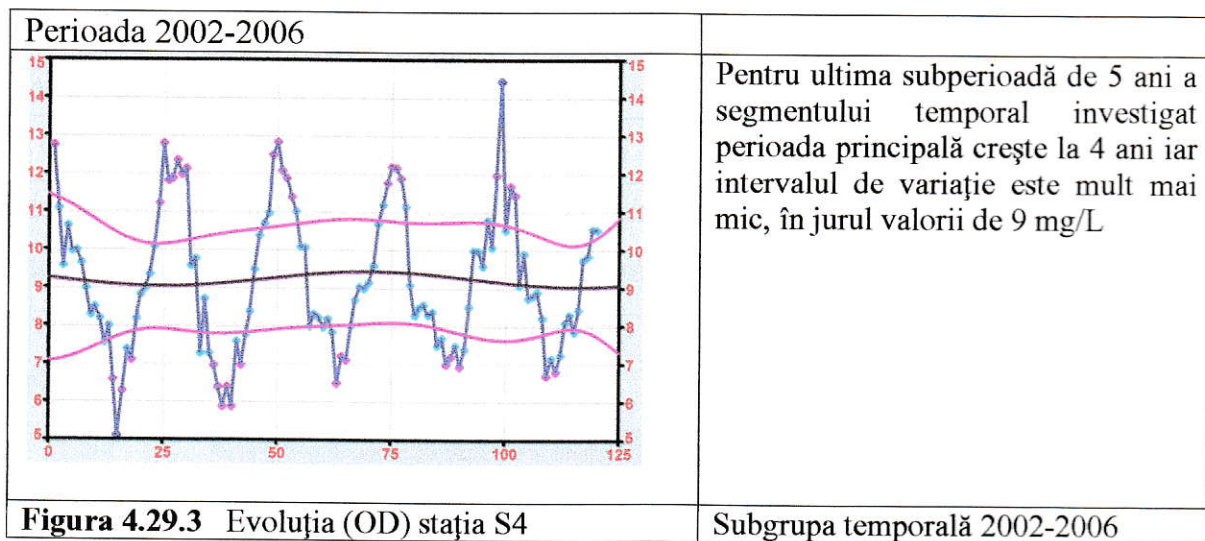
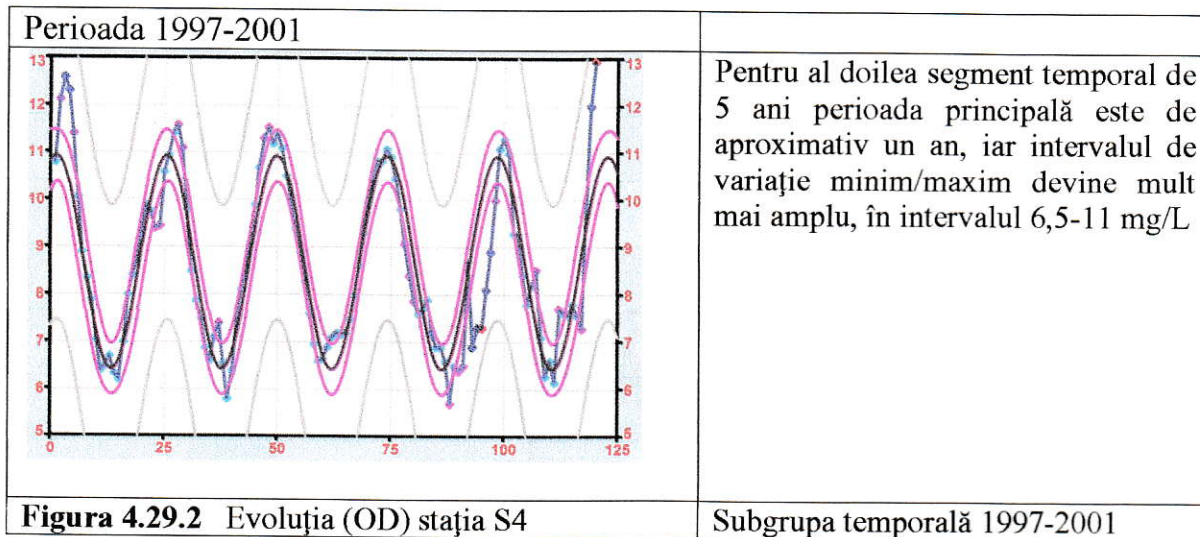


Figura 4.29 Evoluția concentrației de oxigen dizolvat stația S4





Pentru a putea investiga evoluția de ansamblu a concentrației de oxigen dizolvat în segmentul analizat între stațiile S1 și S4, se poate reprezenta conform aceluiași algoritm de analiză date corespunzătoare diferenței dintre valorile înregistrate în stația S4 și respectiv în stația S1. Aceasta denotă faptul că la intrare în segmentul studiat o valoare mai mare înregistrată în stația S1 decât în stația S4 poate atrage concluzia că parcurgând segmentul studiat apele fluviului Dunărea sunt supuse unor procese ce implică scăderea concentrației de oxigen dizolvat. Cel mai important factor în acest sens este desigur influența factorilor poluanți prezenți în segmentul studiat.

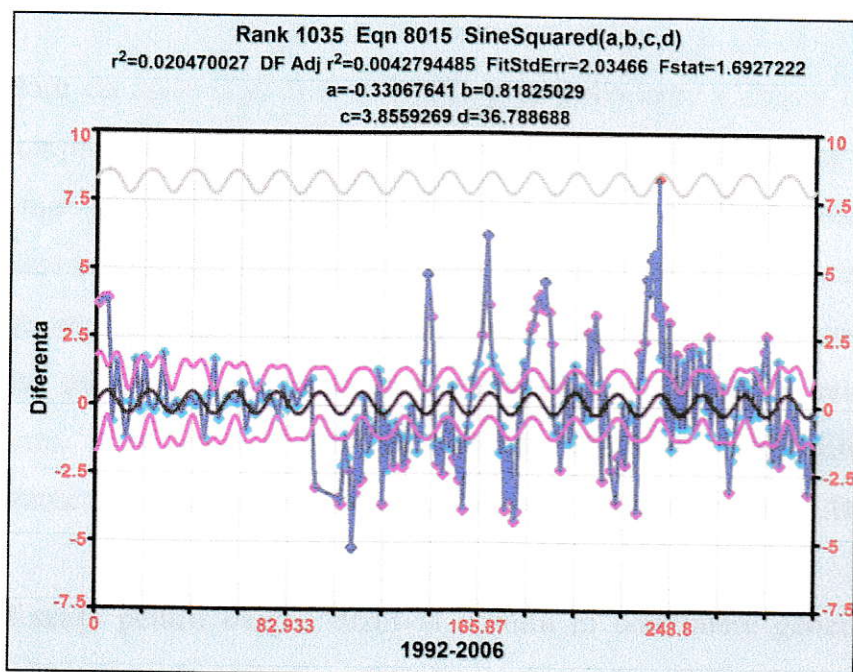


Figura 4.30 Diferența dintre valorile înregistrate în stația S4 și stația S1, procesate cu ajutorul soft-ului Table Curve 2D

Analiza graficului diferenței numită generic S4-S1 indică o periodicitate de un an, (fig 4.30), aceasta putându-se explica prin faptul că evoluția temporală se supune anual unor aceiași factori, repetitivi, la prima vedere sezonieri însă, investigațiile asupra bazei de date studiate arată faptul că această diferență nu este tocmai repetitivă anual și pentru alți parametri sau dacă se va modela această diferență cu polinoame Cebîșev de ordin 20, (fig.4.31).

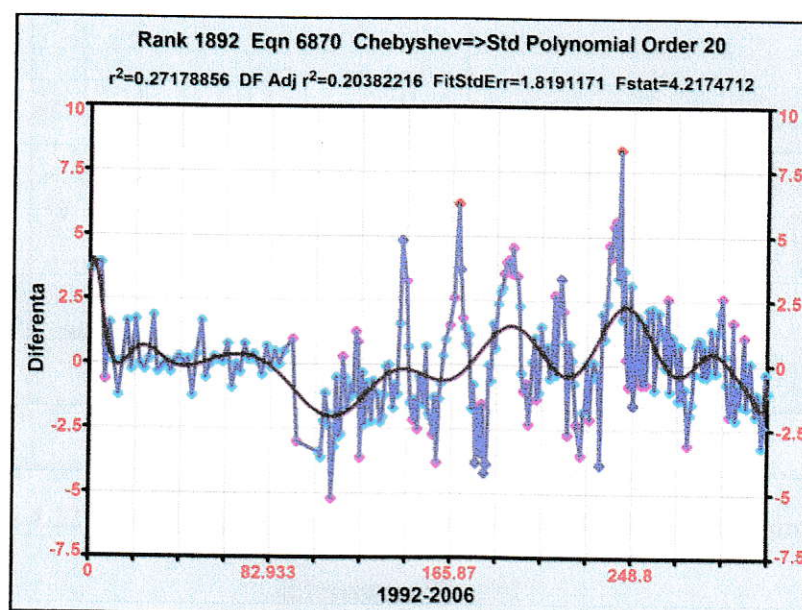


Figura 4.31 Investigarea diferenței „S4 – S1” pentru oxigen dizolvat

Intr-o modelare cu ajutorul soft-ului TC2D prin polinoame Cebîșev de ordin 20, excluzând comportarea la capetele intervalului temporal unde variația polinomului devine mult mai amplă în limitele minim/maxim, se pot identifica perioadele în care se înregistrează valori negative și astfel aceste perioade pot fi identificate ca supuse unui grad de impact al factorilor poluanți mult mai amplu în segmentul studiat. Astfel, aceste perioade sunt ca intervale temporale, 1996-2000, anul 2002, și începutul anului 2005, (fig.4.31). Aceste perioade identificate drept critice urmează să fie confirmate prin analiza celorlalți indicatori de calitate precum CBO_5 , CCO_{Mn} , sau CCO_{Cr} .

Aceiași diferență pentru oxigen dizolvat numită în continuare generic „S4-S1”, într-o interpolare a datelor prin funcții Spline cubice identifică valori ale diferenței respective mult mai ample. Perioadele identificate drept critice rămân în continuare acelea în care valorile sunt negative, (fig.4.32). Analiza grafică confirmă analiza anterioară și în același timp identifică spre exemplu o perioadă ce poate fi identificată ca având un impact poluant mai slab sau o capacitate de autoepurare mai amplă, în perioada anului 2003.

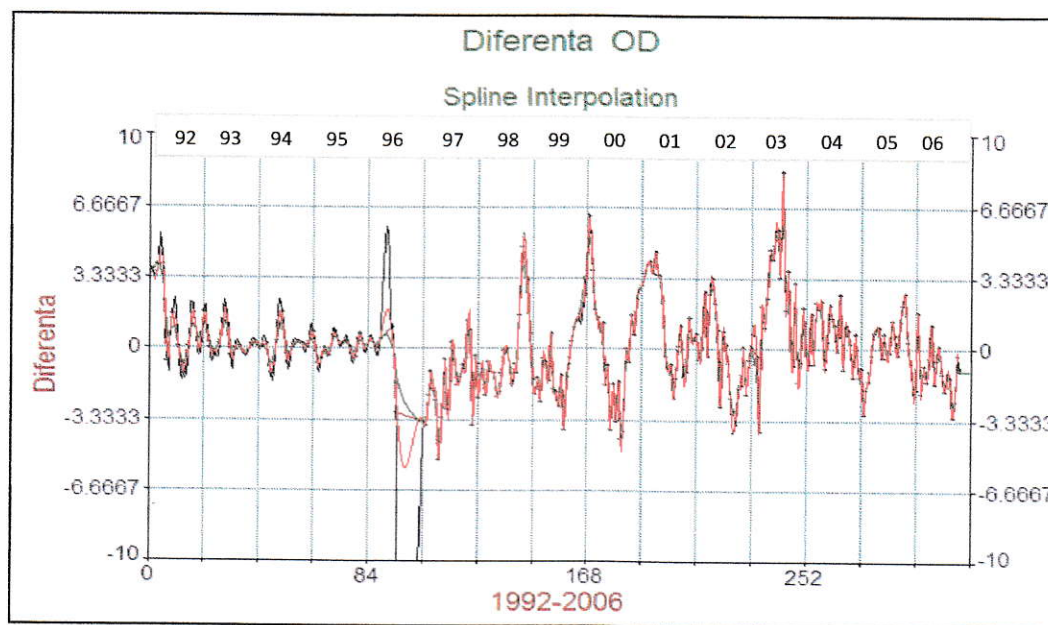


Figura 4.32 Interpolarea valorilor pentru oxigen dizolvat corespunzătoare diferenței „S4 – S1”

4.4. DEBIT-SCURGEREA SOLIDĂ-APLICAREA (AUPAD)

Sensibil la toate modificările din cadrul bazinului hidrografic, materialul aluvionar este puternic influențat de acesta.

Dunărea, principala arteră hidrografică a Europei, a reprezentat pentru toate țările tranzitate de ea, o resursă deosebit de importantă a mediului, valorificată uneori într-un mod nerațional, ceea ce a produs numeroase dezechilibre de ordin hidrografic și geomorfologic. Regularizarea complexă a fluviului și construcția sistemelor hidroenergetice pe toată suprafața bazinului au condus, mai ales în ultimele decenii ale secolului al XX-lea, la o scădere drastică a cantității de aluviuni transportată de aceasta, [4]. Datele anilor 1967 au stabilit pentru perioada 1921-1962 o creștere a debitului de aluviuni în suspensie pentru sectoarele Orșova și Cetatea Ismail de 90,05 % cu valori de 1110 kg/s la Orșova, 1765 kg/s în zona Oltenița sau 1800kg/s în zona Brăila, iar această creștere a fost influențată conform studiilor de aportul afluenților mari, Olt, Argeș și Siret. Anii '60 debutează cu regularizarea complexă a Dunării și construcția primelor acumulări. Se poate spune că, pe teritoriul României, Dunărea își încheie regimul natural de scurgere și cu această ocazie debutează tendința de scădere pronunțată a debitului solid. Perioada actuală se înscrie în trendul regimului de scurgere conturat la începutul anului 1986 [19].

Ciclurile de scurgere se pot deci contura astfel: ciclul natural în perioada 1931-1965, ciclul regimului tranzitoriu în perioada 1966-1985 și respectiv, ciclul regimului actual de curgere din 1986 până în prezent. Acestea se suprapun peste ciclurile debitului lichid identificat conform studiilor actuale, și anume, 1942-1964, 1965-1982 și respectiv 1983-2010 [4].

Factorii identificați ca fiind cei care au contribuit la modificarea cantităților de aluviuni sunt atât factori naturali, în special factorii climatici și factorii antropici descriși în construcțiile hidrotehnice Porțile de Fier I în 1972, lacurile și barajele pe principalii afluenți, 14 din cele 31 de pe râul Olt, 14 pe râul Argeș și cele 21 dintre cele 46 în bazinul râului Siret, precum și Prțile de Fier II în 1984 [4]. Există 246 de lacuri de baraj în bazinul Dunării pe teritoriul României care au contribuit la diminuarea debitului solid, acesta ajungând la 25,15 % din valorile înregistrate în

anii 1942-1964. În același timp se constată o scădere a cantităților de aluviuni în cazul anilor cu debite ridicate, în special anii 1970, 2005 și 2006, ani cu viituri importante și o creștere în cazul anilor cu debite scăzute precum 1990 sau 2003.

În zona Brăila cantitățile de aluviuni înregistrează valori medii anuale de 1236 kg/s între anii 1965-1982 și respectiv 406 kg/s în perioada 1983-2004.

Realizarea barajelor de la Porțile de Fier și toată construcția hidrotehnică a produs modificări importante în viața fluviului. Una dintre cele mai vizibile a fost fluxul de curgere a fluviului. Viteza de curgere a scăzut de la 3-5 m/s, cât se înregistra înainte de barare, la sub 1 m/s, iar în apropierea barajului, în golfuri, până la 0,10 – 0,15 m/s. Drept urmare, cantitatea de sedimente depuse a crescut rapid, atingând grosimi de 10-12m în zona golfurilor. Aceasta a dus la modificarea facieselor bentale. O mare parte a zonelor pietroase sau nisipoase de pe Dunăre au fost acoperite cu depuneri fine, minerale și organice, având repercursiuni directe asupra populațiilor de organisme de pe fundul apei. Temperatura apei a scăzut de 3-4 ori, aceasta fiind vizibil până la 2-3 m adâncime. Viteza de curgere redusă, transparența ridicată și, deci, pătrunderea căldurii și luminii solare în straturile profunde ale apei au determinat o încălzire mai accentuată a acesteia, favorizând instalarea stratificării termice de la orizont, în special în golfuri [70]. Un fenomen evidențiat este dezvoltarea masivă a unor specii de alge, apărând fenomenul de puternică înflorire a apei. Astfel de fenomene s-au datorat procesului de eutrofizare a lacului de acumulare, mai ales în primii ani. Evoluția din anii următori ai eutrofizării este mai atenuată, cantitatea de alge produsă fiind mai mică. Cu toate acestea, rezultatele cercetărilor au evidențiat o constantă tendință de eutrofizare. În perioada anilor '60, conținutul de nutrienți în apele Dunării, în zona deltaică, varia între 0,22-2,2 mg/l N (NO_3^-) și 0,0-0,02 mg/l P (PO_4^{3-}) [71]. Creșterea conținutului de azot și fosfor în apele Dunării spre sfârșitul anilor '70 și în perioada următoare, până în prezent, la valori de 1-8 mg/l N/L și 0,1-0,3 mg/L fosfor a determinat valori de 0,5-3,0 mg/L azot și 0,008-3 mg/L fosfor total în ecosistemele deltaice, stimulând dezvoltarea excesivă a algelor albastre și inhibarea dezvoltării vegetației sumerse, datorită reducerii transparenței apei. Aceste procese au fost accelerate prin construirea de noi canale pentru scopuri economice, debitele de apă și nutrienți

preluate de canalele Deltei din Dunăre crescând de la 309 mc/s, în anii '60, la 620 mc/s, în anii 1980-1989 [72].

Efectul cumulat al creșterii acestor debite și al poluării a condus la creșterea cantităților anuale de nutrienți preluați de Deltă din Dunăre în perioada 1980-1989, comparativ cu 1960, de 14 ori și de 7 ori în cazul fosforului anorganic și, respectiv, al azotului organic. Reducerea habitatelor cu apă limpede a antrenat declinul speciilor tipice de baltă, unele dintre ele specii "indicatoare" (știuca), și înlocuirea cu specii ciprinide cu un spectru mai larg a cerințelor de habitat, mai puțin reprezentative ca "indicatori" biologici. Se poate aprecia influența majoră a debitului și a nivelului curgerii solide asupra parametrilor de calitate din grupa oxigenului dizolvat.

Datele considerate ca bază de studiu al modelului matematic, înregistrate ca medii lunare, sunt conforme cu cele din tabelul 4.10.

Tabel 4.10 Medii lunare ale debitelor Dunării în zona Brăila, Dunărea de Jos, conform datelor ANAR în m³/s.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1992	4810	4310	5040	8850	7140	6060	4840	2610	2130	2550	6290	7488
1993	5350	4010	3780	8730	6590	3700	3130	3690	3600	3940	5350	5380
1994	9490	6740	6190	7800	8710	6530	4500	2790	3090	3290	3610	3780
1995	4670	6410	7500	8430	8650	8390	7570	3590	5400	4640	3870	4910
1996	8450	5520	5440	9820	9270	6420	4700	3490	4930	7200	6470	8230
1997	7470	5740	6770	7470	9160	6640	6210	7960	4520	3990	4160	6072
1998	7000	5910	5420	6000	7140	5760	6460	4410	4310	7080	9570	7950
1999	6250	6180	11100	10800	11400	9550	8250	6380	5250	4150	4100	6340
2000	7700	7760	8660	11900	9880	5170	3930	4270	3140	4290	4280	4770
2001	4980	5590	6340	9150	8410	6300	6670	4780	5310	5800	4020	5070
2002	4950	6520	7380	7350	6540	5540	3700	5680	5380	6720	8240	7950
2003	8070	7180	6090	6670	5400	4290	2960	2660	2450	3200	4470	3460
2004	4430	5950	7040	10500	9680	6860	5390	4620	3660	4220	5540	6260
2005	5220	5030	7900	12500	12400	9380	8310	8060	8730	6940	4320	6360
2006	7630	5980	10600	14600	14000	11900	7930	5070	4950	3850	3580	3740

Aceste date au fost introduse în mediul MATLAB, interpolate cu ajutorul funcțiilor spline cubice și a fost construită o interpolare cu o discretizare de 1:10 și o regresie liniară a acestor date, urmărind (AUPAD), obținându-se graficul din figura 4.33.

