

Cod Proiect: PN-II-RU-TE-2009-1 (332)  
Nr. Contract: 44/03.08.2010

## RAPORT DE CERCETARE

### SOLUȚII INFORMATICE PENTRU ASISTAREA PROCESULUI DECIZIONAL ÎN MEDIILE INCERTE ȘI CU EVOLUȚII PUȚIN PREDICTIBILE ÎN VEDEREA INTEGRĂRII ÎN REȚELE DE TIP GRID

#### SINTEZĂ

#### **OBIECTIVE:**

**I. Studiul modalităților de implementare a sistemelor suport pentru decizii în cadrul unităților naționale producătoare de energie eoliană și propunerea unui model eficient de integrare, predicție și analiză a datelor (II)**

- 1.1. Studiul metodelor de predicție a energiei produse din surse eoliene
- 1.2 Propunerea unui model eficient de predicție a energiei produse din surse eoliene
- 1.3 Propunerea unui model de integrare și analiză a datelor provenite din sursele eterogene ale centralelor locale

**II. Proiectarea unui sistem suport pentru asistarea procesului decizional care să permită fundamentarea deciziilor atât din punctul de vedere al resurselor energetice produse de centralele eoliene cât și din punct de vedere al eficienței economice**

- 2.1. Proiectarea subsistemului de achiziție a datelor operaționale existente
- 2.2. Proiectarea metadatelor și a procesului de extragere, transformare și încărcare a datelor (ETI)
- 2.3 Proiectarea modelelor de analiză a datelor folosind tehnologii și instrumente de inteligența afacerilor

**Beneficiar:**

Ministerul Educației, Cercetării, Tineretului  
și Sportului

și

Consiliul Național al Cercetării Științifice  
din Învățământul Superior

**Autori:**

Lect. Univ. Dr. BĂRA Adela,  
Director proiect  
Ing. Dr. OPREA Simona Vasilica  
Membru  
Asist. Univ. Drd. BOTHA Iuliana  
Membru  
Prep. Univ. Drd. VELICANU Anda  
Membru

**București 2011**

## **CUPRINS SINTEZĂ RAPORT**

INTRODUCERE .....	3
PARTEA I .....	3
1.1. Studiul metodelor de predicție a energiei produse din surse eoliene .....	3
1.2 Propunerea unui model eficient de predicție a energiei produse din surse eoliene .....	4
1.3 Propunerea unui model de integrare și analiză a datelor provenite din sursele eterogene ale centralelor locale .....	5
PARTEA II .....	9
2.1. Proiectarea subsistemului de achiziție a datelor operaționale existente .....	9
2.2. Proiectarea metadatelor și a procesului de extragere, transformare și încărcare a datelor (ETI)..	11
2.3 Proiectarea modelelor de analiză a datelor folosind tehnologii și instrumente de inteligența afacerilor .....	12
CONCLUZII .....	18
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ .....	21

## INTRODUCERE

Acest raport prezintă rezultatele obținute în cadrul etapei “*Studiul modalităților de implementare a sistemelor suport pentru decizii în cadrul unităților naționale producătoare de energie eoliană și propunerea unui model eficient de integrare, predicție și analiză a datelor*”, prin îndeplinirea activităților sale aferente: studiul metodelor de predicție a energiei produse din surse eoliene, propunerea unui model eficient de predicție a energiei produse din surse eoliene, propunerea unui model de integrare și analiză a datelor provenite din sursele eterogene ale centralelor locale.

De asemenea sunt propuse soluții pentru atingerea obiectivului “*Proiectarea unui sistem suport pentru asistarea procesului decizional care să permită fundamentarea deciziilor atât din punctul de vedere al resurselor energetice produse de centralele eoliene cât și din punct de vedere al eficienței economice*”, ale cărui activități asociate vizează proiectarea: subsistemului de achiziție a datelor operaționale existente, metadatelor și a procesului de extragere, transformare și încărcare a datelor (ETI), modelelor de analiza a datelor folosind tehnologii și instrumente de inteligența afacerilor.

## PARTEA I

### **Studiul modalităților de implementare a sistemelor suport pentru decizii în cadrul unităților naționale producătoare de energie eoliană și propunerea unui model eficient de integrare, predicție și analiză a datelor (II)**

#### **1.1. Studiul metodelor de predicție a energiei produse din surse eoliene**

Amplasarea unei centrale eoliene este deosebit de importantă, deoarece producția de energie electrică a acesteia este dependentă într-o mare măsură de factorii meteorologici ai amplasamentului respectiv. În principal, criteriile de stabilire pentru localizarea grupurilor generatoare eoliene sunt: viteza și direcția vântului; orografia și condițiile de relief; condițiile de mediu; distanța față de rețeaua electrică, stații de transformare și condițiile de conectare; acces pentru echipament și personal; interferența cu activități umane (turism, apropierea de așezări, drumuri, căi ferate, aeroporturi); interferență electromagnetică; condiții privind utilizarea terenului și relațiile cu autoritățile locale; alimentarea cu energie a unor consumatori proprii.

Însă principalul factor natural, viteza vântului, înregistrează fluctuații semnificative chiar în decurs de câteva ore. Intervalul optim al vitezei vântului în care turbinele eoliene produc se situează între 3 și 25 m/s. Dacă viteza vântului scade sub această limită sau depășește 27 m/s turbinele se opresc. Chiar pentru o zonă cum ar fi Dobrogea, viteza vântului pe anumite suprafețe de teren din această zonă diferă semnificativ. De aceea, pentru a determina dacă amplasamentul viitoarei centrale eoliene este adecvat este necesară măsurarea ale unor factori meteorologici, cum ar fi: viteza și direcția vântului, temperatura și presiunea atmosferică etc.

Din cele prezentate mai sus rezultă faptul că este deosebit de importantă determinarea energiei electrice produse de către sursele eoliene atât în etapa investițională în vederea alegerii tipului de generator eolian și amplasării pe teren a fiecărei unități de producere, cât și în etapa de exploatare în vederea realizării prognozelor de producție. Însă prognozele realizate în centralele energetice eoliene (CEE) înregistrează încă abateri semnificative față de valorile reale ale energiei produse, din cauza incapacității sistemelor actuale de a estima corect viteza vântului. Problema devine și mai complexă deoarece prognozele obținute sunt utilizate pentru stabilirea unui necesar de resurse energetice care să acopere eventualele deficiențe din sistemul energetic. Este bine cunoscut faptul că disponibilitatea rezervelor rapide de putere este îndoielnică sau costisitoare. *Cu cât prognoza de energie electrică produsă de sursele eoliene este mai precisă cu*

atât se reduce necesarul de rezerve rapide de putere în sistem. Rolul unei prognoze bune este deosebit de important, deoarece se reduc costurile pentru asigurarea siguranței în funcționare a Sistemului Energetic Național (SEN) și, implicit, nu au loc creșteri semnificative ale prețului energiei electrice ca urmare a acestor rezerve.

O predicție bună nu poate fi realizată prin metode statistice clasice, motiv pentru care se impune utilizarea tehnicilor moderne de data mining. În acest sens s-au analizat pe larg în raport principalii algoritmi ce se pot aplica pentru predicția de energie eoliană.

## 1.2 Propunerea unui model eficient de predicție a energiei produse din surse eoliene

Algoritmii de data mining au fost experimentați, configurați și validați utilizând platforma Oracle cu opțiunea DataMining.

Datele studiate au fost măsurate și înregistrate din 10 în 10 minute în intervalul 09.11.2009 – 28.02.2010. Totalul valorilor înregistrate pentru înălțimea de 50 m este de 16037. Valoarea minimă înregistrată în acest interval de timp este de 0 m/s, valoarea maximă este de 24,8 m/s, iar media 6,9 m/s.

Din setul format din cele 16037 înregistrări ale vitezei vântului la înălțimea de 50 m, aproximativ 2500 au fost mai mici sau egale cu 3,5 m/s – viteza de pornire a unui grup generator eolian (GGE). În cca. 1100 din cazuri vântul a bătut cu o viteză mai mare de 12 m/s. Aproximativ 8800 de valori măsurate au fost mai mici decât viteza medie, iar aproximativ 7200 de valori peste viteza medie a vântului (6,9 m/s).

Pentru aplicarea algoritmilor, înregistrările din tabela sursă în care au fost importate valorile măsurate sunt împărțite în trei seturi pentru fiecare etapă ce va fi parcursă. Astfel aceste seturi de înregistrări vor fi inserate în trei tabele și anume: *wind\_build*, *wind\_test*, *wind\_apply* (figura 1.1).