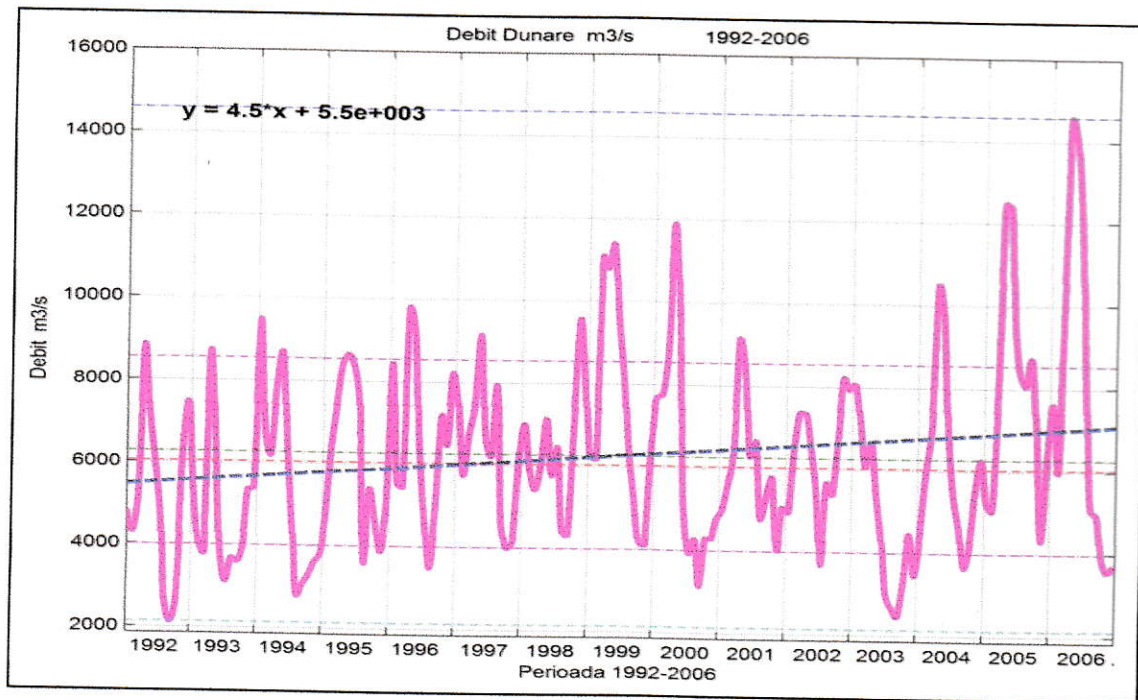


Figura 4.33 Evoluția debitului interpolată Spline cu o discretizare de 1:10 a variabilei timp. Regresia liniară înregistrează o pantă pozitivă de 4.5

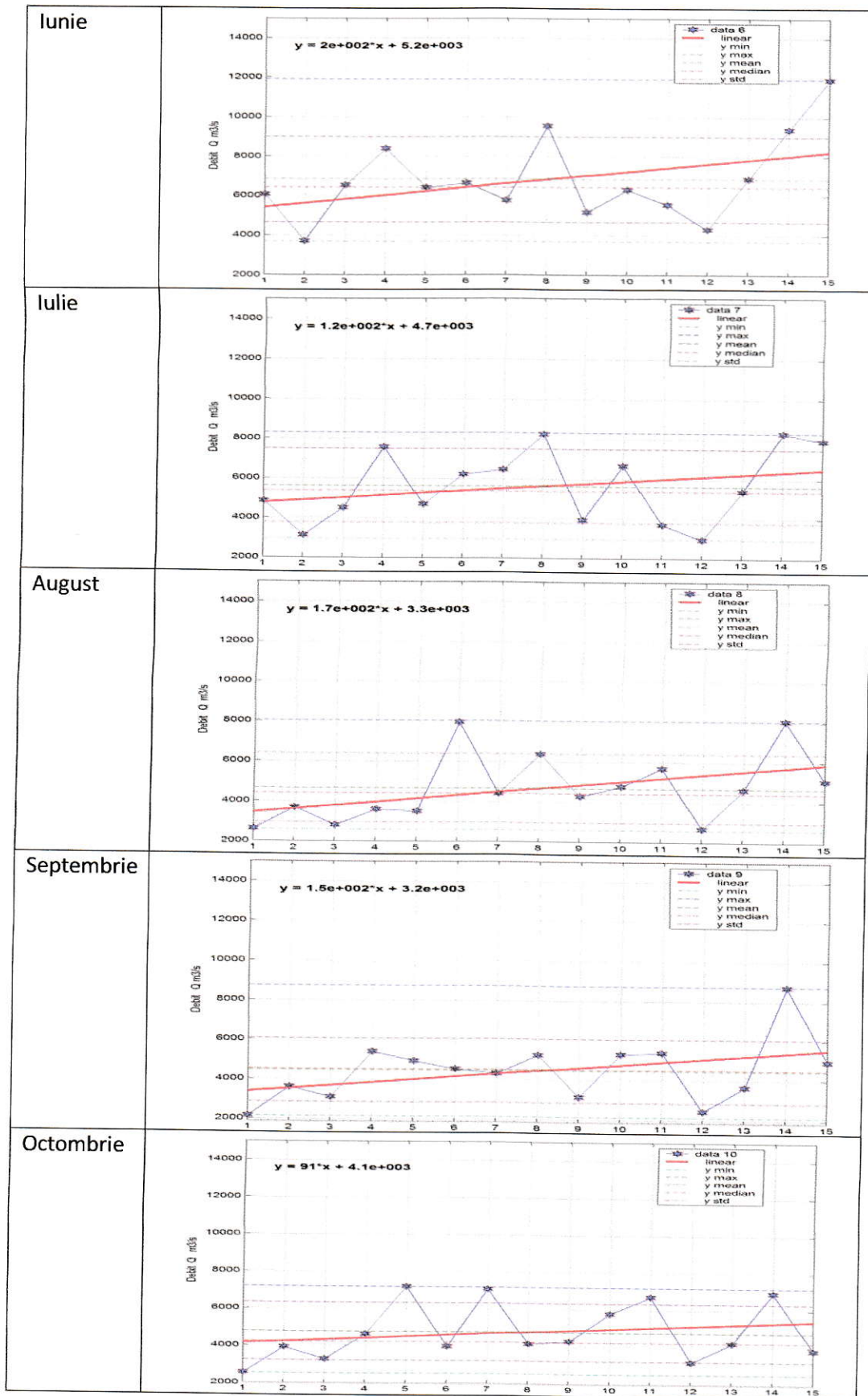
Forma funcțională reprezentată în figura 4.33 este o funcție de stare de tip X_C și a fost realizată cu un model propriu sub mediul de lucru MATLAB.

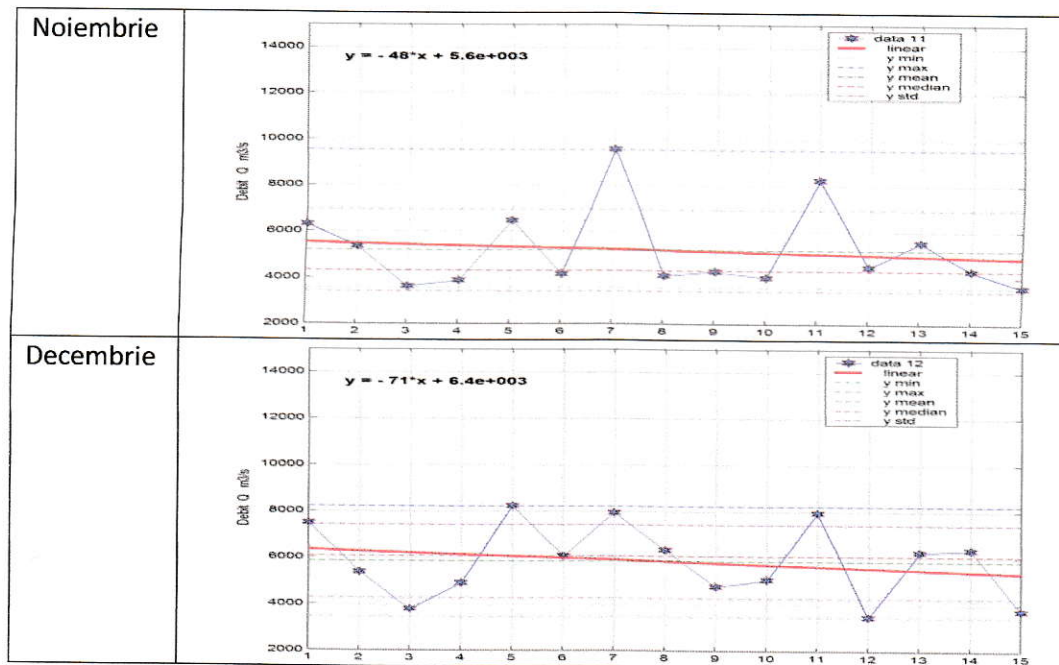
Conform algoritmului modelului matematic, graficul reprezintă imaginea unei funcții de stare de tip X_C , pentru debitul fluviului Dunărea în zona Dunării de Jos, datele primare sunt conforme înregistrărilor ANAR, discretizarea intervalului de timp a fost de 1:10, și pentru ca pe segmentul studiat nu se înregistrează variații semnificative ce depind de distanța față de stația S1, aceste evoluții vor fi considerate valabile pentru tot segmentul de Dunăre considerat.

Analiza datelor pentru perioada 1992-2006 a fost analizată și lunar, înregistrându-se regresii liniare corespunzătoare valorilor înregistrate lunar. Datele medii lunare analizate sunt prezentate în tabelul 4.11, fără a aplica o discretizare mai fină pe același mod de prelucrare a regresiiilor liniare în mediul de calcul MATLAB.

Tabel 4.11 Evoluția debitului în analize ale datelor lunar

Luna	Analiză grafică pe regresii liniare
Ianuarie	<p>$y = 54 \cdot x + 5.7e+003$</p>
Februarie	<p>$y = 77 \cdot x + 5.3e+003$</p>
Martie	<p>$y = 2.5e+002 \cdot x + 5e+003$</p>
Aprilie	<p>$y = 2.5e+002 \cdot x + 7.3e+003$</p>
Mai	<p>$y = 2.4e+002 \cdot x + 7e+003$</p>





Analiza regresiilor liniare arată faptul că acestea sunt descrescătoare doar pentru lunile noiembrie și decembrie, aceasta putându-se explica prin extinderea în această perioadă a intervalelor cu valori sub 0°C și a prelungirii înghețului. Datele analizate sunt concludente și prin valorile minime, maxime și mediane specifice fiecărei luni, graficul următor descriind sinteza acestor analize lunare, (fig. 4.34).

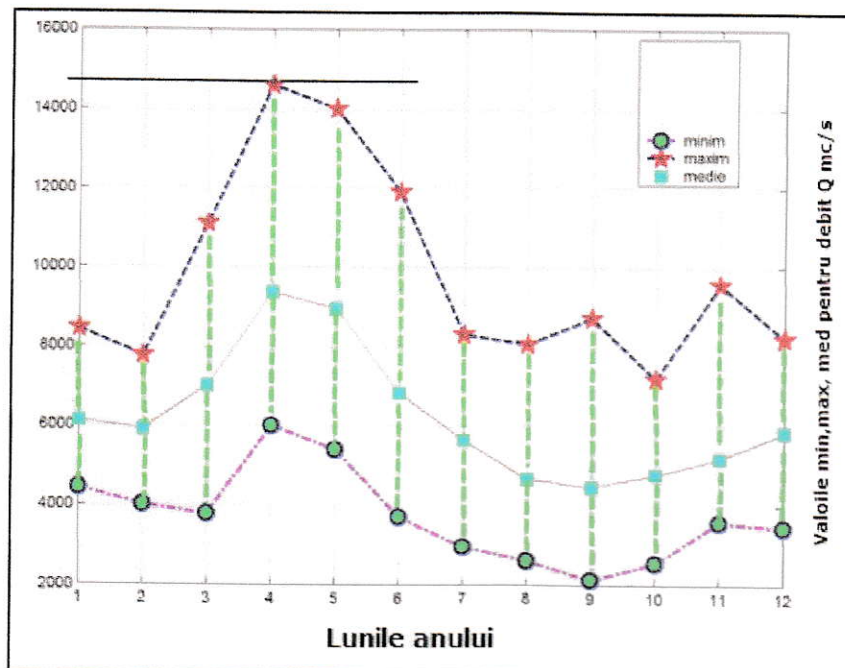


Figura 4.34 Sinteza valorilor min, max, med analizate pentru datele pe luni ale debitului

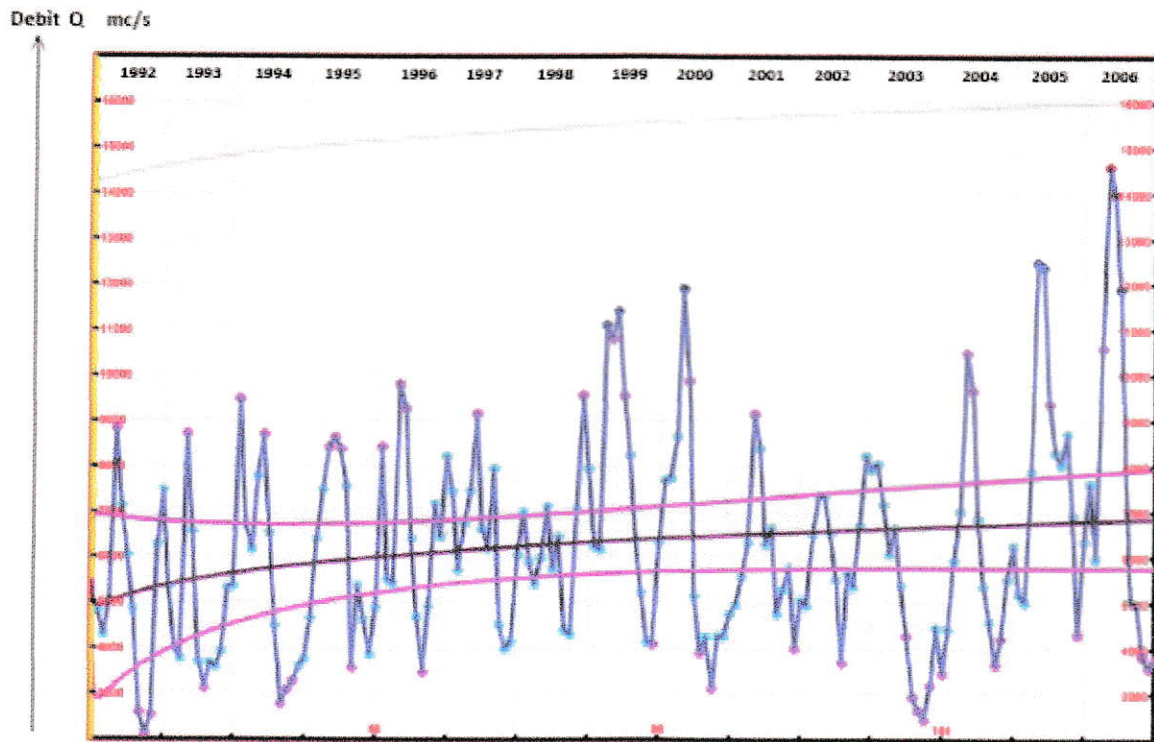


Figura 4.35 Modelarea datelor pentru debit cu ajutorul programului TC2D

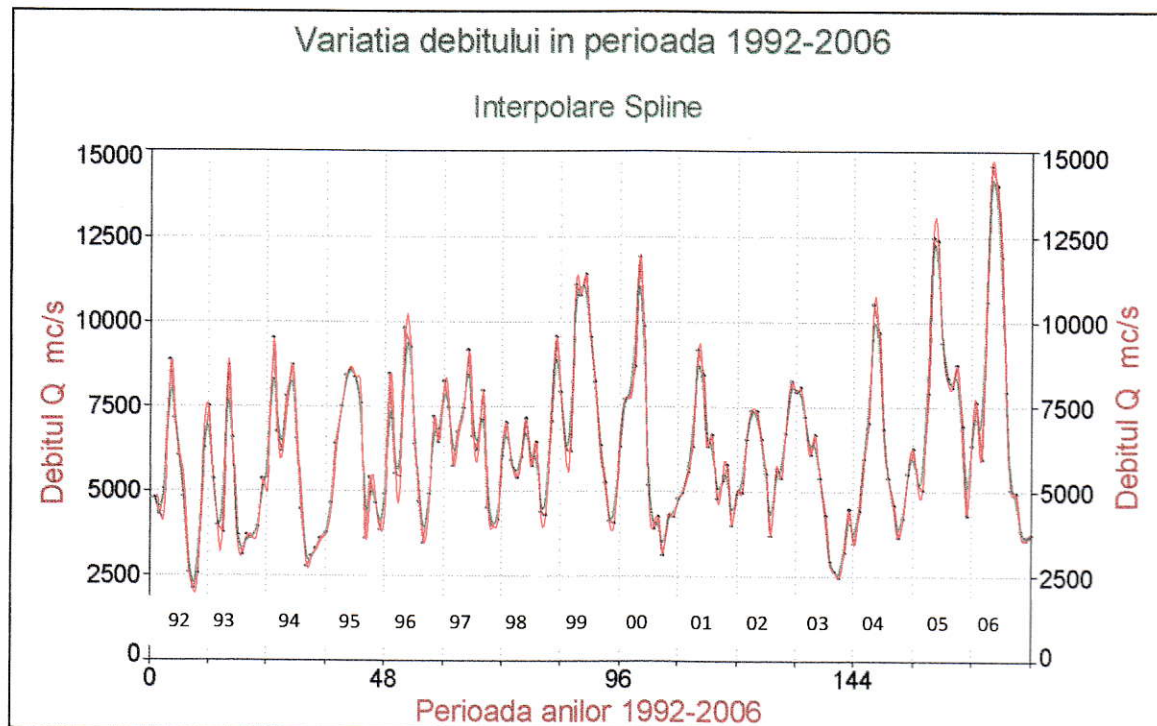


Figura 4.36 Variația debitului interpolată Spline

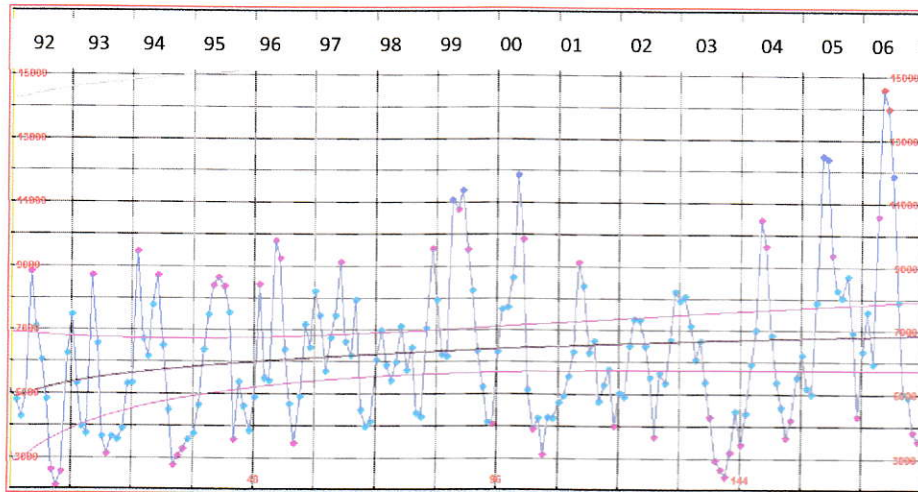


Figura 4.37 Analiza datelor pentru debit în perioada 1992-2006 cu soft-ul TC2D

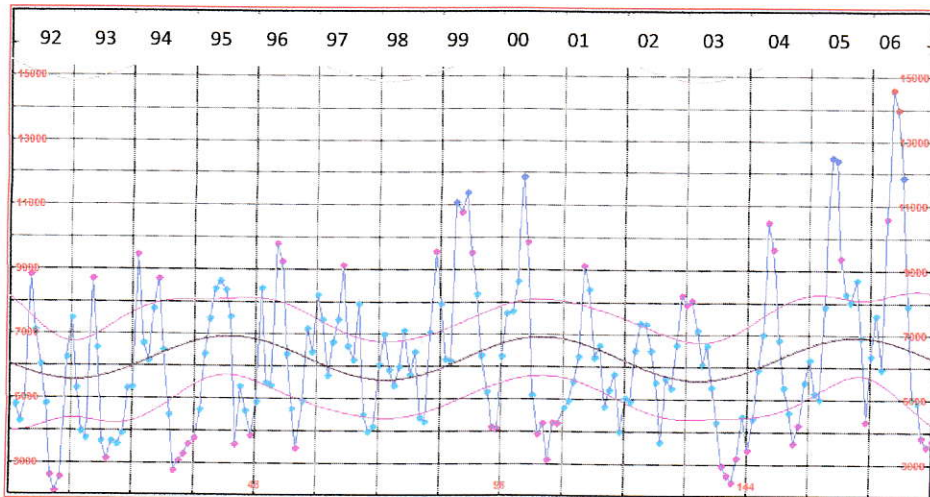


Figura 4.38 Grupa primilor 5 ani pentru debit

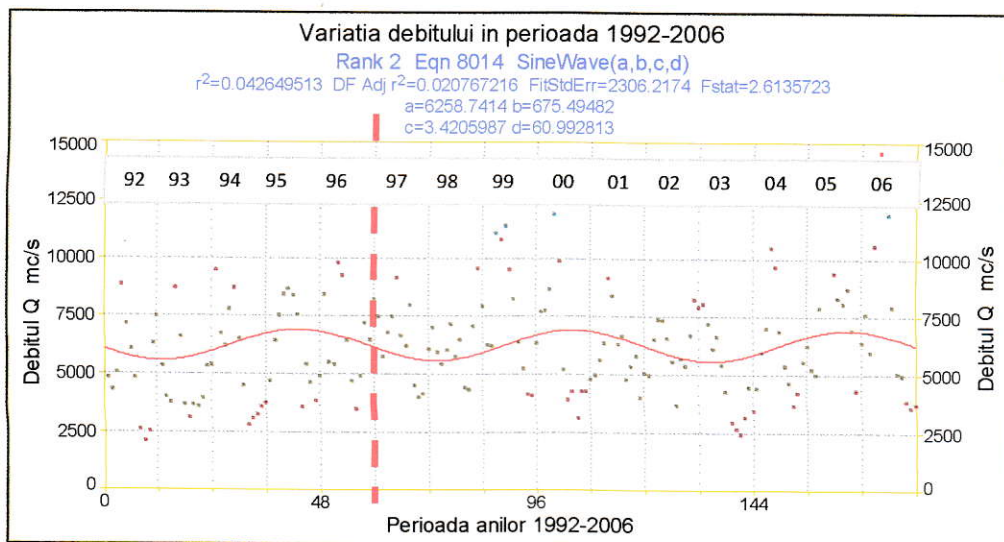


Figura 4.39 Evoluția sinusoidală a debitului cu perioadă de 5 ani

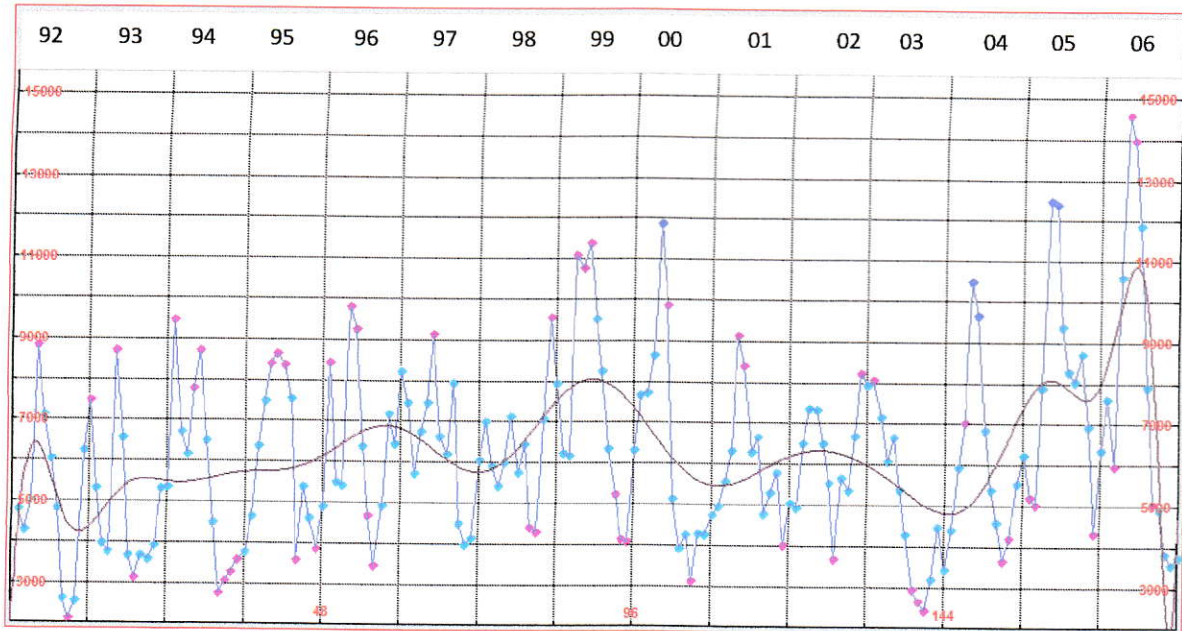


Figura 4.40 Modelarea evoluției debitului cu polinoam Cebîșev de ordin 20

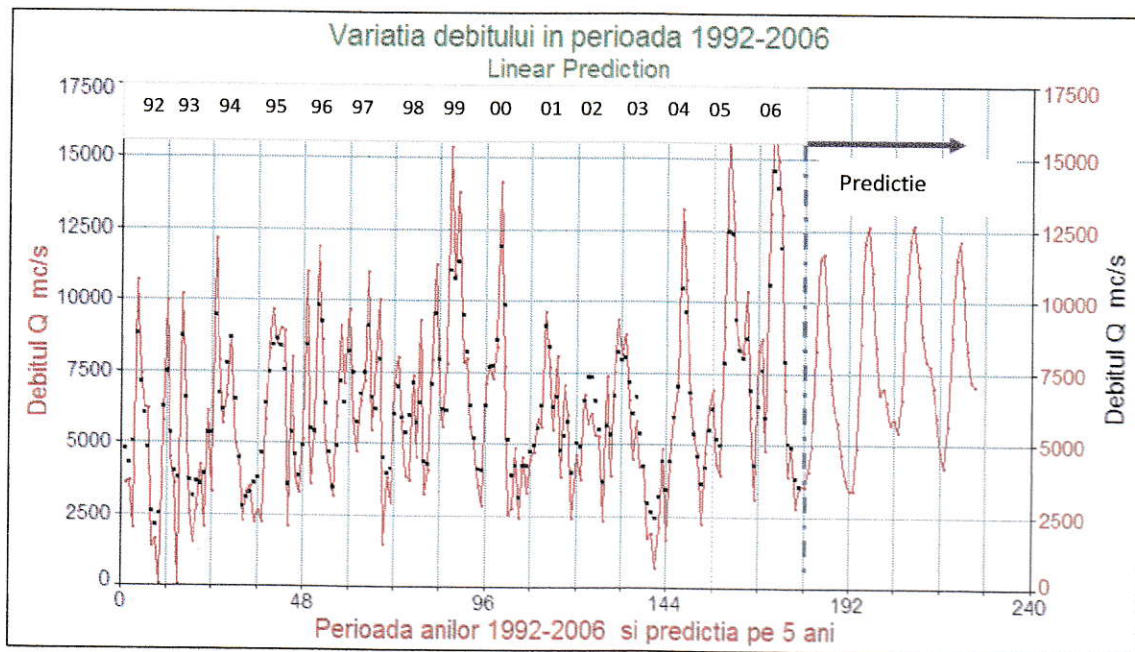


Figura 4.41 Predicția variației debitului pe o perioadă de 5 ani, 2007-2011 folosind o simulare TC2D