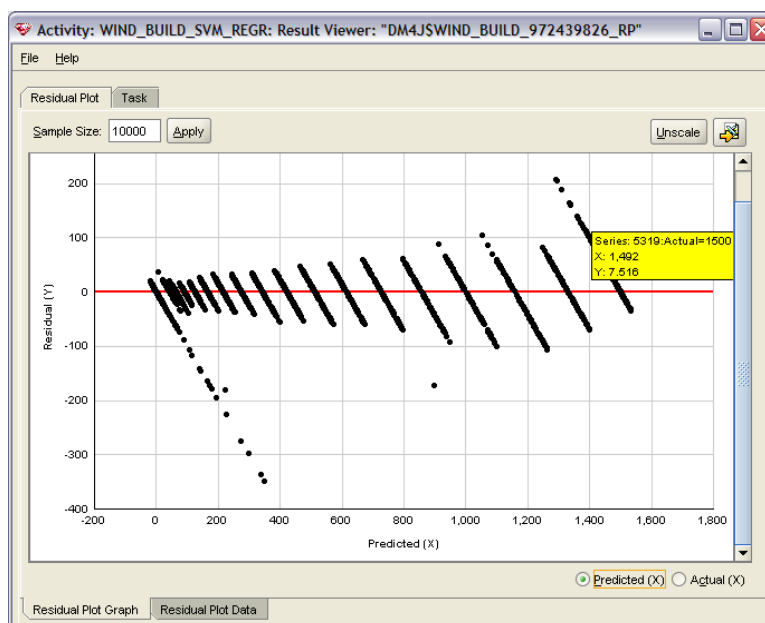
DATA	TIME	S1	S2	S3	D1	D2	H1	T1	B1	R1
2006-11-09 ...	15:10:00	1.5	1.5	1.8	199	179	0	15.05	800	0
2006-11-09 ...	15:20:00	1.5	1.2	1.4	198	176	0	14.75	800	0
2006-11-09 ...	15:30:00	1.4	1.3	1.7	198	178	0	14.55	800	0
2006-11-09 ...	15:40:00	1.1	1.1	1.3	202	180	0	14.25	800	0
2006-11-09 ...	15:50:00	0.9	1	1.3	214	198	0	14.05	800	0
2006-11-09 ...	16:00:00	3.9	4	4	244	233	0	13.75	800	0
2006-11-09 ...	16:10:00	6.5	6.4	5.7	258	247	0	13.65	800	0
2006-11-09 ...	16:20:00	8.1	8.1	8.8	268	257	0	13.45	800	0
2006-11-09 ...	16:30:00	8.7	8.7	7.7	268	258	0	13.35	800	0
2006-11-09 ...	16:40:00	8.6	8.6	8.7	265	254	0	13.15	800	0
2006-11-09 ...	16:50:00	7.6	7.6	6.1	259	246	0	13.15	800	0
2006-11-09 ...	17:10:00	8.5	8.4	6.9	259	246	0	12.85	800	0
2006-11-09 ...	17:20:00	7.7	7.3	7.2	255	242	0	12.55	800	0
2006-11-09 ...	17:30:00	7.8	6.6	7.3	251	237	0	12.75	800	0
2006-11-09 ...	17:40:00	7.6	6.3	6.9	250	234	0	12.65	800	0
2006-11-09 ...	17:50:00	9	8.3	7.9	255	239	0	12.25	800	0
2006-11-09 ...	18:00:00	8.6	7.7	7.3	253	237	0	12.15	800	0
2006-11-09 ...	18:10:00	9.2	8.7	7.5	255	239	0	11.55	800	0
2006-11-09 ...	18:20:00	9.8	9.6	7.8	258	243	0	11.15	800	0
2006-11-09 ...	18:30:00	10.8	10.7	7.7	260	246	0	10.85	800	0
2006-11-09 ...	18:40:00	11.7	11.7	8.3	261	248	0	10.85	800	0
2006-11-09 ...	18:50:00	12.6	12.6	8.8	264	250	0	11.35	800	0
2006-11-09 ...	19:00:00	12.9	12.9	9.5	268	254	0	11.25	800	0
2006-11-09 ...	19:20:00	11.7	11.7	9.6	272	258	0	11.25	800	0
2006-11-09 ...	19:30:00	11.2	11.2	9.2	272	257	0	11.15	800	0
2006-11-09 ...	19:40:00	10.4	10.4	8.6	272	257	0	11.05	800	0
2006-11-09 ...	19:50:00	10.3	10.3	9.2	272	259	0	11.05	800	0
2006-11-09 ...	20:00:00	9.9	9.9	7.5	267	254	0	11.45	800	0
2006-11-09 ...	20:10:00	9.3	9.3	6.9	265	249	0	10.95	800	0
2006-11-09 ...	20:20:00	8.8	8.7	7.3	261	246	0	10.85	800	0
2006-11-09 ...	20:30:00	7.9	6.8	7.2	252	238	0	10.75	800	0
2006-11-09 ...	20:50:00	8.8	8.5	7.4	257	241	0	10.85	800	0
2006-11-09 ...	21:00:00	9.3	9.2	6.6	261	247	0	11.05	800	0
2006-11-09 ...	21:10:00	10	9.9	7.6	260	246	0	11.45	800	0
2006-11-09 ...	21:20:00	10.1	10.1	7.8	266	250	0	10.65	800	0
2006-11-09 ...	21:30:00	9.8	9.7	7.9	259	248	0	11.45	800	0
2006-11-09 ...	21:40:00	9.6	9.4	8.2	257	245	0	11.35	800	0

Figura 1.1 Vizualizarea înregistrărilor din tabela *wind\_build*

Fiecare tabelă conține informații referitoare la diferite intervale de timp în care sunt făcute măsurători, astfel: pentru tabela destinată procesului de învățare sunt considerate înregistrările din perioada 09.11 – 15.01 (aproximativ 10000 înregistrări), pentru tabela destinată

procesului de testare sunt considerate înregistrările din perioada 16.01 – 15.02 (aproximativ 4600 de înregistrări), iar pentru tabela de evaluare înregistrările din perioada 16.02 – 23.02 (aproximativ 1100 de înregistrări). Tabelele pot fi vizualizate direct din interfața Oracle Data Miner prin accesarea surselor de date.

S-au aplicat următorii algoritmi: Naïve Bayes cu o rată a erorii de aproximativ 8%, arbori de decizie cu o rată a erorii de 1%, regresia cu o rată a erorii de 43%. În urma rezultatelor obținute în acest fel s-a considerat necesar modificarea modelului de regresie prin introducerea unui nou atribut E\_PRAG (figura 1.2), care grupează valorile puterii produse pe intervale, în funcție de variația vitezei vântului cu 0.5 m/s. În urma construirii noului model de regresie se observă o creștere semnificativă a acurateții predicției de la 57.68% la 93.72%.



**Figura 1.2 - Abaterile înregistrate pentru setul de test în cazul prognozei atributului E\_PRAG**

În urma testării modelului am constatat că abaterea dintre valoarea actuală și valoarea prognozată se situează în intervalul  $\pm 20\text{kW}$ , ceea ce reprezintă o abatere mică, față de abaterile înregistrate în mod curent în predicțiile realizate pe plan național.

Aplicând algoritmi de data mining pentru predicția puterii produse de CEE s-au obținut rezultate notabile în special prin stabilirea unor praguri de putere. Cu ajutorul acestora, algoritmul de data mining a fost capabil să învețe și să stabilească mai bine dependența dintre variabile, prognoza fiind mult mai aproape de valorile măsurate în realitate.

În concluzie, s-a realizat un model de prognoză a energiei electrice produse din CEE, care poate fi aplicat cu succes în realizarea prototipului.

### **1.3 Propunerea unui model de integrare și analiză a datelor provenite din sursele eterogene ale centralelor locale**

Cerințele referitoare la informațiile necesare procesului decizional la nivel național sunt mari, necesitând organizarea acestor date în depozite de date și baze de cunoștințe, precum și instrumente specifice de extragere, prelucrare și analiză într-un format cât mai accesibil factorilor de decizie.

Problema integrării datelor în vederea realizării sistemului decizional apar însă la modul de colectare a informațiilor privind predicția de energie eoliană și la regimurile de funcționare ale generatoarelor eoliene. Aceste informații nu sunt transmise în timp real, astfel încât nu se poate face o estimare corectă a producției și o alocare eficientă de rezerve în cadrul sistemului.

Aceste informații provin din surse eterogene (fișiere de tip text și foi de calcul, e-mail, transmițeri telefonice) fiind necesară o prelucrare manuală și o centralizare a tuturor datelor într-un tabel de unde să poată fi utilizate pentru analize și calcule.

În cadrul centralelor eoliene instalate există sisteme de monitorizare diverse care utilizează o multitudine de algoritmi de alocare și gestiune a echipamentelor și de asigurare a securității centralelor. Din aceste centrale provin informații și surse de date multiple, prognoze și predicții cu diferite erori din diverse tipuri de aplicații și metode locale. În lucrarea [OPRE09] sunt analizate pe larg aceste tipuri de informații în funcție de caracteristicile de putere, producători, modul de amplasare, starea de funcționare a generatoarelor eoliene.

Calitatea și eficiența deciziilor la nivel operațional și tactic depind în mare măsură de disponibilitatea informațiilor relevante în timp util. De asemenea, la nivel strategic, nu se pot stabili cu exactitate planurile de extindere a rețelei și de modelare a regimurilor de funcționare decât dacă se poate analiza corect modul de funcționare a centralelor eoliene.

O soluție prin care să se poată analiza informațiile referitoare la CEE o reprezintă construirea unei baze de date centralizate din care să se extragă datele relevante. Acestea pot fi încărcate într-un depozit de date care să permită realizarea unor analize multidimensionale. Se impune construirea unui nivel dedicat al datelor având un subnivel de colectare și centralizare a datelor într-o bază de date și un subnivel dedicat depozitului de date. În cadrul raportului au fost analizate diferite modalități de realizarea a acestui nivel al datelor. În urma analizei s-a elaborat arhitectura de integrare a datelor.

Pentru construirea prototipului, am analizat sursele de date din cadrul centralelor electrice eoliene și am constatat o eterogenitate a datelor care urmează a fi furnizate către operatorul de transport, cauzată în principal de diversitatea turbinelor eoliene și a aparatelor de măsură, dar și a aplicațiilor informatice care procesează datele. Din acest motiv s-a impus ca *la nivelul datelor să utilizăm tehnici de integrare a datelor pentru a fi încărcate într-un mod coerent într-o bază de date operațională centralizată de tip relațional-obiectual*, de unde să poată fi ulterior utilizate pentru predicții, simulări și analize.

De asemenea, am implementat regulile de mapare a schemei XML la schema unei baze de date relațional-obiectuale pentru a obține o definiție standardizată a tabelor care conțin date provenite de la centralele eoliene. Ulterior, la primirea datelor se va realiza verificarea acestora cu formatul specificat prin schema XML.

Prototipul are ca principal scop asistarea procesului decizional, în domeniul producerii și previziunii energiei eoliene. Predicțiile de energie produsă pot fi posibile numai în condițiile în care se înregistrează, pe o perioadă mare de timp, date referitoare la: condițiile meteorologice, energia produsă, consumul realizat. Toate aceste date sunt primite în format standard, ca documente XML. În scopul utilizării unui format comun, tabellele care vor stoca aceste date sunt create prin transformarea schemelor XML aferente. Prin urmare, tehnicile de mapare prezentate anterior sunt utilizate pentru realizarea tabelor de obiecte pornind de la componentele schemelor XML.