4.5. CONSUMUL BIOCHIMIC DE OXIGEN – APLICAREA (AUPAD)

Consumul biochimic de oxigen CBO_5 reprezintă cantitatea de oxigen, în mg/L, necesară pentru oxidarea substanțelor organice din ape, cu ajutorul bacteriilor. Mineralizarea biologică a substanțelor organice este un proces complex, care în apele bogate în oxigen se produce în două trepte. În prima treaptă se oxidează în special carbonul din substratul organic (faza de carbon), iar în a doua fază se oxidează azotul (faza de nitrificare). Conform determinărilor din laborator s-a tras concluzia că este suficient să se determine consumul de oxigen după cinci zile de incubare a probelor (CBO_5).

În modelul matematic, datele bazei TNMN preluate de ICDPR au fost prelucrate și uniformizate la o frecvență de două date lunar, obținându-se astfel o distribuție uniformă a datelor ce poate fi modelată conform algoritmului (AUPAD). S-au obținut astfel date conforme tabelul 4.12. pentru stațiile S1 și tabelul 4.13. pentru stația S4.

Tabel 4.12 Valorile concentrației de oxigen dizolvat, bază de date uniformizată:

3.2	3.2	3.2	3.45	3.7	3.0533	2.4	2.2567	2.2	2.2	2.2	2.35	2.6	2.85	3	3	3	2.75	2.5	2.5	2.5	2.4	2.3	2.5688	1992
3.2	3.1125	3.1	3.9	4.7	3.8466	3	2.7093	2.5	2.3031	2.2	2.2275	2.3	2.7725	3.2	2.85	2.5	2.7786	3.1	3.1714	3.2	3.1	3	3.05	1993
3.2	3.875	4.1	3.7484	3.2	2.7516	2.5	3.4	4.3	3.15	2	3.05	4.1	3.55	3	3.3	3.8	4.3	4.6	3.65	2.7	3.2	3.7	3.3875	1994
2.5	2.2375	2.2	2.7	3.2	2.55	1.8	1.9312	2	2.1387	2.3	2.3911	2.5	2.8889	3.2	3.1	3	3.12	3.4	4.28	5	3.05	1.1	1.4188	1995
1.9	3.3375	3.5	3.3738	3.1	2.4767	2	2.8	3.6	3.2184	2.8	2.0516	1.7	2.1767	2.8	3.0733	3.2	3.2	3.2	2.815	2.43	2.504	2.7	3.5653	1996
5.22	3.7161	2.88	2.6953	2.94	2.1634	1.9	2.5	3.1	3.05	3	3.25	3.5	3.35	3.2	3.65	4.5	3.8	3.1	3.95	4.8	3.85	2.9	3.4375	1997
5	5.35	5.4	4.8	4.2	4.7	5.2	4.55	3.9	3.9	3.9	3.95	4	3.5125	3.5	3.1875	3	3.35	3.7	3.4	3.1	3.19	3.4	3.6531	1998
4.6	3.6625	3.8	3.65	4	3.5725	3.1	3.0275	3	3	3	3.1	3.2	3	2.8	3.7	4.8	4.2484	3.475	2.7016	2.35	2.4013	2.973	2.8918	1999
3.3648	4.0786	5	3.59	2.1	3.1	3.5	4	4.3	3.5	4.7	3.5	3.5	4.8	4.3	4.4	2.5	2.8	3.3	3.2	3.5	4.2	1.1	2.7	2000
3.2	3.1383	3	2.6262	2.0033	1.4188	2.16	2.4	1.35	1.3	1.81	1.2	1.07	1.3	3.01	1.6	1.73	1.65	1.57	1.7	2.17	2.8	1.8	1.7	2001
4.08	3.9	3.1	2.3281	1.57	0.82	3.16	2.8	2.1	2.1226	2.2	4.52	5.2	1.46	1.8	3.46	4.4	2.26	1.9	2.45	3	2.9724	2.9	2.1083	2002
0	1.2	2.1	1.99	1.9	3.32	2.1	1.62	2.1	4.64	2	3.2	1.8	3.58	1.3	3.09	1.7	2.08	1.6	1.27	1.3	1.44	1.7	2.03	2003
1.5	2.55	2.3	2.66	2.3	3.08	1.6	2.2	2.9	2.7	2.6	2.4	1.7	3.1	1.1	3.08	1.2	3.3	1.7	1.34	2.1	2.86	2.5	3.82	2004
2.3	2.79	3.2	2.73	2.6	3.9	2.4	1.5	1.8	1.9905	2.1	3.8	2.7	2.4208	2.2	1.6686	1.3	4.4	0.9	1.2	1.8	2.1	3.36	3.8	2005
2.7	1.6125	1.4	2.4	3.2	2.5	3	2.1388	1.18	1.06	4.36	3.86	1.4	2.1	1.6	2.7	2.1	3.2	2.1	2.6	3.1	2.4	2.8	4.6	2006

Aceste prelucrări de date s-au realizat pentru stațiile considerate în studiu, S1, S2, S3 și S4.

Considerând ca observații asupra nivelului de calitate al apelor Dunării și urmărirea acestora prin sistemul TNMN, se pot considera de importanță stațiile S1 și S4, localizate și prezentate și pe harta TNMN, (fig. 4.42).

Tabel 4.13 Valorile oxigenului dizolvat în stația S4, bază de date uniformizată

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
3.1	2.375	2.1	3.4	2.7	2.5875	2.4	2.2125	2.1	2.7	2.3	2.15	2	2.45	2.9	2.55	2.2	2.2485	2.3711	2.5331	2.7	2.9995	3.1	3.0625	1992		
2.9	2.6375	2.6	3.8	4	3.45	2.9	2.95	3	2.65	2.3	2.4875	2.8	3.1125	3.3	3	2.7	2.85	3	2.95	2.9	3.1	3.3	3.1375	1993		
2.7	2.7875	2.8	2.4	2	2	3.15	4.3	3.2	2.1	2.25	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4264	2.5	3.3736	4.2	3.7833	3.2	2.8667	2.7	2.7313	1994		
2.9	2.9875	3	2.9045	2.7	2.2455	1.9	2.35	2.8	2.5	2.2	3.35	4.5	4.1857	3.7	3.3143	3.1	3.24	3.5	3.86	4.1	3.82	3.3	2.755	1995		
2.1	1.925	1.9	2.6	3.3	2.75	2.2	2.6	3	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3	3.44	3.8	3.6583	3.4	3.1304	2.84	2.5013	2.3	2.985	1996
4.6	4.9063	4.95	4.4231	3.54	2.6419	2.1	2.1802	2.4	4.4698	6.4	4.6	4.6	2.8	3.15	3.5	3.45	3.4	3.45	3.5	3.3875	3.2	3.0125	2.9	3.4437	1997	
4.7	2.9688	2.3	2.7457	3.6	4.9043	5.8	4.75	3.7	3.75	3.8	3.25	2.7	3.1583	3.7	3.8417	3.9	3.8375	3.7	3.3625	3.1	3.1891	3.4	3.8859	1998		
4.1	3.6848	3.2	2.4714	2	2.4	2.8	2.8	3	3.2	2.7	2.2	2.7	3.2	2.7	3.2	2.8	2.4	2.4578	2.585	2.7122	2.77	2.635	2.5	2.6394	1999	
3	2.9508	2.9632	2.9193	2.8602	2.7873	2.7021	2.6059	2.5	2.3	1.9	2.1	2.5	1.9	1.9	1.8	2.9	2.2	2.1	3	2.8	2.4	2.4	1.4	2000		
1.6	1.43	1.7	1.8	2.29	1.39	1.28	1.3	1.95	1.8	1.24	1.54	1.78	1.8	1.32	1	1.5	1.35	1.2	1.2	1.54	1.8	0.969	1.2	2001		
1.84	1.7	1.5	2.16	2.12	1.8833	1.28	1.93	2.1	2.05	2	2.6	2.91	1.7	0.998	1.5	1.3	1.15	1.2	1.1145	1.62	1.0055	1	1.0925	2002		
1.3	2.21	1.3	1.39	1.9	2.84	1.8	1.53	1.1	1.56	2.1	2.55	2.2	1.69	2.2	1.69	1.2	0.99	1.32	0.75	1.2	0.87	0.98	1.52	2003		
1.6	1.48	2.1	1.52	2	2.66	3.2	1.76	1.29	1.94	2.3	2.13	3.2	1.95	1.7	2.39	2.3	1.6	1.71	0.662	1.12	0.855	1.2	1.25	2004		
1.7	1.88	1.08	2.29	2	2.53	1.6	1.5236	1.5	1.82	1.76	1.49	2.11	1.41	2.29	1.705	1.12	1.21	1.27	1.5	1.38	3.19	2.3	2.39	2005		
2.15	2.89	2.24	2.51	3.84	2.41	1.27	2.27	1.38	1.01	1.16	0.84	1.16	0.84	1.2	2.09	2.14	2.32	1.24	2.13	2.53	2.2	2.27	2.68	2006		

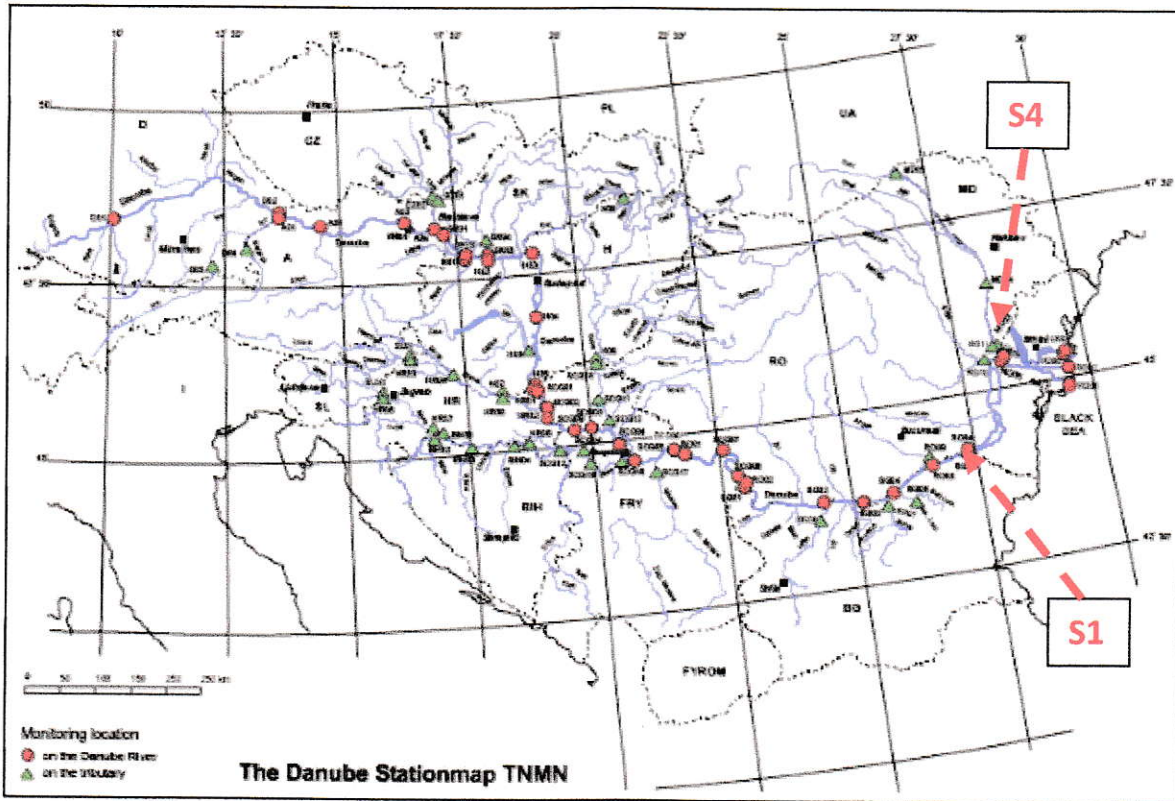
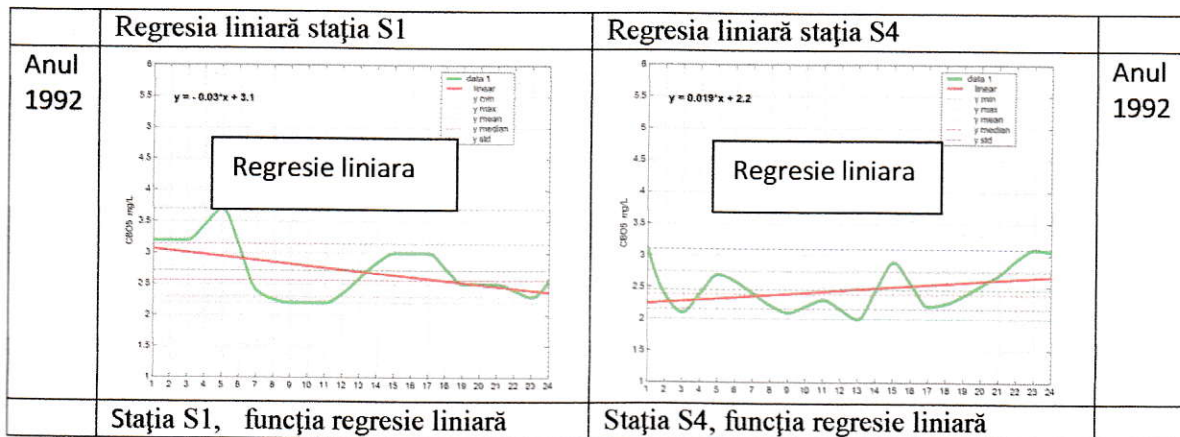


Figura 4.42 Localizarea stațiilor S1 și S4 pe harta monitorizării transnaționale a ICDPR

Tabel 4.14 Legenda tabelor 4.14.1-4.14.15 pentru analiza CBO₅



Tabel 4.14.1 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 1992

	S1	S4	
1992	<p>$y = -0.03x + 3.1$</p>	<p>$y = 0.019x + 2.2$</p>	1992
	$Y = -0.03033t + 3.0971$	$Y = +0.018522t + 2.2263$	

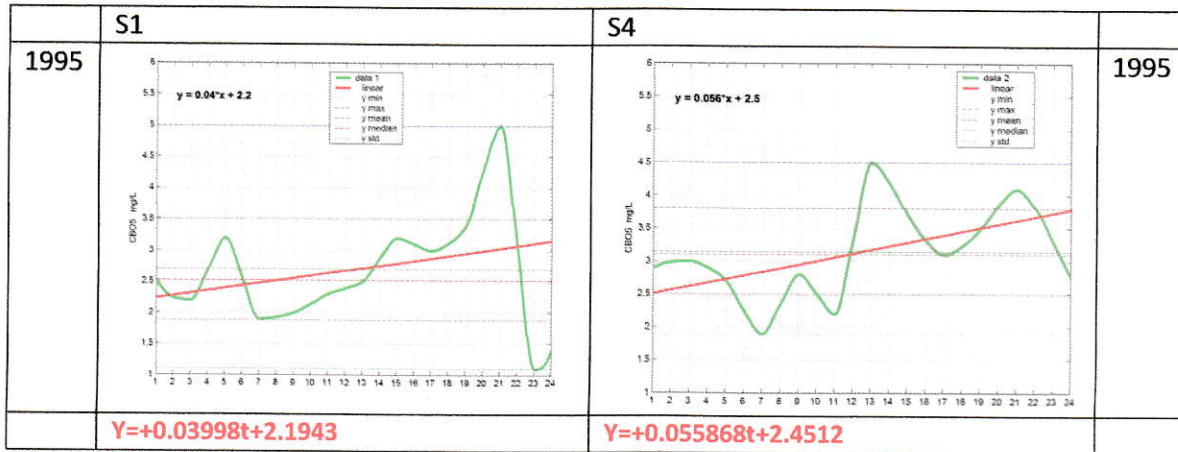
Tabel 4.14.2 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 1993

	S1	S4	
1993	<p>$y = -0.022x + 3.3$</p>	<p>$y = 7.7e-006x + 3$</p>	1993
	$Y = -0.022209t + 3.2681$	$Y = +7.7439e-006t + 2.9667$	

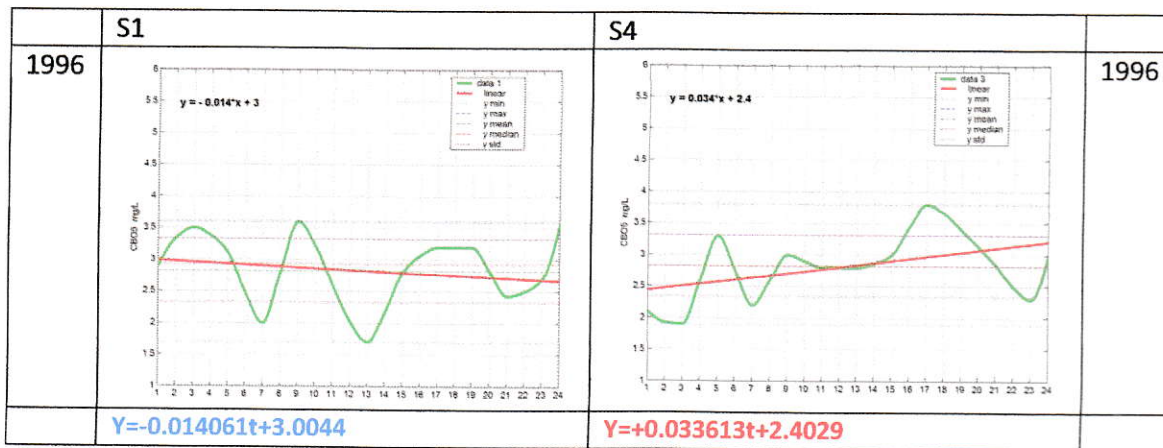
Tabel 4.14.3 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 1994

	S1	S4	
1994	<p>$y = 0.0076x + 3.4$</p>	<p>$y = 0.03x + 2.4$</p>	1994
	$Y = +0.0075618t + 3.3571$	$Y = +0.030281t + 2.4021$	

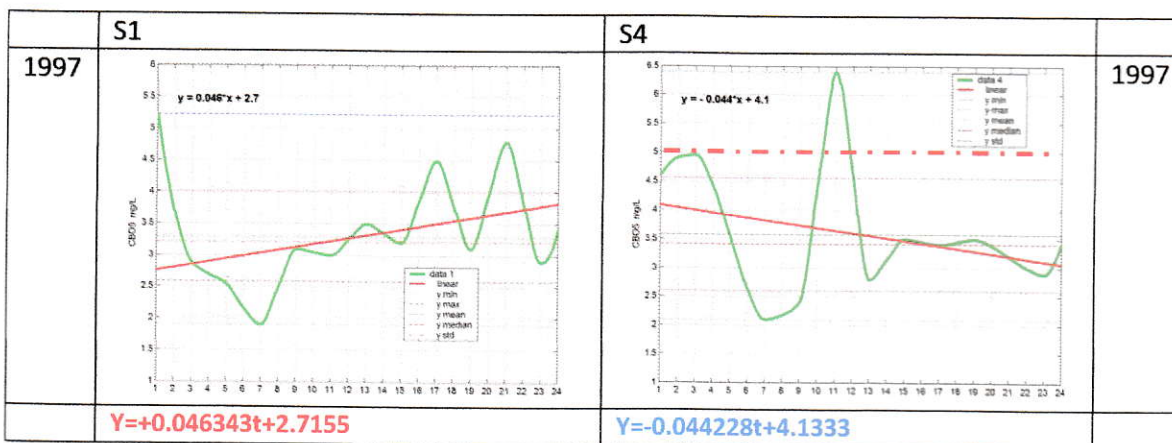
Tabel 4.14.4 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 1995