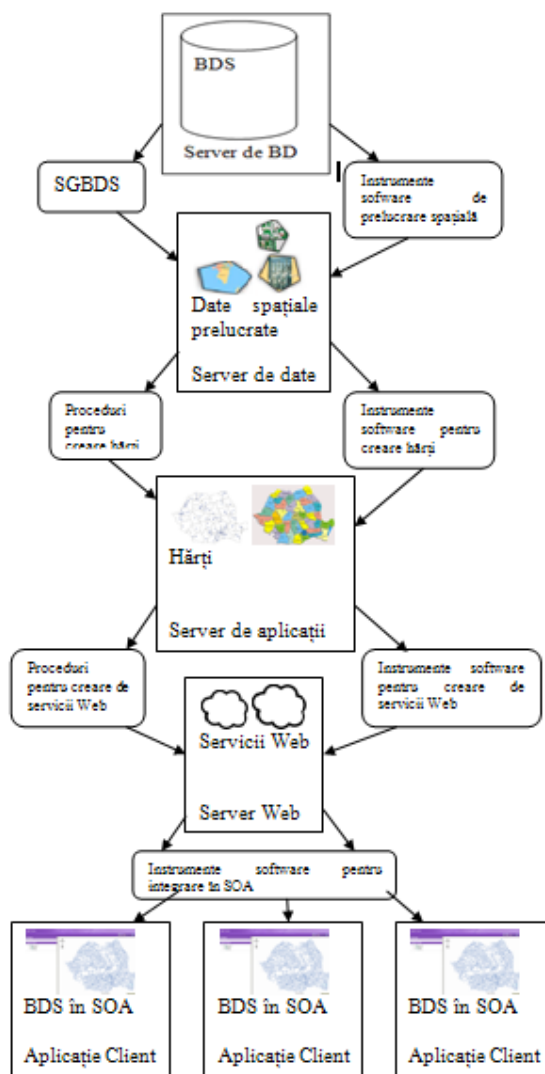
De asemenea, aplicația folosește schemele XML nu numai pentru definirea structurii tabelor (operație realizată inițial), ci și pentru validarea ulterioară a structurii fișierelor de date care se doresc a fi încărcate în tabelle.

Pentru modelarea obiectelor spațiale am utilizat modelul de date spațial, folosind coordonate latitudinal-longitudinale, integrat cu arhitectura SOA.

Datele din tabellele bazei de date spațiale pot fi transmise prin servicii web, ca atare sau prelucrate. Prelucrarea lor se poate realiza fie în limbaje de programare de nivel înalt (ex. Java, C#), fie direct în baza de date prin intermediul funcțiilor sau procedurilor stocate.

O altă modalitate de a manipula datele spațiale (prin servicii web și nu numai) este de a crea tabelle virtuale, mai ales în cazul în care în aceste tabelle se dorește să se stocheze date nespațiale rezultate în urma unei interogări spațiale.

Prin integrarea serviciilor Web într-o astfel de arhitectură se încheie practic procesul de integrare a bazelor de date spațiale în arhitectură orientată pe servicii. Pentru a evidenția derularea acestui proces, am propus în figura 1.3 un flux de prelucrări specifice.



**Figura 1.3 - Procesul de integrare a bazelor de date spațiale în SOA**

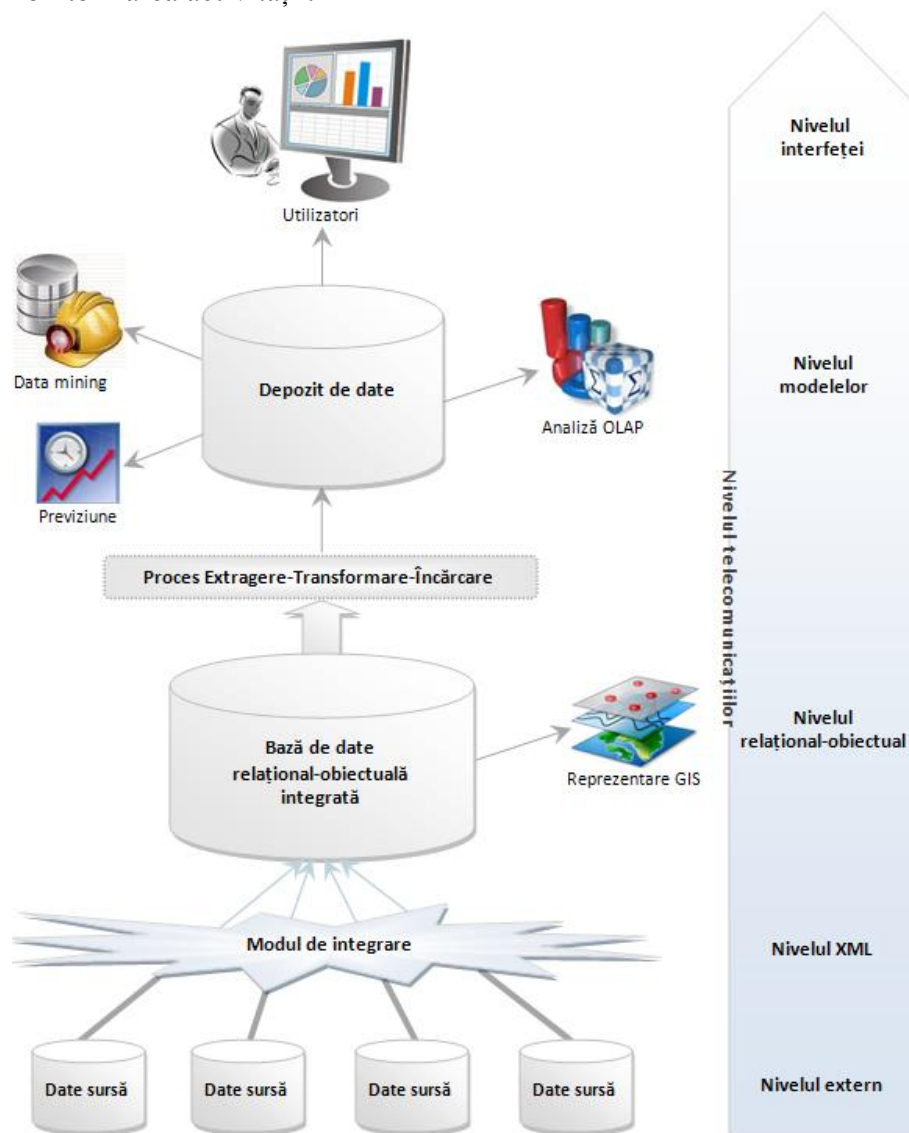
Eficiența arhitecturii sistemului propus este determinată de ușurința în utilizare și înțelegere (datorată faptului că sistemul este alcătuit din componente specializate ce lucrează independent) și de efectele utilizării sistemului, care sunt stocarea de date spațiale într-un mediu specializat, prelucrarea și analiza spațială a datelor, hărțile interactive livrate prin servicii Web.