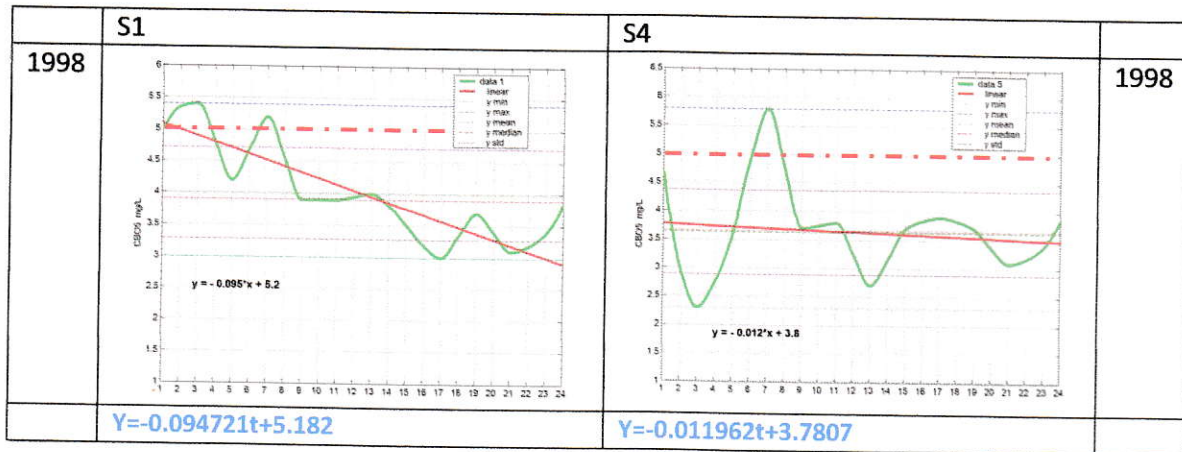
Tabel 4.14.5 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 1996



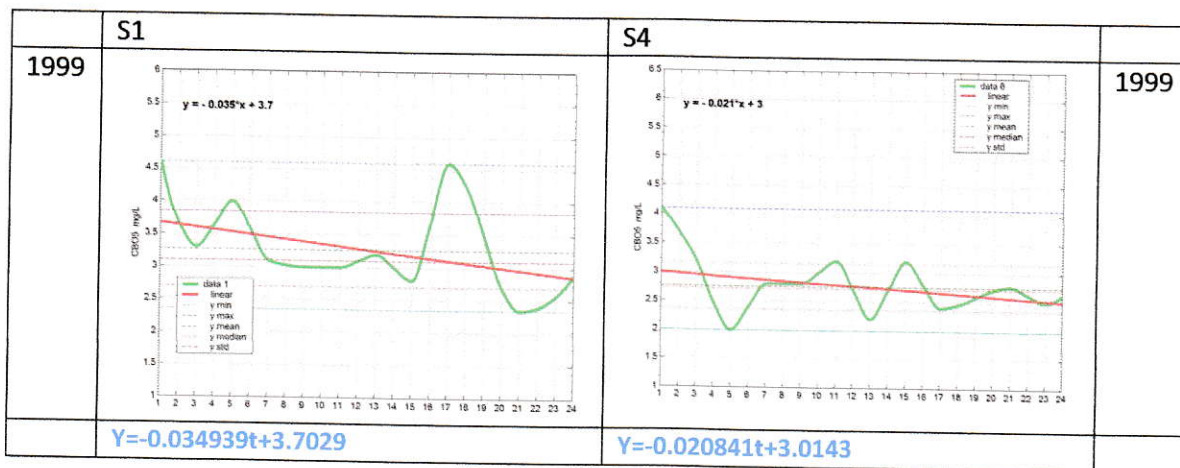
Tabel 4.14.6 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 1997



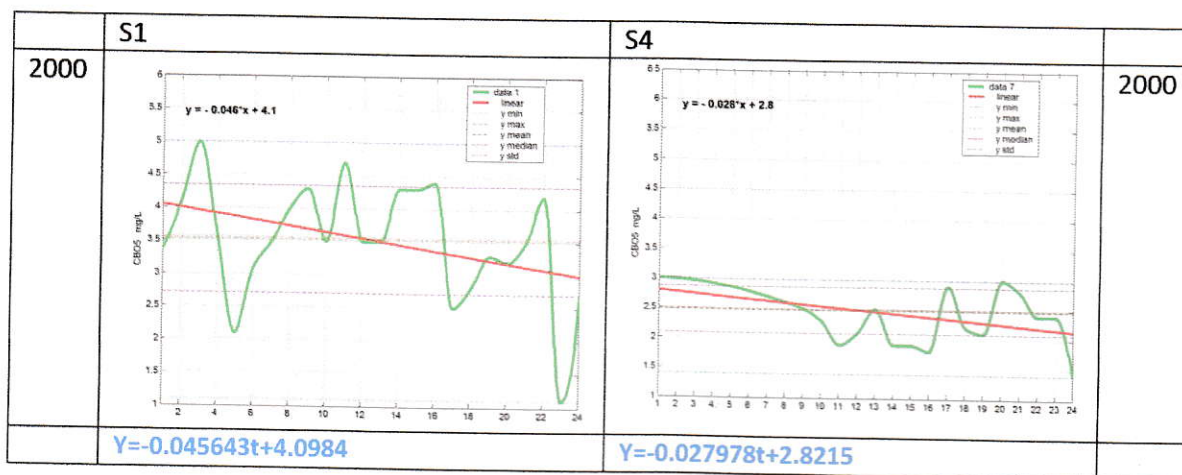
Tabel 4.14.7 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 1998



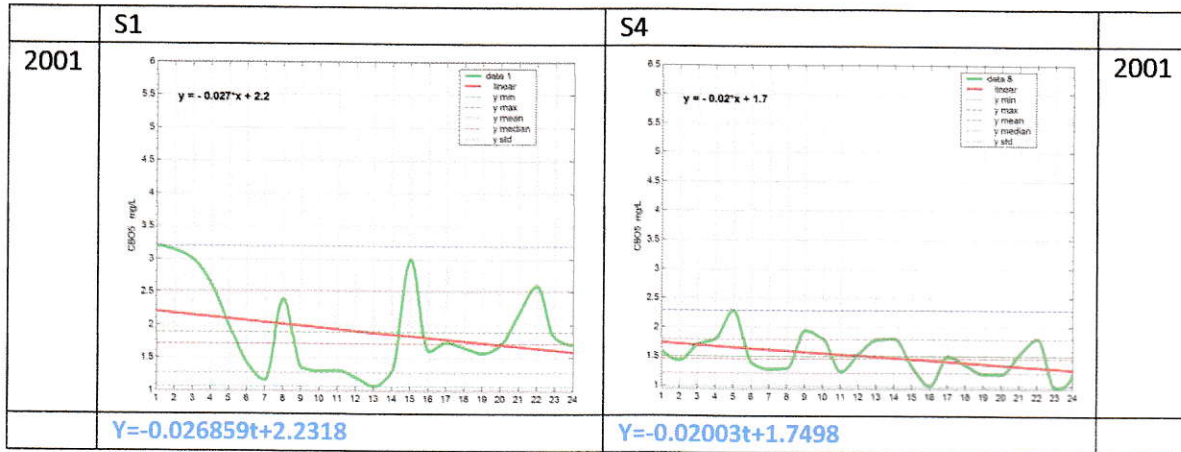
Tabel 4.14.8 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 1999



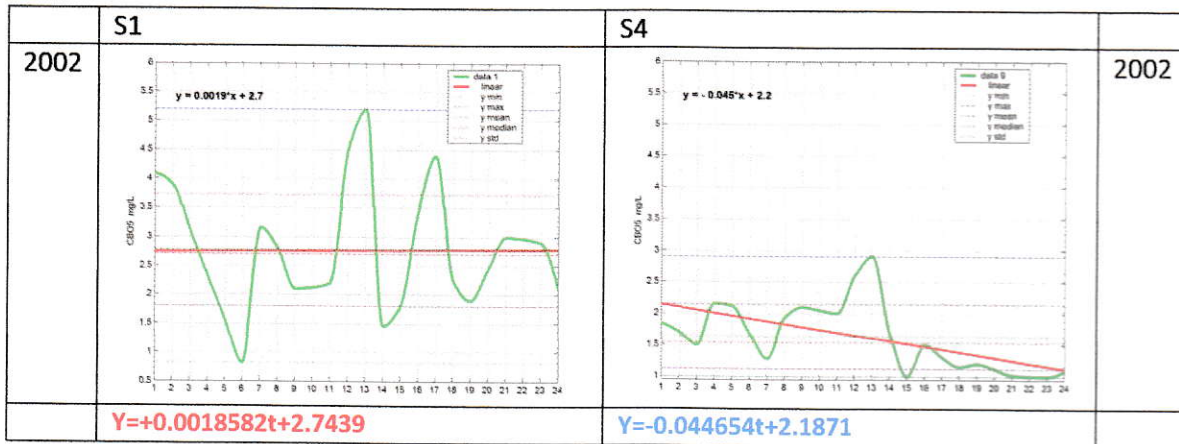
Tabel 4.14.9 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 2000



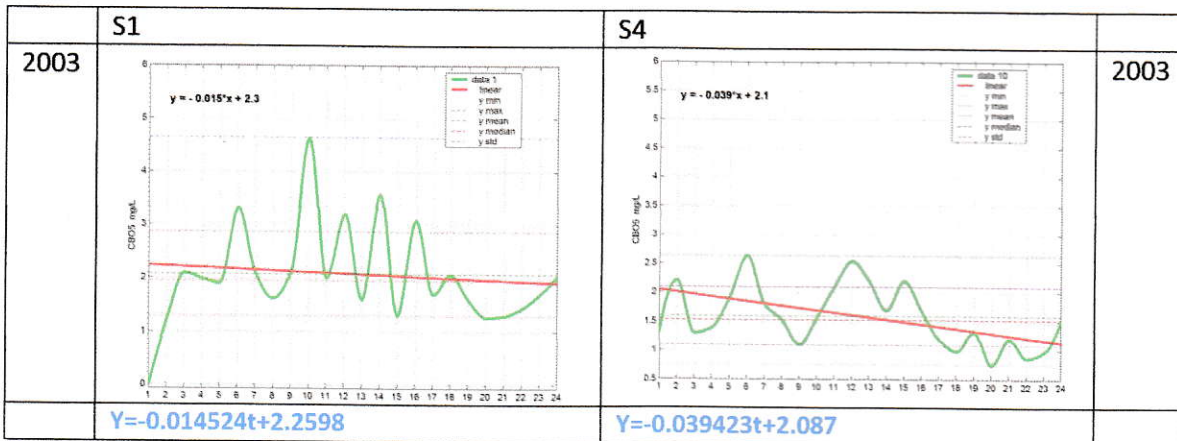
Tabel 4.14.10 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 2001



Tabel 4.14.11 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 2002



Tabel 4.14.12 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 2003



Tabel 4.14.13 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 2004

	S1	S4	
2004	<p>$y = -0.0034x + 2.4$</p>	<p>$y = -0.04x + 2.3$</p>	2004
	$Y = -0.003534t + 2.3864$	$Y = -0.040391t + 2.3422$	

Tabel 4.14.14 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 2005

	S1	S4	
2005	<p>$y = -0.015x + 2.7$</p>	<p>$y = -0.013x + 1.9$</p>	2005
	$Y = -0.01501t + 2.6706$	$Y = -0.012947t + 1.8598$	

Tabel 4.14.15 Regresii liniare pentru nivelul CBO₅ anul 2006

	S1	S4	
2006	<p>$y = 0.034x + 2$</p>	<p>$y = -0.018x + 2.2$</p>	2006
	$Y = -0.033702t + 2.0244$	$Y = -0.017911t + 2.1557$	

Tabel 4.15 Sinteza datelor referitoare la regresii liniare pentru stația S1

	Regresie liniara	Rez	Min	Max	Mean	Median	Std	Range
1992	$Y=-0.03033t+3.0971$	5.6539	2.2	3.7	2.718	2.564	0.4243	1.5
1993	$Y=-0.022209t+3.2681$	8.3695	2.2	4.7	2.99	3.021	0.5715	2.5
1994	$Y=+0.0075618t+3.3571$	9.0251	2	4.6	3.452	3.498	0.5972	2.6
1995	$Y=+0.03998t+2.1943$	11.692	1.1	5	2.694	2.519	0.8159	3.9
1996	$Y=-0.014061t+3.0044$	7.4664	1.7	3.6	2.829	2.935	0.5012	1.9
1997	$Y=+0.046343t+2.7155$	9.7306	1.9	5.22	3.295	3.212	0.7125	3.32
1998	$Y=-0.094721t+5.182$	5.1607	3	5.4	3.998	3.9	0.7187	2.4
1999	$Y=-0.034939t+3.7029$	7.9371	2.35	4.6	3.266	3.1	0.5731	2.25
2000	$Y=-0.045643t+4.0984$	11.499	1.1	5	3.528	3.554	0.8173	3.9
2001	$Y=-0.026859t+2.2318$	9.0373	1.07	3.2	1.896	1.71	0.6224	2.13
2002	$Y=+0.0018582t+2.7439$	14.613	0.82	5.2	2.767	2.711	0.9636	4.38
2003	$Y=-0.014524t+2.2598$	11.821	0	4.64	2.078	1.944	0.7854	4.64
2004	$Y=-0.0033534t+2.3864$	8.0642	1.1	3.82	2.345	2.462	0.5322	2.72
2005	$Y=-0.01501t+2.6706$	11.674	0.9	4.4	2.483	2.486	0.7763	3.5
2006	$Y=-0.033702t+2.0244$	11.288	1.06	4.6	2.446	2.478	0.7777	3.54
TOT	$Y=-0.0024764t+3.3.66$	51.364	0	5.4	2.86	2.889	0.8949	5.4

Tabel 4.16 Sinteza datelor referitoare la regresii liniare pentru stația S4

	Regresie liniara	Rez	Min	Max	Mean	Median	Std	Range
1992	$Y=+0.018522t+2.2263$	13.119	2	3.1	2.458	2.386	0.3	1.1
1993	$Y=+7.7439e-006t+2.9667$	16.538	2.3	4	2.967	2.944	0.3376	1.7
1994	$Y=+0.030281t+2.4021$	28.647	2	4.3	2.781	2.7	0.6303	2.3
1995	$Y=+0.055868t+2.4512$	25.947	1.9	4.5	3.15	3.1	0.6561	2.6
1996	$Y=+0.033613t+2.4029$	20.708	1.9	3.8	2.823	2.821	0.4861	1.9
1997	$Y=-0.044228t+4.1333$	44.927	2.1	6.4	3.58	3.414	0.9818	4.3
1998	$Y=-0.011962t+3.7807$	35.159	2.3	5.8	3.631	3.664	0.7374	3.5
1999	$Y=-0.020841t+3.0143$	17.943	2	4.1	2.754	2.719	0.3989	2.1
2000	$Y=-0.027978t+2.8215$	16.329	1.4	3	2.472	2.487	0.3879	1.6
2001	$Y=-0.02003t+1.7498$	12.476	0.969	2.29	1.499	1.463	0.2922	1.321
2002	$Y=-0.044654t+2.1871$	20.18	0.998	2.91	1.629	1.541	0.5149	1.912
2003	$Y=-0.039423t+2.087$	20.634	0.75	2.64	1.594	1.529	0.5037	1.89
2004	$Y=-0.040391t+2.3422$	26.805	0.655	3.2	1.837	1.783	0.62	2.545
2005	$Y=-0.012947t+1.8598$	17.431	1.08	2.53	1.698	1.631	0.3735	1.45
2006	$Y=-0.017911t+2.1557$	33.611	0.84	3.84	1.932	2.118	0.7109	3
TOT	$Y=-0.0046816t+3.3036$	14.616	0.655	6.4	2.459	2.4	0.9124	5.745

Tabel 4.17 Suprapunerea datelor pentru stațiile S1 și S4 pentru CBO_5

Ianuarie		<p>Segmentul funcționează ca un decantor atâta timp cât curba verde se află deasupra celei albastre</p> <p>Lună favorabilă</p>
Februarie		<p>Lună favorabilă</p>
Martie		<p>Lună fără schimb semnificativ în segmentul fluviului</p>
Aprilie		<p>Lună cu impact al factorului poluant semnificativ</p>
Mai		<p>Segmentul funcționează ca un decantor</p>

<p>Iunie</p>		<p>Lună cu impact al factorului poluant semnificativ</p>
<p>Iulie</p>		<p>Lună cu perioade critice de poluare</p>
<p>August</p>		<p>Segmentul funcționează ca un decantor</p>
<p>Septem.</p>		<p>Segmentul funcționează ca un decantor</p>

<p>Octombr.</p>		<p>Lună fără schimb semnificativ în segmentul fluviului</p>
<p>Noiembr.</p>		<p>Segmentul prezintă o capacitate de autoepurare</p>
<p>Decembr.</p>		<p>Segmentul prezintă o capacitate de autoepurare semnificativă</p>

4.6. CONSIDERAȚII ASUPRA APELOR UZATE, A SISTEMULUI DE DRENAJ URBAN A ORAȘULUI BRĂILA, CONSIDERÂND CONFIGURAȚIA GEOMETRICĂ A SPAȚIULUI

Interacțiunea dintre activitatea umană proprie unei aglomerări urbane și ciclul natural al apei se observă cu precădere în aceste zone, inclusiv considerând cel mai important corp de apă al arealului și anume fluviul Dunărea.

Interacțiunile specifice se manifestă în acest caz prin extragerea unei cantități suficiente deci ciclul natural al apei (cursul fluviului în acest caz), pentru asigurarea necesarului de apă. Aceasta poate produce o distorsiune în ciclul natural al apei însă, în cazul considerării corpului de apă principal fluviul Dunărea, aceasta este puțin vizibil dacă este analizat fenomenul pe perioade scurte, datorată debitului relativ mare și a vitezei de scurgere. Analiza pe perioade semnificativ mai mari decât ciclurile anuale, poate reliefa și astfel de tipuri de distorsiuni, evoluția acestora, mai cu seamă dacă se consideră o dinamică a activităților casnice sau agroindustriale din zone urbane sau imediat suburbane. Raportarea acestui ciclu la caracteristicile de calitate ale apelor de suprafață ale fluviului Dunărea, luarea în considerare a debitelor apelor uzate urbane și a apelor pluviale, conduce la acest punct de vedere al influenței mai puțin vizibile pe perioade de un an sau doi ani. În cazul în care se identifică totuși o presiune constantă asupra fluviului a factorului de poluare produs de apele uzate urbane, aceasta este semnificativă dacă procesul se produce în aceiași parametrii pe o perioadă de cinci, zece ani.

În cazul raportării pe analize anuale a deversărilor urbane spre fluxul major de apă ce tranzitează zona, fluviul Dunărea, ciclul devine unul minor. Dacă acest ciclu se raportează la totalitatea surselor de apă potabilă disponibile, acest ciclu devine unul semnificativ și desigur o analiză a acestei raportări poate arăta că există o presiune majoră asupra resurselor de apă potabilă.

Analiza și reconsiderarea unui sistem de drenaj urban este impus de importanța aspectelor privind gestiunea apelor uzate și de punerea la dispoziție a resurselor de apă potabilă necesare. O analiză asupra factorilor ce induc o presiune semnificativă asupra sistemului, poate pune în evidență situații noi pentru perioada actuală, neconsiderate la momentul proiectării sistemului.

Apele uzate provin în general din apele care au fost furnizate pentru necesarul de subzistență, pentru asigurarea nivelului de trai dar și pentru activitățile industriale la nivelul industriei mici și mijlocii de la nivelul orașului respectiv sau a activităților agricole desfășurate în unele gospodării. De cele mai multe ori acestea sunt gestionate în mod necorespunzător și pentru aceasta, ca un exemplu, putem considera mărirea numărului de spălătorii auto unele dintre ele funcționând fără instalații de reținere a substanțelor poluante sau folosirea apei potabile pentru udarea unor culturi în gospodării, grădini sau spații verzi pe străzi asfaltate cu o capacitate de drenaj mult mai mică decât a străzilor pavate cu piatră cubică. Un alt aspect important poate fi acela al schimbării produse la nivelul construcțiilor noi ce nu mai sunt acoperite cu elemente ceramice ce pot reține un timp mai îndelungat pe suprafața acoperișurilor apele pluviale. Astfel, poluanții preluați din aer odată cu apele de ploaie, ajung mai repede în sistemul de drenaj urban. Debitele neconstante în cazul ploilor abundente și supra încărcarea unor conducte creează o altă presiune asupra sistemului de drenaj, supunând uneori acea parte a acestuia constituită de sistemul de conducte unor gătuiri, inundații sau alte riscuri sanitare.

Analiza din acest punct de vedere a sistemului de drenaj urban, tipologia și topologia orașului, se poate constata că în unele zone forma organizată ce permite controlul și managementul apelor uzate este depășită de forma neorganizată care este dificil de controlat și care introduce o serie de necunoscute în gestiunea apelor uzate urbane ce pot produce distorsiuni vizibile din ciclul natural al apei.

În anul 1973 a fost re-proiectat sistemul de canalizare a municipiului Brăila prin proiectul nr. 1131 realizat de Institutul de studii și proiectare pentru construcții și instalații de gospodărire comunală, București. Conform acestui proiect se avea în vedere o creștere a populației orașului de la 170.000 locuitori până la 270.000 de locuitori spre anii 1995. Studiul aparține unei perioade mult mai intense din punctul de vedere al activităților industriale foarte puțin supusă unor norme de respectare a protecției mediului înconjurător și inclusiv fără prezența actualelor norme de gestionare a apelor uzate urbane. Proiectul a luat însă în considerare așezarea orașului pe un platou pe malul stâng al Dunării, cu o faleză de circa 15 m și o coborâre lentă de la est spre vest. Punctele cele mai înalte ale orașului situate în zona de nord și cele mai joase în zona de sud pot considera o topologie a sistemului

de deversare a apelor uzate și a apelor pluviale nu direct în Dunăre ci pe o structură ce preia această așezare cu înclinarea descrisă a structurii.

Un factor deosebit, propriu orașului Brăila este structura străzilor într-o rețea de tip semicerc, pânză de paianjen, cu bulevarde în formă de semicerc ce pleacă de la faleză și se reîntorc spre faleza Dunării, celelalte străzi principale pornind din centrul vechi sub forma unor raze, (fig. 4.43). Și la data proiectării sistemului de canalizare s-a avut în vedere acest aspect care, în prezent în cazul reproiectării sistemului este mai puțin fructificat. Aceasta și datorată extinderii semnificative a zonelor locuite, construcția unor noi cartiere de blocuri, în afara semicercului principal după anul 1970.

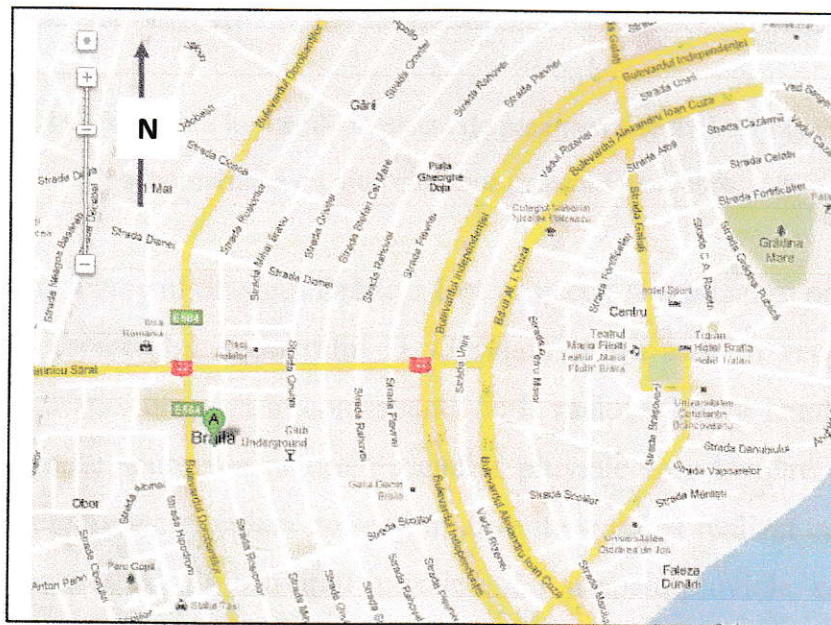


Figura 4.43 Structura străzilor orașului Brăila cu străzi principale în formă de arc de cerc și străzi principale sub formă de raze ce pornesc din centrul vechi al orașului

Această structură a traseelor străzilor principale justifică și invită practic la descrierea unei figuri geometrice cu o topologie proprie, folosind semicercuri și raze ce pot fi considerate trasee pentru structura conductelor principale ale unui sistem de canalizare/deversare a apelor uzate.

Plecând de la acest aspect, am realizat o schemă geometrică pentru analiza unui astfel de sistem de drenaj urban, folosind un model GeoGebra, capabil să deseneze această structură în spațiul 2 dimensional, (fig. 4.44).

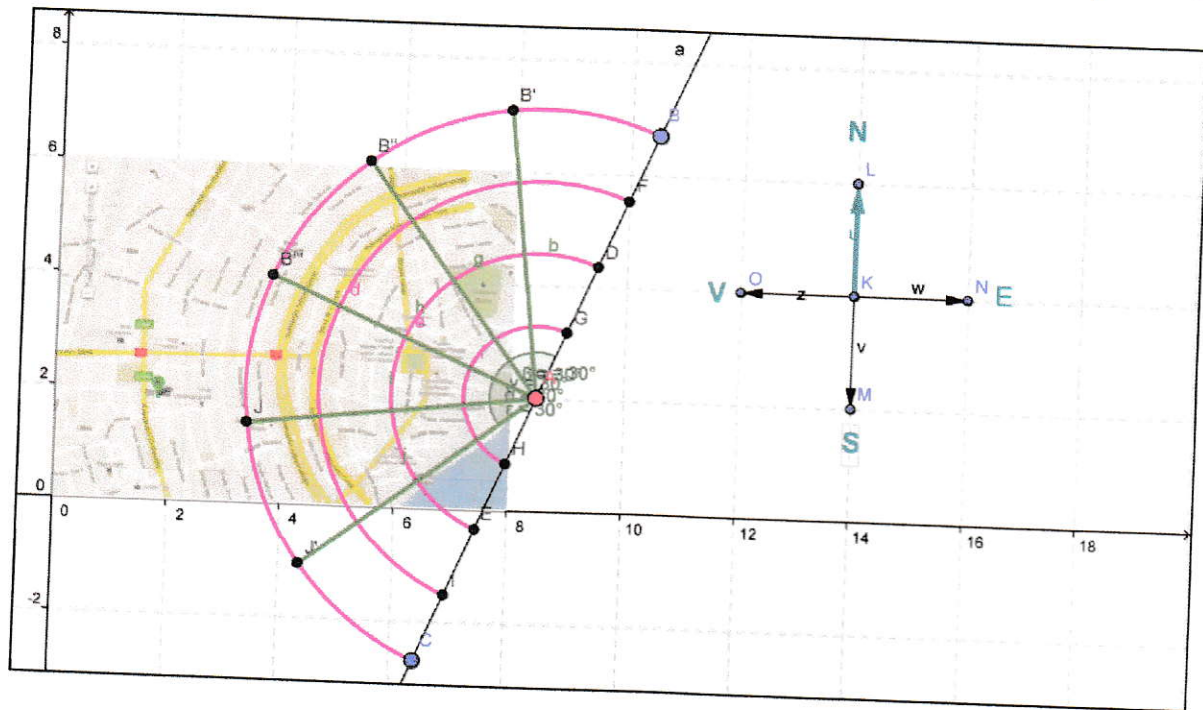


Figura 4.44 Structura în formă de pânză de paianjen a străzilor orașului Brăila schematizată cu ajutorul unui proiect GeoGebra

Sistemul de canalizare al orașului Brăila a fost proiectat și realizat în perioada 1914-1920 pe baza proiectului inginerului D. Germani și s-a avut în vedere faptul că datorită configurației orașului în contrapantă de la malul stâng al Dunării spre vest, aceasta nu permite scurgerea naturală a apelor pluviale spre Dunăre. Sistemul s-a realizat din prefabricate circulare cu secțiuni diferite și a fost realizat cu dublul scop de a prelua apele uzate din activități menajere dar și apele pluviale, considerând o lungime a străzilor de 230 km. Calitatea efluentului a fost analizată și au rezultat medii de consum biochimic de oxigen la cinci zile între 193- 204 mg/L, considerând ca singur emisar Dunărea. În același timp s-a considerat și posibilitatea de autoepurare a apelor Dunării și în acest context fiind necesară doar o stație de epurare mecanică, cu previziunea realizării în viitor a unei stații de epurare biologică. Colectorul denumit „Germani” executat încă din anul 1913 pe strada Dorobanți cu scopul de a prelua în sistem unitar apele reziduale din zona centrală a orașului și a le evacua în Dunăre a rămas și astăzi deci și în perioada 1992-2006 perioadă analizată în teză, cea mai importantă cale de evacuare a apelor uzate ale orașului, strângând atât apele uzate cât și apele meteorice, (fig. 4.45).

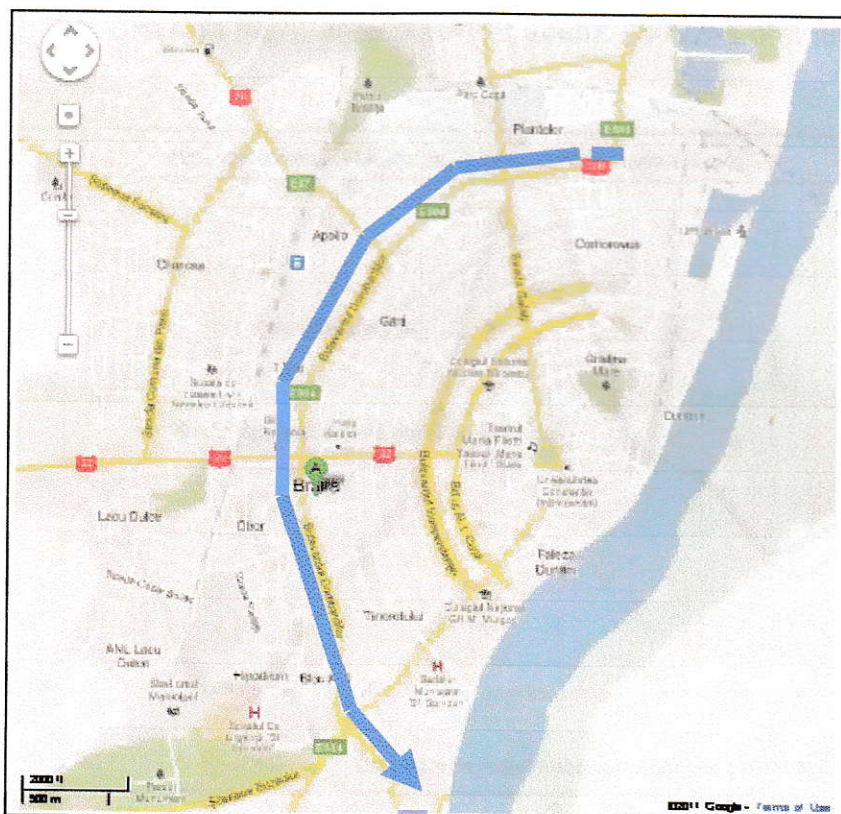


Figura 4.45 Colector Germani pe traseul bulevardului Dorobanților

Pe structura schemei GeoGebra canalul Germani este reprezentat de semicercul de rază cea mai mare.

Toate aceste considerente propun o analiza asupra volumului și parametrilor de calitate ai apelor uzate deversate folosind complexul de algoritmi (AUPAD), o analiză asupra geometriei grafului realizat pe structura traseelor principalelor conducte ale sistemului de drenaj urban, corelația dintre aceste aspecte și în concluzie unele propuneri privind îmbunătățirea acestui proces.

La nivelul anului 2009 analiza asupra volumului de ape uzate deversate se prezintă într-o sinteză grafică aplicând pașii (AUPAD) conform figurii 4.46. Se poate observa că pentru luna aprilie nu a existat o valoare precizată în baza de date înregistrată, aceasta fiind procesată cu ajutorul unei evoluții Spline.

Pentru a putea suprapune date de calitate corespunzătoare prelevărilor pentru unele dintre cele 14 colectoare principale spre Dunăre s-a folosit pentru reprezentarea debitului în sistemul 2-dimensional un factor $\alpha=0,3$. Suprapunând datele pentru

debit și nivelul de CBO_5 în mg/L corespunzător anului 2009 s-a obținut graficul din figura 4.47.

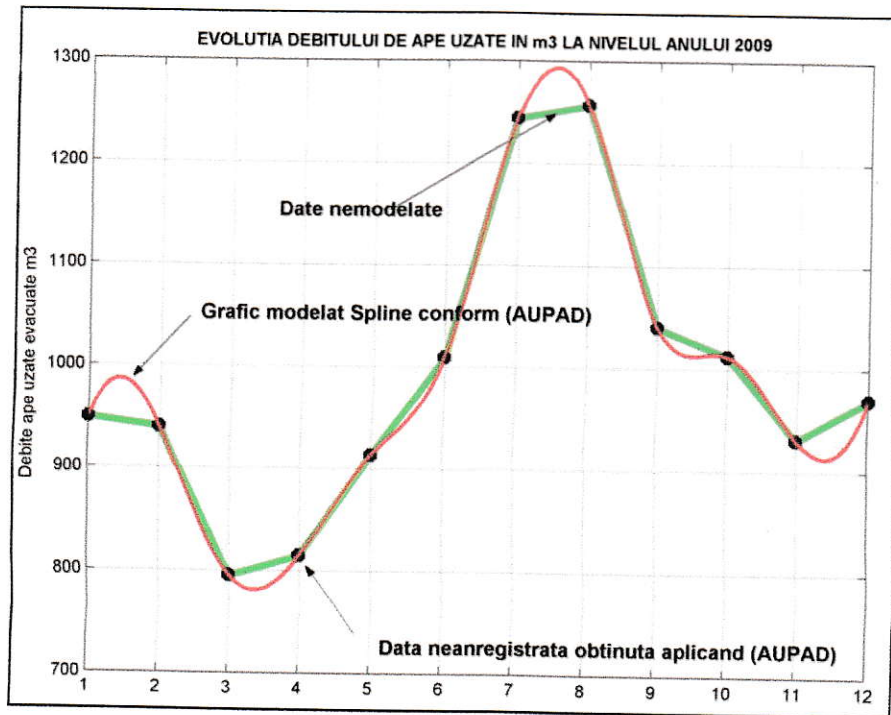


Figura 4.46 Debitul apelor uzate deversate la nivelul anului 2009, analiză AUPAD

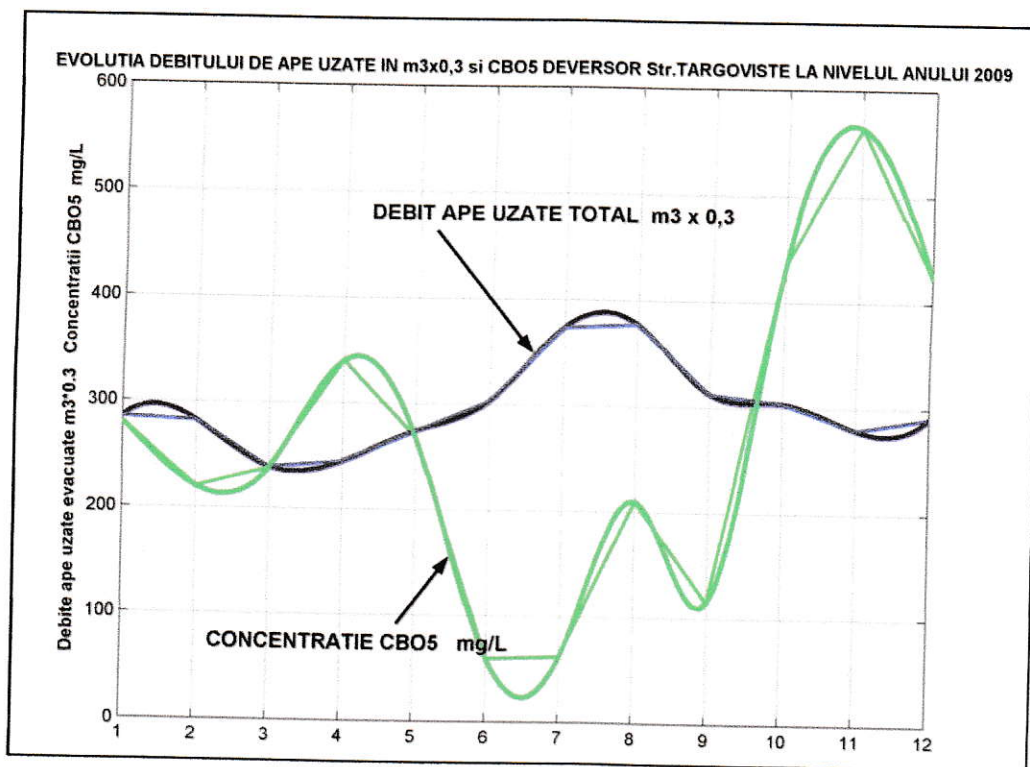


Figura 4.47 Analiză AUPAD a debitului deversărilor anuale și a indicatorului CBO_5 , la nivelul colectorului din dreptul străzii Târgoviște, în zona de nord a orașului.

Se poate observa o concordanță între monotonia celor două funcții de stare, în opoziție. Creșterea debitului implică scăderea CBO_5 și reciproc, la micșorarea debitului apar creșteri ale nivelului CBO_5 .

Analizele grafice realizate de obicei în cadrul laboratoarelor de analiză a apelor uzate sunt prezentate conform celor din fig. 4.48. Pe parcursul realizării studiului, metoda de analiză a datelor de tip AUPAD a fost prezentată și dezbătută cu specialiști în domeniu și a fost agreată ca metodologie de analiză a bazelor de date referitoare la apele uzate, procedeele putând realiza o radiografie a proceselor referitoare la parametrii apelor uzate, o amprentă temporală a acestui aspect.

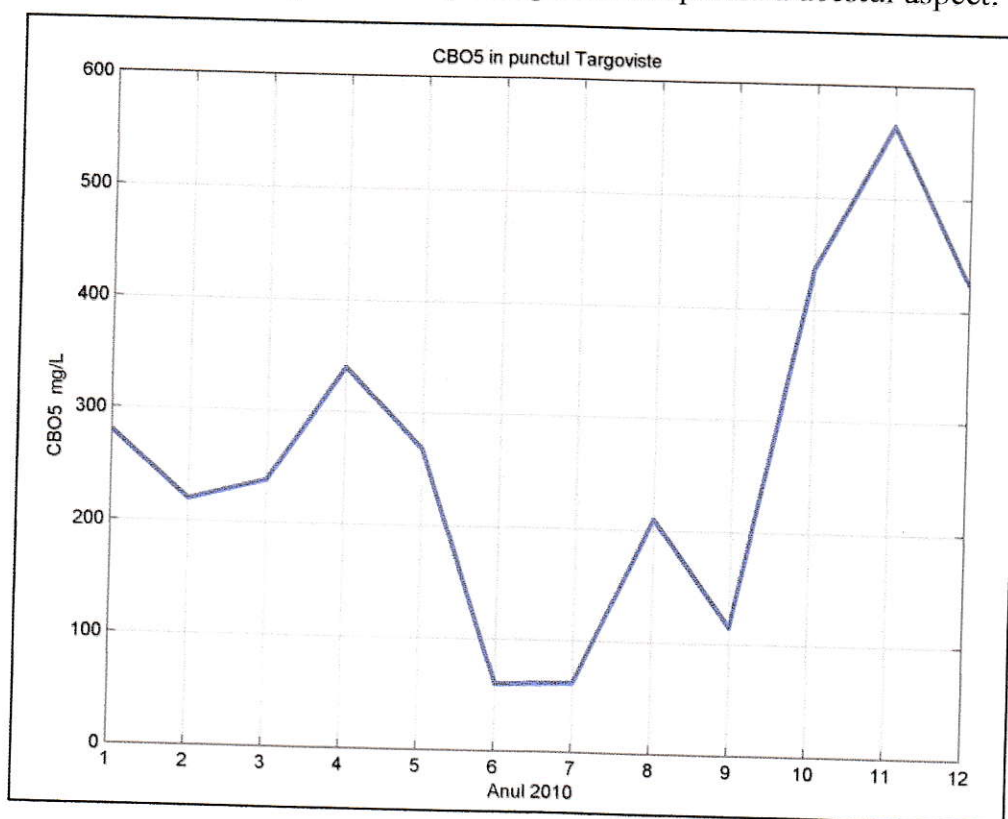


Figura: 4.48 Înregistrarea și prezentarea grafică actuală a nivelului CBO_5 în cadrul laboratoarelor specializate

Prin aplicarea complexului de algoritmi (AUPAD) se indică o nouă metodologie de lucru în analiza bazelor de date tipice apelor uzate, imaginile grafice realizând și evoluții mai puțin vizibile cum ar fi inerția creșterii sau descreșterii unei funcții de stare, (fig. 4.49), sau corelații considerând două puncte colectoare

diferite, (fig. 4.50) și observând anumite situații temporale în care coincid creșterile și respectiv descreșterile funcțiilor de stare.

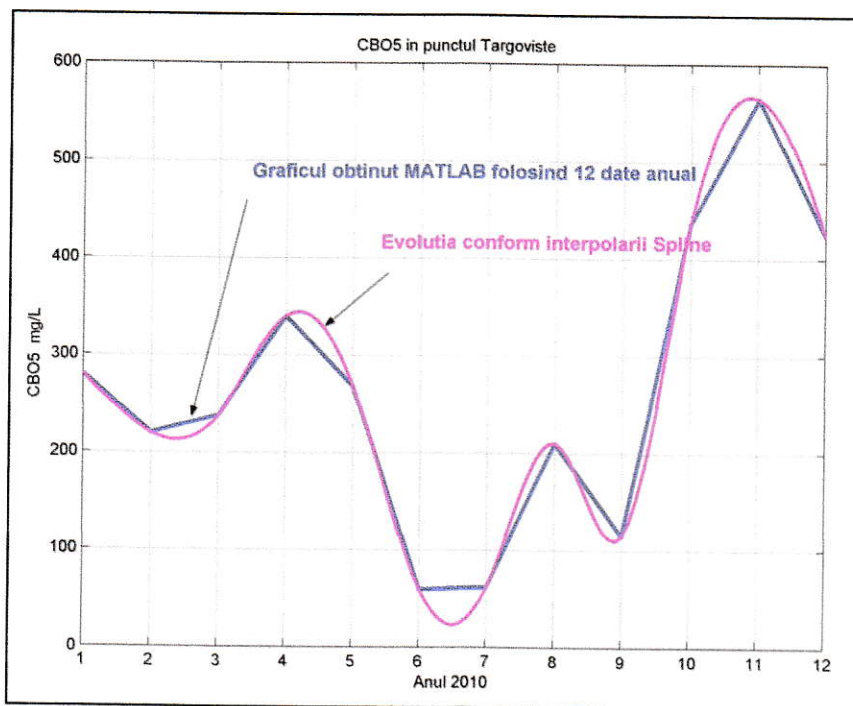


Figura 4.49 Inerția evoluției nivelului de CBO_5 considerând datele prelevate pentru colectorul str. Târgoviște, în partea de nord a orașului

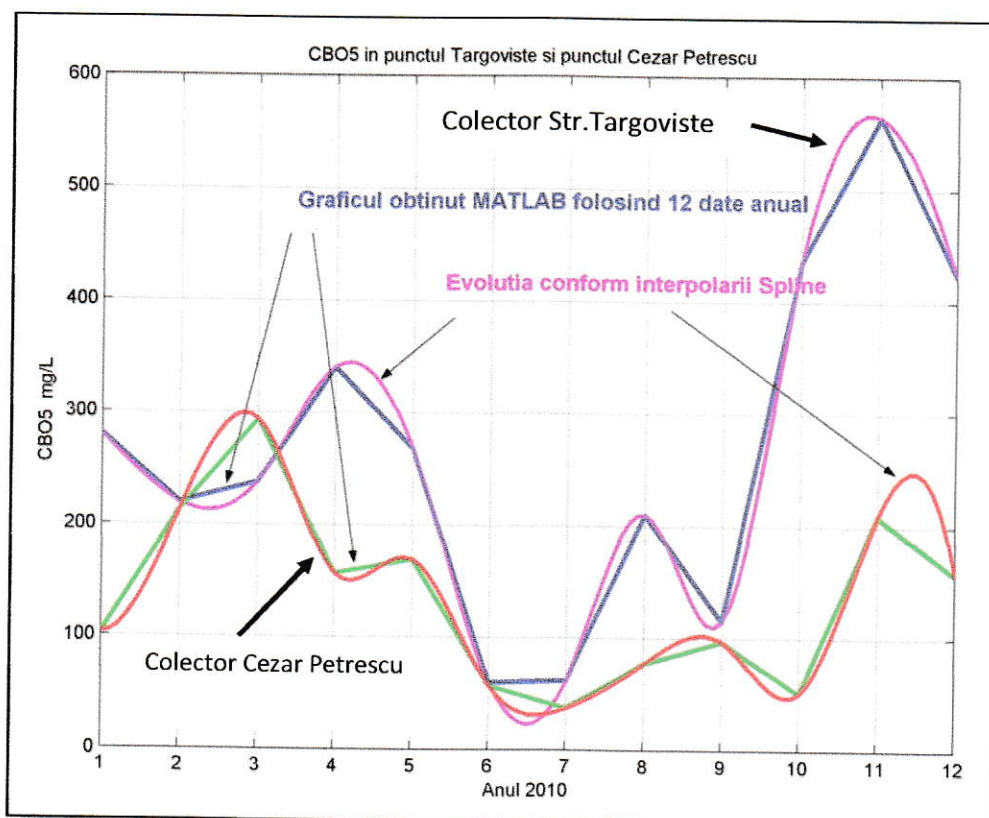


Figura 4.50 Aplicarea (AUPAD) și realizarea corelațiilor pentru două puncte colectoare corespunzătoare zonei de nord a orașului

Pentru construcția geometrică propusă pentru sistemul de conducte și considerarea traseelor posibile a apelor uzate pe conducte ce urmăresc bulevardele în semicerc și cele sub formă de raze, am considerat o analiză a nivelului de CBO₅ realizat la nivelul anului 2009. Analiza grafică ce finalizează aplicarea sistemului de analiză (AUPAD) asupra datelor, confirmă faptul că în zona de sud a orașului, zona joasă, se înregistrează nivele mai scăzute decât în nordul orașului, colectoarele corespunzătoare considerate fiind: C1- Str. Târgoviște; C2- Str. Cezar Petrescu; C2- Brăila Sud și respectiv C4- Stație de tratare Chiscani. Analiza se prezintă conform graficului din figura 4.51 și indică un grad de presiune poluant mai scăzut în sud.