În urma analizei cerințelor, precum și a tehnologiilor prezentate anterior am propus *un model de arhitectură pentru sistemul de asistare a deciziilor privind producția de energie eoliană*, având la bază arhitectura tipică a unui SSD, adaptată însă componentelor specifice cerințelor informaționale identificate în cadrul sistemului energetic național. Figura 1.4 prezintă modelul conceptual al prototipului care poate fi aplicat în astfel de medii incerte și cu evoluție puțin predictibilă.

Sursele de date ale parcurilor eoliene vor fi integrate într-o bază de date centrală prin intermediul unui *framework* de integrare. Datele vor fi primite în format XML și vor fi stocate într-o bază de date relațional-obiectuală.

Producția de energie este calculată pe baza datelor stocate în baza de date relațional-obiectuală. Locațiile parcurilor eoliene și, de asemenea, zonele care înregistrează consum de

energie vor fi stocate în baza de date sub formă de date spațiale, în scopul reprezentării lor pe hărți pentru monitorizarea activității.



**Figura 1.4 – Arhitectura sistemului informatic**

Sistemul informatic va folosi un depozit de date central, utilizat de către instrumentele de analiză, previziune și raportare de tip *Business Intelligence* pentru a analiza producția parcurilor eoliene, precum și consumul de energie, atât pentru perioade istorice, cât și pentru efectuarea de prognoze. Sistemul va avea două componente: una pentru a integra sursele de date în baza de date relațional-obiectuală și cealaltă pentru a încărca datele din baza de date în depozitul de date.

Componentele arhitecturii sunt structurate pornind de la cele patru niveluri tradiționale ale unui sistem de suport de decizie, și anume:

1. *nivelul datelor*, împărțit acum în trei subniveluri: *nivelul extern*, *nivelul XML*, *nivelul relațional-obiectual*;
2. *nivelul modelelor*;
3. *nivelul interfeței*;
4. *nivelul telecomunicațiilor*.

Gestiunea datelor este realizată pe trei niveluri: *nivelul extern*, *nivelul XML*, *nivelul relațional-obiectual* și utilizează date, metadate, sistemul de gestiune a bazelor de date, dicționarele datelor și ale metadatelor.

Datele sursă, provenite de la centralele eoliene (*nivelul extern*), urmează să fie integrate în baza de date comună, relațional-obiectuală. Nivelul de integrare (*nivelul XML*) realizează



validarea datelor externe prin intermediul schemelor XML și apoi stocarea în baza de date (*nivelul relațional-obiectual*).

Pe baza arhitecturii sistemelor suport pentru decizii, precum și pe baza cerințelor informaționale identificate la nivelul centralelor eoliene din cadrul sistemului energetic național, se va realiza modelul conceptual al sistemului informatic.

O parte din datele colectate referitoare la activitatea operațională vor fi stocate ca și *date spațiale* în baza de date relațional-obiectuală în vederea reprezentării lor pe hărți interactive pentru monitorizarea producției de energie și a rezervelor disponibile.

Ulterior, în vederea realizării de *predicții și operații OLAP* asupra datelor, acestea vor fi integrate într-un *depozit de date*. Depozitul va fi de tip centralizat, organizațional, format din *data mart*-uri pe fiecare tip de activitate analizată: operațională (producția de energie) și financiară (pentru analiza investițiilor). Pentru încărcarea datelor din surse în depozitul de date este necesar să se realizeze și un proces de Extragere, Transformare și Încărcare (ETI sau ETL – Extract, Transform, Load). Acest proces se va executa automat la intervale de timp regulate în funcție de cerințele tehnice de realizare. La nivelul interfeței urmează să se prezinte factorilor de decizie datele centralizate în rapoarte complexe, dinamice și flexibile, grafice și tablouri de bord.

## PARTEA II

### **Proiectarea unui sistem suport pentru asistarea procesului decizional care să permită fundamentarea deciziilor atât din punctul de vedere al resurselor energetice produse de centralele eoliene cât și din punct de vedere al eficienței economice**

#### **2.1. Proiectarea subsistemului de achiziție a datelor operaționale existente**

Dintre etapele proiectării subsistemului de achiziție a datelor operaționale detaliem în această sinteză doar realizarea bazei de date relațional-obiectuale, cu fazele aferente: specificarea cerințelor sistemului, analiza acestora, proiectarea bazei de date și implementarea ei, cu posibilități ulterioare de întreținere și dezvoltări suplimentare.