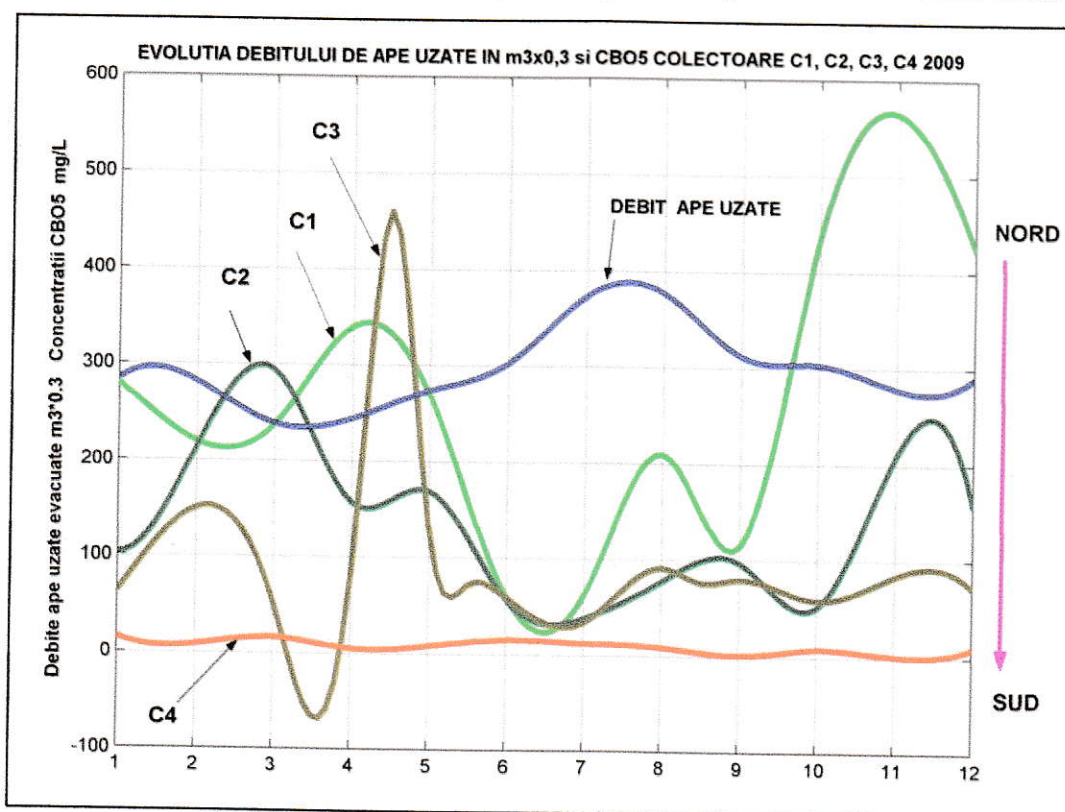


Figura 4.51 Corelația dintre nivelul de CBO₅, considerând patru colectoare importante dintre cele 14, de la nord la sud, în ordine: C1, C2, C3, C4

În cazul considerării analizei nivelului de CBO₅ pe date analizate în patru din cele 14 colectoare importante considerate pe diametrul semicercului topologiei orașului, se poate observa că odată cu deplasarea spre sud, deci spre zona joasă a orașului, nivelul scade, ceea ce demonstrează capacitatea de epurare a sistemului de drenaj mai mare în această zonă.

Având în vedere rezultatul acestor investigații, propunerea traseului de evacuare pe structura de tip pânză de paianjen, solicită direcționarea traseelor pe

4.7. CONCLUZII PRIVIND APLICAREA COMPLEXULUI DE ALGORITMI (AUPAD)

Realizarea unei scheme algoritmice (AUPAD) de investigare a istoricului bazei de date produce o imagine teoretică și aplicabilă practic în cazul studiului realizat în teză.

Datorită neexistenței unor reguli general valabile de prezentare a rezultatelor privind parametrii de calitate ai corpurilor de apă, s-a impus uniformizarea acestor date preluate din mai multe spații ale bazelor de date, proprii agențiilor de monitorizare, și aducerea acestora într-un format EXCEL, ce poate fi importat ușor în cadrul soft-urilor informatice folosite în teză.

Se impune, deci, găsirea și respectarea unui format general valabil pentru agențiile ce monitorizează calitatea apelor de suprafață și a apelor uzate deversate și anume formatul EXCEL.

Pe parcursul realizării cercetării baza de date a TNMN sub egida ICPDR a modificat modul de prezentare a bazei de date trecând de la imagini grafice la includerea datelor în formatul EXCEL pentru datele înmagazinate în baza de date.

Subsistemul cu impact asupra corpului de apă, ce include și sistemele de drenaj urban, trebuie analizat și structurat pe toate segmentele importante ale bazinului hidrografic al Dunării. Chiar dacă există o dinamică evidentă a transformărilor acestui subsistem, acesta trebuie inclus în platforma bazelor de date cu istoricul acestor modificări.

În urma aplicării algoritmului de analiză s-au observat necorelații evidente ale valorilor parametrilor, chiar dacă stațiile sunt relativ apropiate și chiar dacă trendul evoluției scoate în evidență viteza mică de curgere a Dunării în acest segment (fig. 4.5). Valorile minime/ maxime se află pe aceeași abscisă temporală, dar cu diferențe semnificative. Pentru oxigen dizolvat (OD), acestea depășesc uneori 3 mg/l.

Studiul a scos în evidență impactul vizibil al transformărilor atmosferice, al nivelului precipitațiilor asupra corpului de apă. Chiar dacă există o inerție a

observării efectelor imediate, aceste modificări sunt strâns legate, ca evoluție în timp de condițiile climatice.

S-au observat luni ale anului în care studiile teoretice anterioare scot în evidență valori scăzute ale oxigenului dizolvat (OD) (lunile de vară, uneori secetoase) și acestea au fost realizate vizibil în analizele grafice realizate. Și în acest caz există o inerție a efectelor foarte vizibilă în lunile septembrie și octombrie.

Evoluțiile sinusoidale au fost puse în evidență și se poate reține faptul că în perioadele în care aceste variații sunt mai intense (perioadă mai mică de un an), corpul de apă este supus factorilor poluanți prezenți în segmentul studiat.

Evoluția concentrației de oxigen dizolvat (OD), realizată ca imagine grafică (fig. 4.18), se suprapune integral peste imaginea grafică a presiunii atmosferice preluată din bazele de date via satelit.

Folosirea polinoamelor de tip Cebîșev realizează o imagine a evoluției parametrilor de calitate în interiorul segmentului temporal și mai puțin la capetele intervalului analizat în imaginile grafice ale funcțiilor de stare.

Datorită faptului că baza de date principală investigată a acoperit 15 ani, perioada 1992-2006, și că realizarea prezentului studiu s-a întins pe patru ani, a făcut posibilă suprapunerea previziunilor prin metoda SARIMA peste datele actuale, pe perioade de maxim patru ani, factorul de realizare a previziunilor depășind, adesea, un procent de 80%.

Considerarea consumului biochimic de oxigen CBO_5 , ca element principal în investigarea poluării cu substanțe organice, s-a impus și datorită faptului că în prezent, odată cu micșorarea nivelului unor activități industriale în zonă (industria chimică) și mărirea ponderii activității agricole, aceasta dă un aspect caracteristic segmentului de fluviu investigat.

În același timp, acest parametru poate rescrie istoricul comportării corpului de apă, ca un veritabil decantor natural în această parte a bazinului Dunării, înainte de Delta Dunării, spațiu natural protejat.

Se poate concluziona că schema algoritmică de analiză (AUPAD) este una eficientă și poate sta la baza tuturor investigațiilor de acest tip, privind nivelul calității corpurilor de apă.

CAPITOLUL 5 - CONCLUZII FINALE, DIRECȚII DE CERCETARE ULTERIOARE

În lucrare s-a construit o schemă algoritmică de analiză a seriilor temporale specifice parametrilor de calitate ai corpurilor de apă de suprafață. Schema algoritmică de analiză, uniformizare și prelucrare a bazelor de date (AUPAD), poate fi folosită pentru investigarea datelor de mediu și poate fi extinsă la o platformă informatică ce înglobează toate programele informatice folosite pentru dezvoltarea analizei asupra datelor de mediu.

Cu ocazia proiectării schemei algoritmice și considerând pașii descriși s-a considerat o bază de date încadrată istoric și s-au reconsiderat cauzele și interacțiunile factorilor ce influențează această evoluție a structurilor de date în timp.

Pentru fundamentarea teoretică a construcției (AUPAD) s-au enunțat definiții, s-au redat rezultate în cadrul unor propoziții susținute și demonstrate practic prin exemple multiple analizate, acestea încadrând schema de analiză matematică și grafică a bazei de date în contextul unor fenomene reale investigate, privind evoluția parametrilor de calitate ai apelor de suprafață și ai apelor uzate. Astfel, s-au introdus noțiuni noi precum seria temporală a unui parametru de calitate, spațiul observabil al seriilor de timp specifice unor parametri de calitate, funcția de stare a unui parametru de calitate.

Analiză bazelor de date privind parametrii de calitate a confirmat ipoteza de lucru enunțată cu privire la comportarea funcțiilor de stare ai parametrilor de calitate și anume, pentru toți parametrii de calitate ai corpurilor de apă, evoluția în timp a unui anumit parametru se comportă în realitate ca o funcție continuă și derivabilă de variabilă timp.

În urma analizelor detaliate și a algoritmicii prezentate și aplicate, s-au identificat trenduri ale evoluției parametrilor de calitate a apelor de suprafață și al apelor uzate deversate în fluviu, din activități domestice sau agro-industriale specifice perimetrului studiat.

Prin considerarea acestui perimetru geografic al Dunării de Jos și prin încadrarea sa ca un segment important înainte de Delta Dunării, prin analizarea

acestui din punct de vedere al încadrării în clasele de calitate spațial și temporal, s-a constituit un nou punct de vedere asupra acestei zone a bazinului Dunării, descriindu-se pentru prima dată evoluții temporale anuale sau lunare pe perioada mai multor ani, în afara unor clase de calitate acceptate ca nivel bun al calității apelor de suprafață din aria de studiu a tezei.

Astfel, în ceea ce privește conținutul de oxigen dizolvat din apele Dunării, pentru stația S3 s-au înregistrat valori sub 7 mg/L în anul 2006 pe toată perioada iulie-noiembrie iar în anul 2007 doar în perioada iulie-septembrie. Inerția descreșterii nivelului de oxigen dizolvat prezintă descreșteri de până la 4 mg/L la sfârșitul lunii august 2006.

Predicția realizată pentru anul 2008 considerând anii 2006-2007 ca bază a realizat valori în intervalul 7,5-12,5 mg/L care se suprapun grafic peste evoluția reală. Modelarea evoluției pentru același parametru pe baza datelor considerată în stația S2 a produs o evoluție a funcției de stare de tip polinom Cebîșev pe intervalul minim/maxim corespunzător valorilor 5-10 mg/L, cu cea mai mare variație de acest tip între limitele minim/maxim, de 5 mg/L în anul 2006, față de o variație de 1 mg/L, între 8 și 9 mg/L în anul 2005.

Folosind modelul funcțiilor spline pentru datele corespunzătoare stației S2, și considerând faptul că se observă valori sub 7 mg/L tot în perioada august-noiembrie 2006, ca și în cazul stației S2, se poate afirma ca evoluția este asemănătoare stației S3, cu precizarea că aici valorile minime pe panta inerțial descrescătoare ajung până la 3 mg/L.

Prin aplicarea (AUPAD) s-au realizat corelații mult mai vizibile între evoluția temperaturii și nivelului de oxigen dizolvat sau între temperatură și nivelul nutrienților din corpuri de apă de suprafață. Chiar dacă aceste aspecte ale monotoniei funcțiilor de stare sunt cunoscute, imaginile grafice realizate prezintă mult mai fidel aceste fenomene.

Ca rezultat important al aplicării (AUPAD) în cazul analizei corelației dintre debit și nivelul oxigenului dizolvat, se pot aminti imaginile grafice ale funcțiilor de stare în paragraful 4.2., referitor la rezultatele aplicării complexului de algoritmi pentru (OD). Corelația dintre debit și nivelul (OD) indică trenduri defazate cu

maxim trei luni dar momentele de minim sau maxim se succed cu aceeași intensitate, considerând perioada 1992-2006 în stațiile S1 și S4. Setul de analize asupra evoluției funcțiilor de stare pentru viteza vântului, imaginile grafice ale nebulozității atmosferice și a funcțiilor de stare ale parametrilor de calitate indică un defazaj constant între factorii climatici monotonia funcțiilor de stare ale parametrilor de calitate din grupa oxigenului dizolvat.

Evoluțiile periodice pentru funcțiile de stare ale debitului și comportarea parametrilor de calitate ai corpului de apă de suprafață, indică frecvențe semnificative pe perioade diferite, ce pot fi identificate ca reprezentând impactul unor factori poluanți din zona studiată. Analizele grafice au urmărit și descris atât evoluții anuale cât și evoluții corespunzătoare unei luni pe toată perioada celor 15 ani, identificându-se trenduri prin regresii liniare și implicit perioadele critice din punct de vedere al impactului factorilor poluanți din zona studiată.

S-a considerat și s-a reliefat influența perimetrului studiat ca un real decantor primar al factorilor poluanți, prezentându-se impactul din tot bazinul Dunării asupra segmentului investigat în teză, folosind aplicarea (AUPAD) asupra bazei de date reprezentând nivelul consumului biochimic de oxigen la cinci zile.

S-a considerat spațiul funcțiilor analitice ce descriu evoluția temporală a unor parametri de calitate din grupa oxigenului dizolvat (OD), emițându-se rezultate și construindu-se imaginea acestui spațiu de funcții, ca subspațiu al funcțiilor continue și derivabile.

S-a realizat o construcție la nivel practic al teoremei lui Weierstrass, al aproximării unei serii temporale prin șiruri de polinoame ce converg uniform la funcțiile analitice considerate, ca extensii ale seriilor temporale ale parametrilor de calitate din grupa oxigenului.

Prin aplicarea (AUPAD) s-a pus în evidență comportarea unor parametri de calitate într-un regim sinusoidal, cu perioade diferite, ceea ce a deschis calea unei analize a acestei comportări temporal sinusoidale și a posibilității explicării periodicității identificate în anumite segmente temporale pentru același parametru sau pentru interacțiunea unor parametri diferiți, rezultate importante fiind încadrate în paragraful 4.3. privind periodicitatea evoluției nivelului de oxigen dizolvat sau

pentru nivelul debitului fluviului Dunărea în paragraful 4.4. privitor la debit și scurgere solidă.

Aceste evoluții ale parametrilor de calitate au fost explicate ca fiind produse de factorii climatici și de evoluțiile acestora în zona studiată, aceasta fiind rezultatul unor analize asupra imaginilor grafice ale evoluțiilor noroase sau funcționale ale vitezei mișcărilor atmosferice sau influența altor factori climatici.

În cadrul tezei s-a construit o nouă metodologie de analiză a datelor de mediu, în speță ale datelor pentru parametrii de calitate ale apelor. Metodologia realizată și aplicată, în cazul concret al arealului studiat și al Dunării ca principal corp de apă de suprafață al zonei, a pus în evidență perioade temporale noi, neconsiderate în studii sau rapoarte de mediu ca fiind critice, sub clasa II de calitate, și după anul 2006. S-au corelat aceste evoluții cu observații asupra climei, precipitațiilor, mișcărilor atmosferice sau nivelul radiațiilor solare. Aceasta pune, practic, în evidență multitudinea factorilor ce trebuie considerați în cadrul analizei asupra evoluției unor factori de mediu și, mai ales, în cazul modelării comportării acestor factori.

Elementele de interpolare și extrapolare aplicate bazei de date, bază de date reelădită de autor acoperind date lipsă din istoricul unor baze de date, au scos în evidență necesitatea regândirii sistemului de monitorizare, analiză a datelor și previzionare a unor evoluții a factorilor de mediu.

Pe baza analizelor realizate (lunar, anual, pe segmente de timp ale acestei perioade investigate) s-a realizat imaginea unor evoluții ale unor specii chimice în mediul acvatizat, unele dintre aceste evoluții nefiind încă fundamentate în literatura de specialitate.

În urma construcției modelului teoretic de analiză (AUPAD) și aplicarea practică asupra datelor temporale, s-a realizat o regândire a sistemului de drenaj urban al orașului Brăila, o propunere de îmbunătățire a influenței zonelor umede aflate sub influența fluviului în zona considerată, reconsiderarea poziției unor lacuri ce au fost asanate pentru activități agricole și redarea acestora unui complex al zonelor de decantare primară.

Investigațiile realizate asupra parametrilor de calitate ai fluviului Dunărea pe perioada celor 15 ani, 1992-2006, cumulat cu datele ulterioare, în perioada 2007-2009, au arătat că segmentul studiat se comportă ca un decantor natural ce poate reține și controla impactul factorilor de poluare din bazinul Dunării de Jos. Considerând datele referitoare la consumul biochimic de oxigen, în paragraful 4.5. s-au reliefat aspecte privitoare la perioadele temporale în care nivelul CBO_5 este mai mare în zona stației S4 decât în zona stației de monitorizare S1, aceasta indicând perioadele în care în segmentul considerat se produc deversări mult mai intense ale apelor uzate cu un nivel de încărcare biochimică mult mai mare. Astfel de perioade se pot identifica analizând setul de imagini grafice ale funcționalelor de stare pentru nivelul CBO_5 din paragraful precizat. Periodicitatea identificată pentru diferența dintre ieșiri spre stația S4 și intrarea în dreptul stației S1, pulsația identificată, descrie perioade cu impact poluant semnificativ din aglomerările urbane Brăila-Galați.

Pentru a îmbunătăți calitatea apelor de suprafață ale fluviului, la intrarea în Delta Dunării, pe lângă un mai bun control al deversărilor urbane ale localităților importante din acest segment, se propune și reconsiderarea zonelor umede din acest areal.

Datorită debitului mare al Dunării în acest segment, o soluție poate fi realimentarea și reclădirea cel puțin a lacurilor mari din Insula Mare a Brăilei, desecate odată cu începerea folosirii acestei zone pentru agricultură.

Studiile au arătat că impactul acestei zone agricole asupra cantității de nutrienți prezente în apele Dunării a fost și este încă una semnificativă.

Considerând geometric structura străzilor principale ale orașului Brăila, în formă de semicerc, pânză de paianjen, sistemul de drenaj urban poate fi reconsiderat și reproiectat.

La momentul actual există 14 canale de deversare pe cursul Dunării în zona orașului Brăila, pentru apele uzate urbane.

Se propune folosirea unui sistem de drenaj ce poate păstra o perioadă mai lungă apele uzate urbane în conductele de deversare, cunoscând că apa uzată, în

contact cu depunerile de pe pereții acestor conducte, suportă un fenomen de autoepurare.

Investigarea, modelarea și simularea comportării sistemului de drenaj, pe baza calculului cu membrane precum și a proceselor ce au loc în mediul acvatizat va constitui un spațiu de dezvoltare a prezentei teze, considerând că aparatul matematic teoretic este dezvoltat încât să preia transpunerea și aplicarea acestui demers în cazul concret al studierii corpurilor de apă de suprafață și al apelor uzate.

Rezultatele obținute în urma proiectării și aplicării (AUPAD) deschid prin metodologia folosită o filă din istoricul comportării fluviului Dunărea pe segmentul important considerat și investigat. Se poate afirma vizualizând imaginile funcționale de stare realizate pentru parametrii de calitate din grupa oxigenului dizolvat ca, Dunărea respiră asemeni unei ființe vii. Punerea în evidență a unor factori ce influențează negativ acest proces și continuarea scrierii unei baze de date privind nivelul de calitate al apelor de suprafață conform algoritmicii propuse, poate contribui la acțiuni mult mai energice ce previn degradarea corpului de apă.

În ceea ce privește aplicarea aparatului matematic specific P-sistemelor și al aplicării acestuia în modelarea unor procese de mediu, lucrarea scoate în evidență complexitatea considerării mulțimii de factori ce influențează comportarea și evoluția în timp al unui sistem ecologic. Totuși, putem afirma că investigațiile asupra acestor factori, punerea la dispoziție a unei plaje de date mult mai bogată și uniformizată, poate fi considerat un demers important spre implementarea rezultatelor obținute în medii de calcul și programe informatice ce pot simula comportarea fenomenelor specifice corpurilor de apă după modelul matematic al P-sistemelor. Considerarea unor subsisteme ale domeniului investigat corespunde unor membrane ce conțin în structură elemente și specii chimice ale domeniului acvatizat, iar modul de evoluție în timp realizat în urma aplicării sistemului (AUPAD) poate defini regulile specifice subdomeniilor considerate, reguli ce descriu trecerea sistemului dintr-o stare în alta sau, modificarea structurii membranelor, elemente de bază în cadrul construcției matematice a P-sistemelor. Aceste rezultate constituie punctul de plecare spre dezvoltarea în continuare a cercetărilor în domeniu.

Lista figurilor

Nr. figurii	Conținutul figurii	Pag.
1.1	Încadrarea ariei de studiu la nivelul bazinului Dunării, pe teritoriul României	9
1.2	Arealul geografic studiat prezentat folosind o imagine Google	10
1.3	Imaginea arealului studiat și a stațiilor de monitorizare considerate, procesate cu ajutorul soft-ului GeoGebra	11
1.4	Calculul perimetrului arealului studiat și validarea scării cu distanțe cunoscute	12
1.5.a	Structurarea bazinului Dunării de către expediția JDS1 în nouă sectoare geomorfologice	15
1.5.b	Structurarea bazinului, detaliu pentru sectorul 8	16
1.6	Secțiunea tip 9, Eastern Wallachian Danube, km pe Dunăre 375,5 Chiciu/Silistra-100 Isaccea	16
1.7	Datele analizate și apărute în raportul JDS pentru oxigen dizolvat în care se observă intensitatea probelor pe segmentul studiat	29
2.1	Stațiile de monitorizare ale TNMN și respectiv ANM	32
2.2	Poziția stațiilor de monitorizare în bazinul Dunării	32
2.3	Construcția funcțiilor X_C pentru parametrul de calitate C	41
2.4	Seria \bar{X}_C pentru C=(OD), anul 2005, stația (S2), Gropeni, 12 date	42
2.5	Seriile \bar{X}_C , pentru C=(OD), anii 1996-2006, stația (1), Chiciu-Silistra, între 10 și 24 de date anual, suprapuse pentru vizualizarea norului de date	43
2.6	Norul de date și analiza vizuală a regresiei liniare respectiv a zonelor celor mai bogate în date	44
2.7	Analiza vizuală a spațiului observabil al datelor, (SO), cu patru subdomenii dense în valori	45
2.8	Spațiul observațiilor vizibile (SO) și șirul spațiilor previziunilor imediate $\{SO_i\}_{k=1,n}$	46
2.9	Considerarea funcțiilor de tip X_{CR}	48
2.10	(SO) pentru C=(OD) „Boulder Creek” pe data de 09.21.1987	49
2.11	Interpolarea datelor în (SO) cu ajutorul funcției cubice spline	50
2.12	Evoluția normei reziduale după gradul polinomului	56
2.13	Evoluția normei reziduale	57
2.14	Modelarea cu funcții spline cubice	58
2.15	Cele 24 de date pentru concentrația (OD) în stația S1, anul 2005, procesat cu ajutorul unui program MATLAB	59
2.16	Procesarea datelor pentru (OD) stația S1, anul 2005 cu soft-ul TC2D folosind 24 de date anual	59
2.17	Evoluția normei reziduale în cazul interpolării cu funcții polinomiale	64
2.18	Evoluția normei reziduale cu creșterea gradului polinomului	64
2.19	Evoluția care indică poliname de interpolare de grad mai mare decât 10	65
2.20	Polinomul de gradul 10 realizat cu TC2D	65
2.21	Evoluția parametrului OD în stația S3 interpolând datele Spline	66
2.22	Evoluția parametrului OD în stația S3 interpolând datele Spline și considerând derivata întâi	67
2.23	Evoluția parametrului OD în stația S3 interpolând datele Spline și considerând derivata a doua	67
2.24	Evoluția parametrului OD în stația S3 interpolând datele Spline dar eliminând zgomotului (date cu variații mari față de majoritatea datelor)	68
2.25	Evoluția parametrului OD în stația S3 pentru anii 2006-2007 și predicția realizată pentru anul 2008	68
2.26	Evoluția parametrului OD în stația S2 interpolând datele sinusoidal	69
2.27	Evoluția parametrului OD în stația S2 interpolând datele Spline	69
2.28	Evoluția parametrului OD în stația S2 interpolând datele Spline	70

Nr. figurii	Conținutul figurii	Pag.
2.29	Evoluția parametrului OD în stația S2 perioade cu evoluții sub clasa II de calitate	70
2.30	Evoluția parametrului OD în stația S2 și previzionare pentru doi ani având ca bază datele a patru ani	71
2.31	Evoluția parametrului OD în stația S2 interpolând datele Spline și eliminând zgomotul	71
3.1	Variația în perioada Ianuarie-Februarie a conținutului de (OD)	77
3.2	Funcția armonică și identificarea unor perioade critice	78
3.3	Stația Călărași (cu indicativul: STAID:221) <i>EU-FP6 project MILLENNIUM</i>	79
3.4	Analiza evoluțiilor în timp prin implementarea sau excluderea unor date din seria temporală	79
3.5	Interpolarea seriei temporal reprezentând datele pentru concentrația de (OD)	80
3.6	Detalierea evoluției parametrului (OD) folosind diferite discretizări ale intervalului temporal	81
3.7	Evoluția funcției de stare X_C în jurul unei date cunoscute pentru $C \equiv CBO_5$	82
3.8	Spațiul observabil al datelor (SO)	85
3.9	Spațiul observabil (SO) al analizelor de calitate, evoluția numărului de molecule din specii diferite în unitatea de volum	86
3.10	Subsistemul propus spre analiză ca parte a sistemului acvatizat	87
3.11	Diferența de CBO_5 analizand datele din stațiile S1 și S4	89
3.12	Distribuție Gauss pe date pentru (OD) în 15 ani pe stația S1	93
3.13	Sinusoida debitului ce pune în evidență o periodicitate cu perioada principală T de 5 ani	94
3.14	Diferența S4-S1 pe sinus square identifică o pulsație pentru CBO_5 reprezentând periodicitatea evoluției valorilor	94
3.15	Diferența dintre nivelul de (OD) pentru stațiile S1 și S4, utilizând o modelare a datelor cu softul TC2D și identificarea perioadelor critice în care nivelul în S4 este mai mare ca nivelul în S1	95
3.16	Previziuni debit cu model SARIMA	96
3.17	Evoluția concentrației de (OD) conform bazei de date în stația de monitorizare cu indicativul S1	98
4.1	Raportul de date în format EXCEL pentru parametri de calitate ai apelor Dunării, conform ANM Brăila	105
4.2	Modelarea datelor pentru (OD), interpolare Spline și regresie liniară	106
4.3	Corelații între date de calitate pentru mai mulți parametri de calitate C	106
4.4	Subsistemul ce prezintă interacțiunea dintre corpul de apă și sursele de apă din bazinul corpului de apă	108
4.5	Modelarea nivelului de (OD) prin funcții de tip X_{CR} , pentru perioada 2004-2007 pentru stațiile S2 și S3	112
4.6	Exemplificarea grafică a evoluției concentrației de oxigen dizolvat în cazul unui râu monitorizat folosind senzori electronici ce pot pune în evidență variații diurnale	114
4.7	Reprezentarea grafică a nivelului precipitațiilor conform bazei de date NOMAD	115
4.8	Distribuție relativ normală (mai puțin importantă dacă depășim 100 subiecți sau probe în cazul de față valori determinate pentru concentrația de oxigen dizolvat)	116
4.9	Distribuția valorilor pentru oxigen dizolvat în cazul considerării a 12 date într-o distribuție Weibull	116
4.10	Corelație între (OD) și Q folosind un factor de multiplicare 0,01 pentru Q și aducerea celor două funcții în spațiul observabil	118
4.11.1	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna ianuarie 2005	120
4.11.3	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna martie 2005	121
4.11.4	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna aprilie 2005	121
4.11.5	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna mai 2005	122

Nr. figurii	Conținutul figurii	Pag.
4.11.6	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna iunie 2005	122
4.11.7	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna iulie 2005	123
4.11.8	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna august 2005	123
4.11.9	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna septembrie 2005	124
4.11.10	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna octombrie 2005	124
4.11.11	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna noiembrie 2005	125
4.11.12	Corelații nebulozitate și viteza vântului la aceeași altitudine în luna decembrie 2005	125
4.12	Evoluția concentrației de oxigen dizolvat în mg/L pentru stațiile S1 și S4 în anul 2005	126
4.13	Descrierea site Example: dlvg32 software courtesy of the U.S. Geological Survey	126
4.15	Variația radiației solare pentru anul 2005 conform bazei de date NOMAD3, în arealul studiat definit geografic ca un dreptunghi ce încadrează arealul studiat în teză	127
4.16	Variația temperaturii pentru anul 2005 conform bazei de date NOMAD3, în arealul studiat definit geografic ca un dreptunghi ce încadrează arealul studiat în teză	127
4.17	Variația presiunii atmosferice pentru anul 2005 conform bazei de date NOMAD3, în arealul studiat definit geografic ca un dreptunghi ce încadrează arealul studiat în teză	128
4.18	Evoluția concentrației de oxigen dizolvat în mg/L, suprapunând pe același spațiu observabil SO datele anuale pentru toți cei 15 ani în stația S4, cu date prelucrate în MATLAB pe funcții X_C , aplicând (AUPAD)	129
4.19	Evoluția concentrației de oxigen dizolvat (OD) pentru stația S1 cu date realizând funcția de tip X_C folosind interpolarea Spline sub mediul MATLAB conform (AUPAD)	129
4.20	Evoluția oxigenului dizolvat în stația S1 procesat MATLAB, indicând valori min., max., mean., median., std., range., de respectiv: 2 mg/L; 15.2 mg/L; 8.562 mg/L; 8.45 mg/L; 1.827 mg/L și 13.2 mg/L	130
4.21	Evoluția Oxigenului Dizolvat, (OD), în stația S4 în perioada 1992-2006, procesată MATLAB, cu valorile min., max., mean., median., std., range., de respectiv: 5.12 mg/L; 14.45 mg/L; 8.903 mg/L; 8.528 mg/L; 1.823 și 9.33 mg/L	130
4.22	Periodicitatea identificată pentru evoluția oxigenului dizolvat pe perioada 1992-2006 pentru stația S1	131
4.23	Modelarea valorilor pentru oxigen dizolvat pe o perioadă de 15 ani pentru stația S1 cu ajutorul softului Table Curve 2D și funcționala de tip Sin Square.	131
4.24	Prelucrarea datelor pentru oxigen dizolvat înregistrate în perioada 1992-2006 în stația S1 prin funcții de tipul X_{CR} în care forma funcțională este funcție polinomială Cebîșev de ordin 20	132
4.25	Prelucrarea datelor pentru oxigen dizolvat prin funcții de tipul X_{CR} în care forma funcțională este funcție polinomială Cebîșev de ordin 20	132
4.26	Evoluția nivelului de (OD) modelată cu un polinom Cebîșev	133
4.27	Evoluția concentrației de oxigen dizolvat pentru stația S4, în perioada 1992-2006	141
4.28	Evoluția concentrației de oxigen dizolvat stația S1 1992 - 2006	149
4.28.1	Evoluția (OD) stația S1 - Subgrupa temporală 1992-1996	149
4.28.2	Evoluția (OD) stația S1 - Subgrupa temporală 1997-2001	150
4.28.3	Evoluția (OD) stația S1 - Subgrupa temporală 2002-2006	150
4.29	Evoluția concentrației de oxigen dizolvat stația S4	151
4.29.1	Evoluția (OD) stația S4 - Subgrupa temporală 1992-1996	151
4.29.2	Evoluția (OD) stația S4 - Subgrupa temporală 1997-2001	152
4.29.3	Evoluția (OD) stația S4 - Subgrupa temporală 2002-2006	152
4.30	Diferența dintre valorile înregistrate în stația S4 și stația S1, procesate cu ajutorul soft-ului Table Curve 2D	153
4.31	Investigarea diferenței „S4-S1” pentru oxigen dizolvat	153
4.32	Interpolarea valorilor pentru oxigen dizolvat corespunzătoare diferenței „S4-S1”	154
4.33	Evoluția debitului interpolată Spline cu o discretizare de 1:10 a variabilei timp.	158

Nr. figurii	Conținutul figurii	Pag.
	Regresia liniară înregistrează o pantă pozitivă de 4.5	
4.34	Sinteza valorilor min, max, med analizate pentru datele pe luni ale debitului	161
4.35	Modelarea datelor pentru debit cu ajutorul programului TC2D	162
4.36	Variația debitului interpolată Spline	162
4.37	Analiza datelor pentru debit în perioada 1992-2006 cu soft-ul TC2D	163
4.38	Grupa primilor 5 ani pentru debit	163
4.39	Evoluția sinusoidală a debitului cu perioadă de 5 ani	163
4.40	Modelarea evoluției debitului cu polinoam Cebîșev de ordin 20	164
4.41	Predicția variației debitului pe o perioadă de 5 ani, 2007-2011 folosind o simulare TC2D	164
4.42	Localizarea stațiilor S1 și S4 pe harta monitorizării trans-naționale a ICDPR	166
4.43	Structura străzilor orașului Brăila cu străzi principale în formă de arc de cerc și străzi principale sub formă de raze ce pornesc din centrul vechi al orașului	178
4.44	Structura în formă de pânză de paianjen a străzilor orașului Brăila schematizată cu ajutorul unui proiect GeoGebra	179
4.45	Colector Germani pe traseul bulevardului Dorobanților	180
4.46	Debitul apelor uzate deversate la nivelul anului 2009, analiză AUPAD	181
4.47	Analiză AUPAD a debitului deversărilor anuale și a indicatorului CBO ₅ , la nivelul colectorului din dreptul străzii Târgoviște, în zona de nord a orașului.	181
4.48	Înregistrarea și prezentarea grafică actuală a nivelului CBO ₅ în cadrul laboratoarelor specializate	182
4.49	Inerția evoluției nivelului de CBO ₅ considerând datele prelevate pentru colectorul str. Târgoviște, în partea de nord a orașului	183
4.50	Aplicarea (AUPAD) și realizarea corelațiilor pentru două puncte colectoare corespunzătoare zonei de nord a orașului	183
4.51	Corelația dintre nivelul de CBO ₅ considerând patru colectoare importante dintre cele 14, de la nord la sud, în ordine: C1, C2, C3, C4	184
4.52	Parcurgerea grafului sistemului de drenaj pentru obținerea traseului cel mai lung între punctul A considerat și punctul de evacuare B	185

Lista tabelelor

Nr. tabelului	Conținutul tabelului	Pagina
1.1	Coordonatele stațiilor de monitorizare considerate	11
2.1	Date geografice ale stațiilor de monitorizare	33
2.2	Concentrația de (OD) în mg/L, două probe lunar, anul 2005, stația S1	33
2.3	Seria temporală \bar{X}_C corespunzătoare stației de monitorizare S1, pentru anul 1996, conform sistemului TransNational Monitoring Network, (TNMN) pentru (OD)	37
2.4	Serie temporală \bar{X}_C pentru probe la interval de 4 ore pentru (OD)	38
2.5	Serie temporală \bar{X}_C pentru probe la interval de 4 ore pentru (T)	38
2.6.1	Regresie liniară:	51
2.6.2	Funcție polinomială de gradul 2	51
2.6.3	Funcția polinomială de gradul 3	52
2.6.4	Funcția polinomială de gradul 4	52
2.6.5	Funcția polinomială de gradul 5	52
2.6.6	Funcția polinomială de gradul 6	53
2.6.7	Funcția polinomială de gradul 7	53
2.6.8	Funcție polinomială de gradul 8	53 - 54
2.6.9	Funcția polinomială de gradul 9	54
2.6.10	Funcția polinomială de gradul 10	54
2.7	Sinteza funcțiilor polinomiale și evoluția normelor reziduale după gradul polinomului	55 - 56
2.8	Evoluția (OD) pentru anul 2005 în stația S1 lunar	58
2.9	Interpolarea datelor pentru oxigen dizolvat, anul 2005, stația S1	60 - 63
3.1	Evoluția conținutului de (OD) în mg/L în anul 1992 în stația S1, lunar.	76
3.2	Seria temporală a conținutului de (OD) procesată cu interpolare Spline	76
3.4	Evoluția valorilor extreme conform discretizării	82
4.1	Valori medii pe 5 ani în perioada 1991-2005 conforme cu cele prezentate pentru zona Bratislava, km 1868,75 pe fluviu	111
4.2	Evoluția oxigenului dizolvat	134
4.2.1	Evoluția oxigenului dizolvat anul 1992	134
4.2.2	Evoluția oxigenului dizolvat anul 1993	134
4.2.3	Evoluția oxigenului dizolvat anul 1994	135
4.2.4	Evoluția oxigenului dizolvat anul 1995	135
4.2.5	Evoluția oxigenului dizolvat anul 1996	135
4.2.6	Evoluția oxigenului dizolvat anul 1997	136
4.2.7	Evoluția oxigenului dizolvat anul 1998	136
4.2.8	Evoluția oxigenului dizolvat anul 1999	136
4.2.9	Evoluția oxigenului dizolvat anul 2000	137
4.2.10	Evoluția oxigenului dizolvat anul 2001	137
4.2.11	Evoluția oxigenului dizolvat anul 2002	137
4.2.12	Evoluția oxigenului dizolvat anul 2003	138
4.2.13	Evoluția oxigenului dizolvat anul 2004	138
4.2.14	Evoluția oxigenului dizolvat anul 2005	138
4.2.15	Evoluția oxigenului dizolvat anul 2006	139
4.3	Sinteza datelor pentru oxigen dizolvat în stația S1	139
4.4	Sinteza datelor pentru oxigen dizolvat în stația S4	139 - 140
4.5	Datele cumulate pentru stația S1, pe discretizări 1 sau respectiv 0.001	140
4.6.1	Regresii liniare pentru luna ianuarie	142
4.6.2	Regresii liniare pentru luna februarie	143
4.6.3	Regresii liniare pentru luna martie	143

Nr. tabelului	Conținutul tabelului	Pagina
4.6.4	Regresii liniare pentru luna aprilie	143
4.6.5	Regresii liniare pentru luna mai	144
4.6.6	Regresii liniare pentru luna iunie	144
4.6.7	Regresii liniare pentru luna iulie	144
4.6.8	Regresii liniare pentru luna august	145
4.6.9	Regresii liniare pentru luna septembrie	145
4.6.10	Regresii liniare pentru luna octombrie	145
4.6.11	Regresii liniare pentru luna noiembrie	146
4.6.12	Regresii liniare pentru luna decembrie	146
4.7	Sinteza datelor obținute prin regresii liniare analizând datele specifice fiecărei luni pe perioada de 15 ani, 1992-2006 în stația S1	146 - 147
4.8	Sinteza datelor obținute prin regresii liniare analizând datele specifice fiecărei luni pe perioada de 15 ani, 1992-2006 în stația S4	147
4.9	Sinteza pantelor pozitivă/negativă pentru cele 12 luni analizând perioada 1992-2006	147
4.10	Medii lunare ale debitelor Dunării în zona Brăila, Dunărea de Jos, conform datelor ANAR în m ³ /s.	157
4.11	Evoluția debitului în analize ale datelor lunar	159 - 161
4.12	Valorile concentrației de oxigen dizolvat, bază de date uniformizat	165
4.13	Valorile oxigenului dizolvat în stația S4, bază de date uniformizată	166
4.14	Legenda tabelelor 4.14.1-4.14.15 pentru analiza CBO ₅	166
4.14.1	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 1992	167
4.14.2	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 1993	167
4.14.3	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 1994	167
4.14.4	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 1995	168
4.14.5	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 1996	168
4.14.6	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 1997	168
4.14.7	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 1998	169
4.14.8	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 1999	169
4.14.9	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 2000	169
4.14.10	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 2001	170
4.14.11	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 2002	170
4.14.12	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 2003	170
4.14.13	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 2004	171
4.14.14	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 2005	171
4.14.15	Regresii liniare pentru nivelul CBO ₅ anul 2006	171
4.15	Sinteza datelor referitoare la regresii liniare pentru stația S1	172
4.16	Sinteza datelor referitoare la regresii liniare pentru stația S4	172
4.17	Suprapunerea datelor pentru stațiile S1 și S4 pentru CBO ₅	173 - 175

BIBLIOGRAFIE

- [1] DIACONU, C. [et al.]. *Zona de vărsare a Dunării-Monografie hidrologică*. București: Editura Tehnică, 1963
- [2] BEISWAS, K. *Water Resources-Environmental Planing, Management, and Development*. New York: Editura McGraw-Hill, 1996
- [3] DOBRA, A. [et al.]. *Plan de management al bazinului hidrografic Dunărea* [online]. [citat iulie 2010]. disponibil la URL: <http://www.mmediu.ro>
- [4] CANCIU. C. *Valea Dunării între Brăila și Pătlăgeanca*: [rezumat teză doctorat]. Iași: Editura Heliade, 2008
- [5] *Chimia ecologică*. DUCA GH.; SKURLATOV IU.; MISITI A.; MACOVEANU M.; SURPĂȚEANU M. Chișinău: CE USM, 2003
- [6] BURLACU, G. *Studii de ecologie și protecția mediului*. București: Editura Paideia, 2010
- [7] POPESCU, Maria; POPESCU, Miron. *Ecologie aplicată*. București: Editura Matrix Rom, 2000
- [8] ROBESCU, Diana; LANYI, Szabolcs; VERESTOY, Attila; ROBESCU, Dan. *Modelarea și simularea proceselor de epurare*. București: Editura Tehnică, 2004
- [9] RUSSELL, L. David. *Practical Wastewater Treatment*. New Jersey: Editura John Wiley & Soons, Inc. Hoboken, 2006
- [10] SHUN, Dar Lin. *Water and Wastewater Calculation Manual*. New York: Editura The McGraw-Hill Companies, 2007
- [11] COLOJOARĂ, Alexandra. *Serii de timp*. București: Editura Universității din București, 2007
- [12] POPOVICI, I. Constantin. *Analiză numerică cu MATLAB*. Iași: Casa de editură Venus, 2007
- [13] TRÎMBIȚAȘ, Radu Tiberiu. *Analiză numerică - O introducere bazată pe MATLAB*. Cluj-Napoca: Editura Presa Universitară Clujeană, 2005
- [14] DOBRA, A. [et al.]. *Planurile de Management ale Bazinelor Hidrografice-Raport National 2004 - România*. [online]. [citat iulie 2004]. disponibil la URL: <http://www.mmediu.ro>
- [15] BEISWAS K. *Water Resources-Environmental Planing, Management, and Development*. New York:Editura McGraw-Hill, 1996
- [16] NAVAL I.K.; RYBAKIN B.P.; CEBAN V.G. *Modelarea matematică a proceselor ecologice*. Chișinău: Editura EVRIKA, 1998