1) *Specificarea cerințelor sistemului*. Acest pas presupune realizarea de interviuri și discuții între consultanții responsabili cu dezvoltarea sistemului și beneficiarii acestuia pentru identificarea cerințelor funcționale și tehnice. În cazul de față principalele cerințe ale sistemului se referă la:

- managementul activității operaționale - operatorii centralelor eoliene transmit periodic date privind activitatea grupurilor eoliene, dar și informații despre condițiile meteorologice, necesare algoritmilor de prognoză din cadrul sistemului de asistare a deciziilor. Pe baza datelor obținute, factorii de decizie pot interacționa în mod dinamic cu sistemul, obținând rapoarte, grafice, tablouri de bord sau reprezentări geografice;
- managementul activității financiare - în funcție de producția de energie, dar și de certificatele verzi achiziționate, investitorul poate beneficia de profit, drept pentru care este necesară o evidență riguroasă.

2) *Analiza sistemului*. S-a realizat utilizând diagramele cazurilor de utilizare și diagramele de clase și de interacțiune (diagramele de secvență, de activități și de colaborare). Modelarea sistemului și proiectarea bazei de date multidimensionale este prezentată pe larg în raport.

Analiza începe cu modelarea cazurilor de utilizare, prin identificarea actorilor care interacționează cu sistemul, a cazurilor de utilizare principale identificate pe baza cerințelor de afaceri și continuă cu analiza datelor și metadatelor modelate în UML prin intermediul diagramelor de clase și de interacțiune.

În continuare prezentăm diagrama generală a cazurilor de utilizare, care detaliază legăturile și dependențele dintre cazurile de utilizare (figura 2.1). Diagrama evidențiază cele trei activități pe care trebuie să le gestioneze sistemul necesar de realizat în cadrul contractului de

cercetare (financiară, decizională, operațională) și principalii actori care interacționează la nivel general cu sistemul.

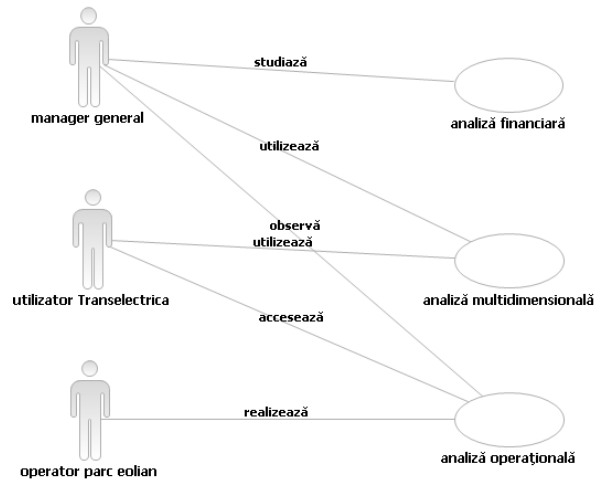


Figura 2.1 - Diagrama generală a cazurilor de utilizare

Ulterior realizării diagramelor cazurilor de utilizare se trece la analiza claselor care aparțin sistemului.

Diagramele de clase din etapa de analiză identifică principalele clase și asocierile dintre acestea, fără a defini toate atributele sau metodele claselor. Am luat în calcul numai clasele referitoare la activitatea operațională, de producere a energiei eoliene: *Producatori*, *Investitori*, *Locatii*, *Turbine*, *Productie*, *Statii\_racord*, *Centrale*, *Date\_meteo*, *Emitent\_contract*, *Studii\_racordare*, *Avize\_racordare* și *Contracte\_racordare*.

3) *Proiectarea bazei de date*. În această etapă am detaliat diagramele de clase, se realizează diagramele de interacțiune pentru completarea atributelor și metodelor claselor. În final s-a proiectat baza de date relațional-obiectuală.

După realizarea diagramelor de interacțiune am rafinat diagrama de clase referitoare la activitatea operațională, de producere a energiei eoliene (figura 2.2), prin adăugarea de atribute și metode suplimentare.