- [17] MURARU, Carmen-Violeta. *MATLAB Ghid de studiu*. Bacău: Editura EduSoft, 2006
- [18] NISTREANU, Viorica. *Procese unitare pentru tratarea apelor*. București: Editura AGIR, 2000
- [19] NISTREANU, Valeriu ; NISTREANU, Viorica. *Amenajarea resurselor de apă și impactul asupra mediului*. București: Editura BREN, 1999
- [20] SÎRBU, Ioan. *Modelarea proceselor ecologice: note de curs*. Sibiu: Editura Universității Lucian Blaga Sibiu, 2009
- [21] LIM, Seong – Rin; SUH, Songwon; KIM, Jund – Hoon; PARK, Hung Suck. *Urban water infrastructure optimization to reduce environmental impact and costs*. În: *Journal of Environmental Management*, 2009
- [22] CHO, Jae Heon; SUNG, Ki Seok; HA, Sung Ryong. *A river water predicty management model for optimising regional water treatment using a genetic algoritm*. În: *Journal of Environmental Management*, nr. 73, 2004
- [23] ZHAO, J. [et al]. *Study on the holistic model for work resources system*. În: *Science in China Ser. R. Engineering & Materials Science*, Vol.47, Supp. I, 2004
- [24] WIBERG, David Arthur; STRZEPEK, Kenneth Marc. *Development of Regional Economic Supply Curves for Surface Water Resources and Climate Change Assessments: A Case Study of China*. Viena: Editura Ramaprint,
- [25] ANH, Lan N. T. [et al]. *Development of a holistic approach to river modelling in the Bradford catachment (UK)*. În: *Proceedings to The 7th International Conference on Hydroscience and Engineering, (ICHE – 2006), Philadelphia, USA*
- [26] KÜBECK, C. [et al]. *Model Based Raw Water Quality Management – Manganese Mobilization Induced By Bank Filtration*. În: *Clean – journal*, nr. 37, 2009
- [27] BROWER, R. [et al]. *Integrated hydro-economic modeling: Aproaches, key issues and future research directions*. În: *Ecological Economics – Elsevile*, Vol.66, No.1, 2008
- [28] THIELEN J. *Monthly-, medium-, and short-range flood warning: testing the limits of predictability*. În: *Melerol Appl.*, nr.16: Wiley InterScience, 2009
- [29] KOMATSU, Hikoru; KUME, Tomonori; OTSUKI, Kyoichi. *Water resource management in Japan: Forest management or dam reservoirs*. În: *Journal of Environmental Management*, nr. 91, 2010
- [30] PĂLTINEANU Gavriil; MATEI, Pavel; TRANDAFIR, Romica. *Analiză numerică: note de curs*. București: Editura Universității Tehnice de Construcții București,
- [31] DANGELMAYR, Gerhard; KIRBY, Michael. *Mathematical Modeling – A Comprehensive Introduction*. Fort Collins: Editura Prentice Hall, 2005

- [32] JAKOCEV-TEODOROVIĆ, Dunja; PAUNOVIĆ, M.; STAJANOVIĆ, Bojana; SIMIC, V.; DJIKANOVIĆ, Vesna; VELJKOVIĆ, Ana. *Observation of the quality of the Danube water in the Belgrade region based on benthic animals during periods of high and low water conditions in 2002*. În: Arch. Biol. Sci., 2005
- [33] CIUREA, Aurel; CARTAȘ, Viorel Laurențiu; STANCIU, Constantin; POPESCU, Maria. *Managementul mediului*. București: Editura Didactică și Pedagogică, Vol.1, Vol.2, Pp. 60-64, 2005
- [34] SOARE, Ionica. *Spațiul dunărean fluvio-maritim. Studiu de geografie umană și economică*. Galați: Editura N'ERGO, Pp. 16-26, 2004
- [35] FLOREA, Traian; CÎRÎC, Geta; GHEORGHITĂ, Ionel. *Lucrările Sesiunii de Comunicări ale Universității „Aurel Vlaicu” din Arad, Ediția a IV-a, 30-31.10.1997, Vol. IV, protecția mediului*. Arad, 1997
- [36] LIŠKA, Igor; WAGNER, Franz; SLOBODNÍK, Jaroslav. *Final Raport of JDS2*. Vienna: International Centre, ICPDR 2008
- [37] DIACONU, C. [et al]. *Zona de vărsare a Dunării: monografie hidrologică*. București: Editura Tehnică, 1963
- [38] CANCIU, C. *Valea Dunării între Brăila și Pătlăgeanca*: [rezumat teză de doctorat]. Iași: Editura Heliade, 2008
- [39] LITERATHY, Peter [et al]. *Final Raport of Joint Danube Survey* [online]. [citat 2002]. disponibil la URL: <http://www.icdpr.org>
- [40] SCHMEDTJE, Ursula. *The 2-nd Raport of ICPDR*, Doc. IC/84. Vienna, Austria, 2005
- [41] ANTOHE, Valerian; STANCIU, C. *Modeling and simulation of quality indicators of surface waters*. În: Environmental Engineering and Management Journal. Vol.8, No.6, 2009
- [42] TANK, Klein [et al]. *Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment*. Int. J. of Climatol., 22, 1441-1453 [online]. [citat 2002]. disponibil la URL: <http://eca.knmi.nl>
- [43] ZESSNER, M.; FENZ, R.; KROISS, H. *Wastewater management in the Danube Basin*. În: Water Science and Technology. Vol. 38, No.11, 1998, pp 41-49
- [44] PEKÁROVÁ, Pavla; ONDERKO, Milan; PEKÁR, Ján; RONCÁK, Peter; MIKÁNEK, Pavlov. *Prediction of Water Quality in the Danube River Under Extreme Hydrological and Temperature Condition*. În: Journal Hydrolog Hydromech. nr. 57, 2009
- [45] SHANAHAN, P; Henze, KONCSS, M.L.; Rouch, W.; REICHERD, P; SOMLYODY, L.; WANROLEGHEM, P. *River Water Quality Modelling: II. Problems of the Art*.

Presented at the IAWQ Biennial International Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, 1998

- [46] ANTOHE, Valerian; STANCIU, Constantin. *Mathematical modelling methodology for quality parameters of surface waters bodies*. În: Journal of Engineering Studies and Research. Vol. 17, Nr. 2, 2011
- [47] CONSTANTINESCU, Teodor, Lucian; National Administration "Romanian Waters", Bucharest, Romania; *Water quality of the Danube river and his impact on the Danube Delta and Black Sea*. River symposium Environmental Flows Conference, Brisbane, Australia, 2007
- [48] GANOULIS, Jacques. *Risk Analysis of Water Pollution*. Second Revised and Expanded Edition. Hoboken: Editura WILEY – VCH Verlag GmbH & Co, KGaA, 2009
- [49] DUNEA, Daniel; MOISE, Virgil. *Automated monitoring potential for water quality assessments in the Galati sector of Danube River*. Conference the Danube and Europe: Integrate Space Applications in the Danube Basin, Mamaia, Romania, 2004
- [50] ILKOVA T.; PETROV, M.; ATANASIVO, M.; ROUSSEAU, D. *An Analysis and Assessment of Models for Characteristic of River Ecosystem Pollution*. Biotechnology & Biotechnological Equipment. nr. 20, 2006, p. 84
- [51] REICHERT, Peter [et al]. *River Water Quality Model No. 1 by IWA Task Group and River Water Quality Modelling*. În: Scientific and Technical Report. nr. 12, 2001
- [52] VAN GILS, Jos; BENDOW, Joachim. *The Danube Water Quality Model and its role in the Danube River Basin Pollution Reduction Programme* [online]. [citat 1999]. disponibil la URL: <http://www.icdpr.org>
- [53] MORAN, Susan M.; PETERS, Debra P. C.; McCLARAN, Mitchel P.; NICHOLS, Mary H.; ADAMS, Mary B. *Long – term data collection at USDA experimental site for studies of ecohydrology*. În: Ecohydrology. nr. 1, 2008
- [54] NISTORESCU, Marius; DOBA, Alexandra [et al]. *Raportul de mediu pentru Evaluarea Strategică de Mediu a Planului Național de Management aferent porțiunii naționale a Bazinului Internațional al Fluviului Dunărea* [online]. [citat 2010]. disponibil la URL: <http://www.epcmediu.ro>
- [55] Rapoarte de mediu privind gospodărirea apelor și calitatea apelor. Ministerul Mediului și Pădurilor, [online]. [citat 2008]. disponibil la URL: <http://www.mmediu.ro>
- [56] TEODOROF, Liliana; DAVID, Cristina; TUDOR, Dana; NĂSTASE, Cristina. *Surface water quality indicators of Danube Delta lakes between 2003 – 2005*. În: Scientific Annals of the Danube Delta Institute, Tulcea, Romania, vol. 13, 2007, p. 145

- [57] Normativ nr. 161/2006, privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă În: Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 511/13.06.2006
- [58] SOARE, I.; ANTOHE, C.; *Modeling the geographical studies with GeoGebra software*. În: Annals. Computer Science Series, Computers and Applied Computer Science Faculty, "Tibiscus" University of Timișoara, Vol.8, Fasc. 1, 2010
- [59] HAIDU, Ionel. *Analiza seriilor de timp, aplicații în hidrologie*. București: Editura *H*G*A*, 1997
- [60] LAN ANH, N. T.; BOXALT, J. B.; SAUL, A. J.; WILLEMS, P. *Development of a holistic approach to river modelling in the Bradford Catchment (UK)*. Proceedings of the 7th International Conference on Hidrosience and Engineering (ICHE – 2006). Philadelphia, 2006
- [61] IM, Hae – Kyung; RATHONZ, Paul J.; FREDERICK, John E. *Space – time modeling of 20 years of daily air temperature in the Chicago metropolitan region*. În: Environmetrics, Wiley InterScience, 2008
- [62] SCHAFFER, Joseph L.; GRAHAM, John W. *Missing Data: Our View of the State of Art*. În: Psychological Methods. vol. 7, nr. 2, 2002, p. 147
- [63] TWALA, Bhekisipho; CARTWRIGHT, Michelle; SHEPPERD, Martin. *Ensemble of Missing Data Techniques to Improve Software Prediction Accuracy*. În: ICSE'06, 2006
- [64] MARTON, Richard.; KANG, Emily L.; L'HENDERSON, Brent. *Smoothing splines for trend estimation and prediction in time series*. În: Environmetrics 2008, published online in Wiley InterScience, DOI: 10.102/env.925
- [65] QUINN, N.W.T.; JACOBS, Karl; CHEN, Carl W.; STRINGFELLOW, William T. *Elements of a decision support system for real-time management of dissolved oxygen in the San Joaquin River deep water ship channel*. Lawrence Berkley National Laboratory, 2004
- [66] CHEN, C. W. *Proposal for a 2-D version of the Systech Stockton Dissolved Oxygen model*. Sankamon: Editura Systech Engineering Inc., 2002
- [67] MAXIM, Cristina; ANTOHE, Valerian; COJOCARU, Dumitru. *Study concerning the mathematical simulation and the interpolation of quality indicators of Suceava River*. În: Analele Științifice ale Universității „Alexandru Ioan Cuza”, Secțiunea Genetică și Biologie Moleculară, vol. XI, 2010
- [68] INGLEZAKIS V.J. *The Physical Significance of Simplified Models in Engineering*. Romanian Technical Scientist Academy, 2, MOCM 13, 2007

- [69] PĂUN, George. *DNA Computing, Membrane Computing as a Modeling Framework. Cellular Systems Case Studies*. Lecture Notes, În: Computer Science, Vol. 3384, 2005
- [70] GHEORGHE, Brezeanu. *Dunărea transformată: impactul construcțiilor hidrotehnice asupra ecologiei fluviului. O singură Dunăre*. Brăila: Editura Istros, 1999
- [71] DRĂGUȘANU [et al]. *Zona de vărsare a Dunării*. București: Editura Academiei Române, 1960
- [72] BODNAR, C. *Hidrologia – un studiu de caz al Deltei Dunării*. În: Analele Științifice ale Institutului Delta Dunării,
- [73] STANCIU, Constantin; ANTOHE, Valerian; ROADEVIN, Nicoleta; CANTEMIR, Gheorghe; CIUREA, Aurel. *Shaping and Simulating the Quality Characteristics of Surface Waters with the Help of Spline Functions*. În: Analele Academiei Oamenilor de Știință din România. Bucuresti: Editura Academia Oamenilor de Stiinta din Romania, vol 2, nr.1, 2010
- [74] ANTOHE, Valerian; STANCIU, Constantin. *Mathematical modelling methodology for quality parameters of surface waters bodies*. În: Journal of Engineering Studies and Research, Year: 2011 vol. 17, nr. 2, 2011
- [75] ANTOHE, Valerian. *Limits of Educational Soft “GeoGebra” in a Critical Constructive Review*. În: Annals. Computer Science Series, Computers and Applied Computer Science Faculty, "Tibiscus" University of Timișoara, 2010
- [76] IVANOV, Sergiu. *Modelare și simulare – sisteme electromecanice și procese de mediu*. Craiova: Editura Universitaria, 2007
- [77] BURK, A.R. [et al]. *Progress in Aquatic Ecosystems Research*. New York: Editura Nova Science Publishers, Inc., 2005
- [78] WESTRICH, Bernhard; FÖRSTNER, Ulrich. *Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers, An Interdisciplinary Approach*. Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 2007
- [79] FRID, Chris; DOBSON, Mike. *Ecology of Aquatic Management*. În: Prentice Hall, Pearson Education Asia Pte. Ltd., 2002
- [80] HASSAN, John; NUNN, Paul; TOMKINS, Judith; FRASER, Iain. *The European Water Environment in a Period of Transformation*. Manchester: Editura Manchester University Press, 1996
- [81] POKRAJAC, Dubravka; HOWARD, Ken. *Advanced Simulation and Modelling for Urban Groundwater Management – UGROW, Vol.7*. Paris:Editura UNESCO Publishing, CRC Press, 2010
- [82] WINTER, Cristian; HEIN, Thomas; KAVKA, Gerhard; MACH, Robert L.; FARNLEITNER, Andreas H. *Longitudinal Changes in the Bacterial Community*

- Composition of the Danube River: a Whole-River Approach.* În: Applied and Environmental Microbiology Journall, vol.73, nr.2, 2007
- [83] MANIVANAN, R. *Water Quality Modeling. Rivers, Streams and Estuaries.* New Delhi: Editura New India Publishing Agency, 2008
- [84] VALERIAN, Antohe; STANCIU, Constantin. *Model of surface water quality.* Proceedings of the Eleventh International Conference on Membrane Computing CMC11. Jena: Berlin, Editura Pro Bussines, August 2010
- [85] STANCIU, Constantin; ANTOHE, Valerian; ROADEVIN, Nicoleta; *Research on the Sources of Pollution of the Danube River in Braila County.* În: Analele Academiei Oamenilor de Știință din România. Bucuresti: Editura Academia Oamenilor de Stiinta din Romania, vol 2, nr.1, 2010
- [86] VALERIAN, Antohe; STANCIU, Constantin. *Modelarea matematică în protecția mediului.* Proceedings : Editia a V-a „Materiale si procese inovative”, Facultatea de inginerie chimică și protecția mediului, Iasi, 19-21 noiembrie 2008
- [87] NEDEFF, Valentin; RAVEICA, Ianul, Crinel; *Procedee și tehnici de protecția mediului în agricultură și industria alimentară.* Editura Tehnică, Chișinău, 1998
- [88] MĂCĂRESCU, Bogdan; NEDEFF, Valentin; GEAMĂN, Virgil; *Ingineria și protecția mediului în industrie.* Editura Tehnică, Chișinău, 2003
- [89] HG nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descarcare în mediul acvatic a apelor uzate; NTPA-011 - Norme tehnice privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești; (Anexa 1) NTPA-002/2002, Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate din rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare; NTPA-001/ 2002 privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali, modificată și completată prin HG nr. 352/2005; M. Of. nr. 187/20.03.2002
- [90] HG nr. 351/2005 privind aprobarea Programului de eliminare treptată a evacuarilor, emisiilor și pierderilor de substanțe prioritar periculoase, M. Of. nr. 42S/2U.U5.2005
- [91] HG nr. 352/2005 privind modificarea și completarea HG nr.18 8/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descarcare în mediul acvatic a apelor uzate; M. Of. nr. 398/11.05.2005
- [92] Legea nr. 14/1995 pentru ratificarea Convenției privind cooperarea pentru protecția și utilizarea durabilă a fluviului Dunarea (Convenția pentru protecția fluviului Dunarea) semnată la Sofia la 29 iunie 1994; M. Of. nr. 41/27.02.1995
- [93] Legea nr. 30/1995 pentru ratificarea Convenției privind protecția și utilizarea cursurilor de apă transfrontaliere și a lacurilor intemaționale încheiată la Helsinki la 17 martie 1992; M. Of. nr. 81/03.05.1995

Lista lucrărilor proprii comunicate și publicate

- ANTOHE, Valerian; STANCIU, Constantin;**
MODELING AND SIMULATION OF QUALITY INDICATORS OF SURFACE WATER
ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT JOURNAL, 8 (6), pp. 1421-1427, 2009
- ANTOHE, Valerian; STANCIU, Constantin;**
Mathematical Models in Danube Water Quality
Annals. Computer Science Series, Computers and Applied Computer Science Faculty, "Tibiscus" University of Timișoara
- ANTOHE, Valerian;**
Limits of Educational Soft "GeoGebra" in a Critical Constructive Review
Annals. Computer Science Series, Computers and Applied Computer Science Faculty, "Tibiscus" University of Timișoara
- ANTOHE, Valerian;**
From "Nolite turbare circulos meos!" to "Don't delete my folder"
Annals. Computer Science Series, Computers and Applied Computer Science Faculty, "Tibiscus" University of Timișoara
- MAXIM, Cristina; ANTOHE, Valerian; COJOCARU, Dumitru;**
Study concerning the mathematical simulation and the interpretation of quality indicators of Suceava River,
Analele științifice ale Universității "Alexandru Ioan Cuza" din Iași, Secțiunea II a. Genetică și Biologie Moleculară, 2010, Tom XI, fasc. 4
- ANTOHE, Valerian; STANCIU, Constantin;**
Mathematical modelling methodology for quality parameters of surface waters bodies
Journal: Journal of Engineering Studies and Research
Year: 2011 Vol: 17 Issue: 2
- STANCIU, Constantin; ANTOHE, Valerian; ROADEVIN, Nicoleta; CANTEMIR, Gheorghe; CIUREA, Aurel;**
Shaping and Simulating the Quality Characteristics of Surface Waters with the Help of Spline Functions
Academy of Romanian Scientist, ANNALS – Series on Engineering Sciences, Vol 2 No.1 2010, Editura Academia Oamenilor de Stiinta din Romania, Bucuresti 2010

- STANCIU, Constantin; **ANTOHE, Valerian;**
ROADEVIN, Nicoleta;
- Research on the Sources of Pollution of the Danube River in Braila County**
Academy of Romanian Scientist, ANNALS – Series on Engineering Sciences, Vol 2 No.1 2010, Editura Academia Oamenilor de Stiinta din Romania, Bucuresti 2010
- ANTOHE, Valerian;** STANCIU, Constantin; ROADEVIN, Nicoleta;
- MODELAREA MATEMATICA ÎN PROTECTIA MEDIULUI**
Proceedings International Conference ZILELE FACULTATII DE INGINERIE CHIMICA SI PROTECTIA MEDIULUI, Editia a V-a „Materiale si procese inovative” Iasi, 19-21 noiembrie 2008
- ANTOHE, Valerian;** STANCIU, Constantin;
- Model of surface water quality;** Proceedings of the “Eleventh International Conference on Membrane Computing”, 2009, Jena, Germania, 2009
- ANTOHE, Valerian;**
- GeoGebra in the context of the IT Surrounding Environment**
GeoGebra: The New Language for the Third Millennium, Vol1, Nr.1 Jurnalul Internațional „GeoGebra The New Language For The Third Millennium” – Editura Zigotto, Galați, România
- ANTOHE, Valerian;**
- Inertia between classic and modern spirit seen by GeoGebra**
GeoGebra: The New Language for the Third Millennium, Vol1, Nr2, Jurnalul Internațional „GeoGebra The New Language For The Third Millennium” – Editura Zigotto, Galați, România
- ANTOHE, Valerian;**
- New methods of teaching and learning mathematics involved by GeoGebra**
Proceedings of the Third International Conference on Inovation in Learning for the Future 2010: e-Learning; First Eurasia Meeting of GeoGebra; TC Istanbul Kultur University Publication: 126; 2010

Participări la simpozioane și conferințe naționale și internaționale

ISI Conference, 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT- ICEEM 05", - *Sustainable production and consumption* -, September, 14-15, 2009, Tulcea, Romania , 2009; Lucrare prezentată, „*MODELING AND SIMULATION OF QUALITY INDICATORS OF SURFACE WATER*”, Abstract extins publicat în Proceedings of the 5-th International Conference, Environmental Engineering and Management-Volume of abstracts, Editura Ecozone, Iași, 2009.

International Symposium “Modern and efficient education imperatives of European Sistem”, Barlad, 10 mai 2008. Lucrare prezentată, “*The concept of a fraction, teaching methods and of operations with fractions*”, 2008.

Technical University "Gheorghe Asachi" of Iasi, Romania Faculty of Chemical Engineering and Environmental Protection Iasi, "Materials and Processes", "Day of the faculty of chemical engineering and environmental", Lucrare prezentată: „*Modelarea matematică în protecția mediului*”; Iași, 2008

National conference with international participation "Education and social change" , University of Oradea Faculty of Social and Human Sciences Oradea, Romania 20-21/02/ 2009.

Spring Scientific Session of the Romanian Academy of Scientists, Targoviste , Romania, Sub egida AOSR, Lucrări comunicate și prezentate în sesiunea pe secțiuni, Aprilie, 2008.

“The Technological and Informational Society -challenge of the XXI century”, Spring Scientific Session of the Romanian Academy of Scientists, AOSR, Targoviste, Romania, Lucrări comunicate și prezentate în sesiunea pe secțiuni ,28-29 May 2009.

"Academic Days" - “Actualities and Perspectives in hard and soft”, Fifth Edition, Tibiscus University of Timisoara, România, 28-29/05/2009 -, 2009.

"Academic Days" - “Actualities and Perspectives in hard and soft”, Sixth Edition, Tibiscus University of Timisoara, România, 28-29/05/2011 -, 2011.

First International GeoGebra Conference RISC, Castle of Hagenberg, Linz, Austria, July 14-15, 2009, First International GeoGebra Conference, Lucrare prezentată în cadrul grupului de lucru D, 2009.

The “Eleventh International Conference on Membrane Computing”, 2009, Jena, Germania, 2009; Lucrare prezentată în abstract extins, *Model of surface water quality*; 2009.

Workshop on Multiset Processing (WMP-CdeA 2000), Curtea de Argeş, Romania, 21-25 August, 2000.

Membrane Computing, International Workshop, WMC-CdeA 2002, Curtea de Argeş, Romania, August 19-23, 2002.

SESIUNE STIINTIFICA CU PARTICIPARE INTERNAȚIONALĂ; Interacțiuni molecular în lumea vie; 15 –16 Octombrie 2010, Iasi, Romania; Lucrare prezentată: „*Study concerning the mathematical simulation and the interpretation of quality indicators of Suceava River*”, 2010.

The 9th International Conference CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL DESIGN OPTIMIZATION IN THE MACHINES BUILDING FIELD, „OPROTEH – 2011”; Lucrare prezentată: *Mathematical modelling methodology for quality parameters of surface waters bodies*; Bacău, Romania, May 24 – 26, 2011.

Second International GeoGebra Conference RISC, Castle of Hagenberg, Linz, Austria, August 28-31, 2011, Second International GeoGebra Conference, 2011.

Simpozionul Annual de Geografie “Ștefan C. Hepites”, Ediția a VI-a, organizat de ISJ Brăila și Romanian Limnogeographical Association, Lucrare prezentată: “*Modelarea calității corpurilor de apă de suprafață, considerații matematice*”, Brăila, 11 decembrie 2010,