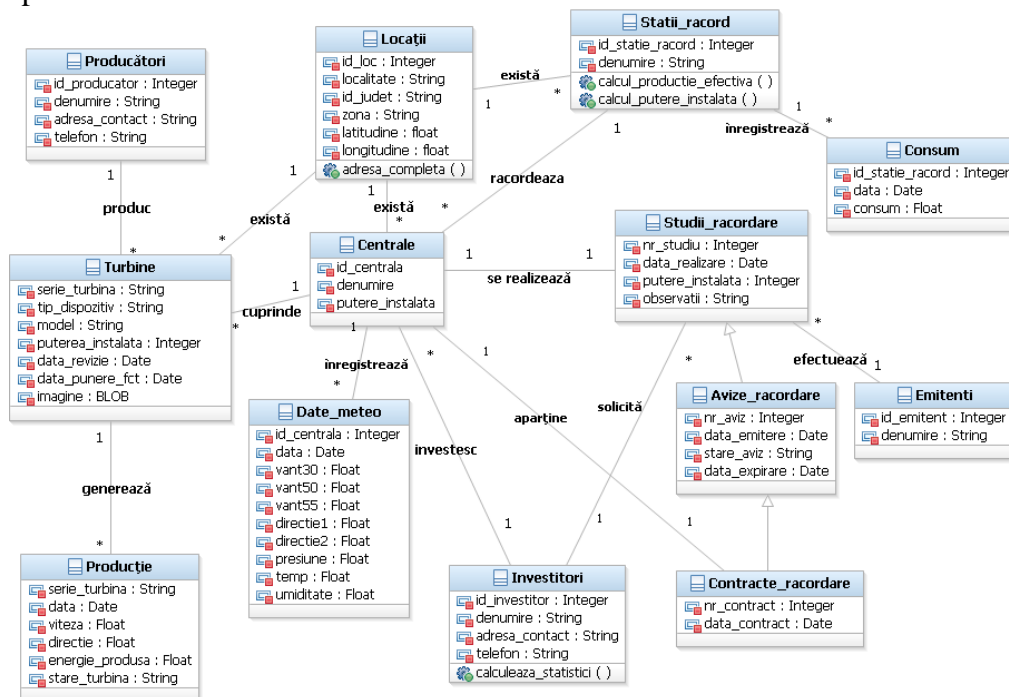


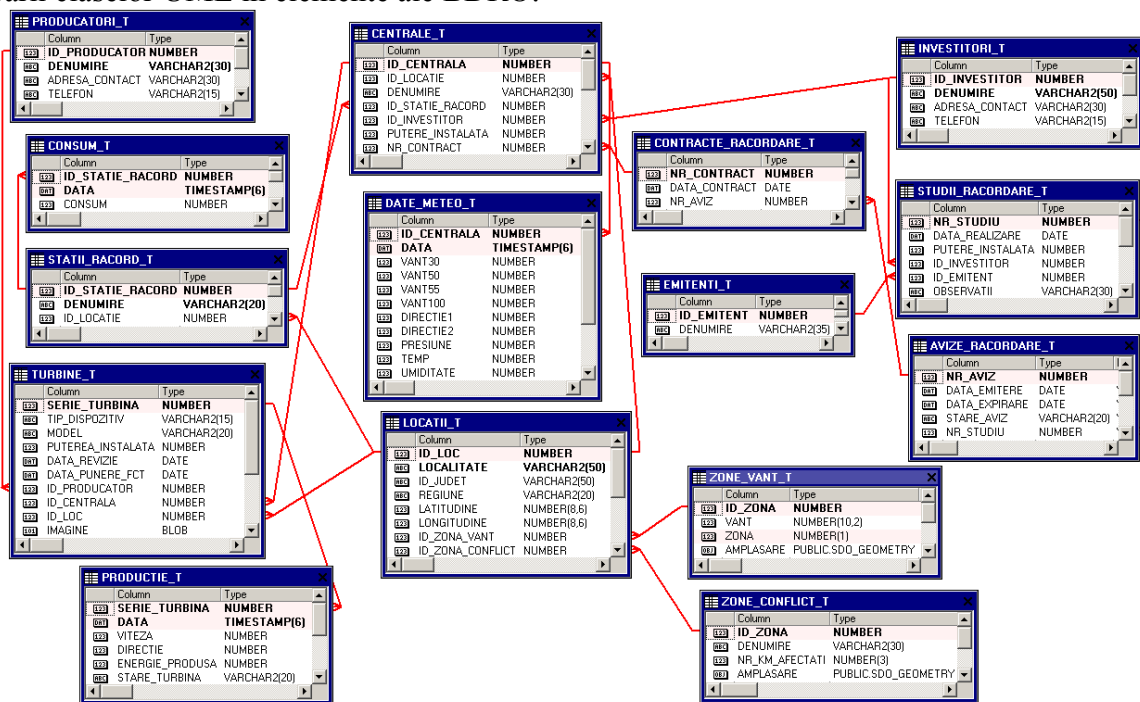
Figura 2.2 – Diagrama completă a claselor

După proiectarea claselor sistemului se realizează proiectarea bazei de date, având în vedere și o serie de elemente spațiale privind localizarea centralelor, a stațiilor de racord și a turbinelor.

În scopul realizării subsistemului de achiziție a datelor din centralele eoliene, am determinat în primul rând datele spațiale. Principalele elemente spațiale care pot fi identificate pentru un parc eolian sunt:

- localizarea parcului (latitudine, longitudine)
- localizarea turbinelor în cadrul parcurilor (latitudine, longitudine);
- zonele de vânt și viteza medie a vântului din fiecare zonă (numărul de ore în care vântul bate într-un an);
- altitudinea zonelor de amplasare;
- localizarea stațiilor de racordare (latitudine, longitudine);
- delimitarea zonelor de consum.

Pornind de la diagrama claselor reprezentată anterior și utilizând tehnicile de transformare a componentelor specifice UML în elemente ale bazei de date relațional-obiectuale (BDRO), se obține schema conceptuală din figura 2.3. Se observă că aceasta reflectă atât nivelul relațional-obiectual, cât și nivelul de persistență relațional-obiectual, din cele trei aferente mapării claselor UML în elemente ale BDRO.



**Figura 2.3 – Schema conceptuală a bazei de date relațional-obiectuale**

Implementarea bazei de date presupune implementarea claselor într-un SGBDRO, stabilirea modului de asigurare a persistenței obiectelor și elaborarea programelor pentru manipularea acestora în vederea realizării funcțiilor sistemului în ansamblul său.

Am prezentat în continuare modalitățile de implementare în SGBD Oracle a claselor detaliate anterior utilizând tipurile obiect, iar pentru asigurarea persistenței am utilizat tabelele de obiecte. Implementarea claselor s-a realizat prin crearea de tipuri obiect pentru fiecare dintre acestea.

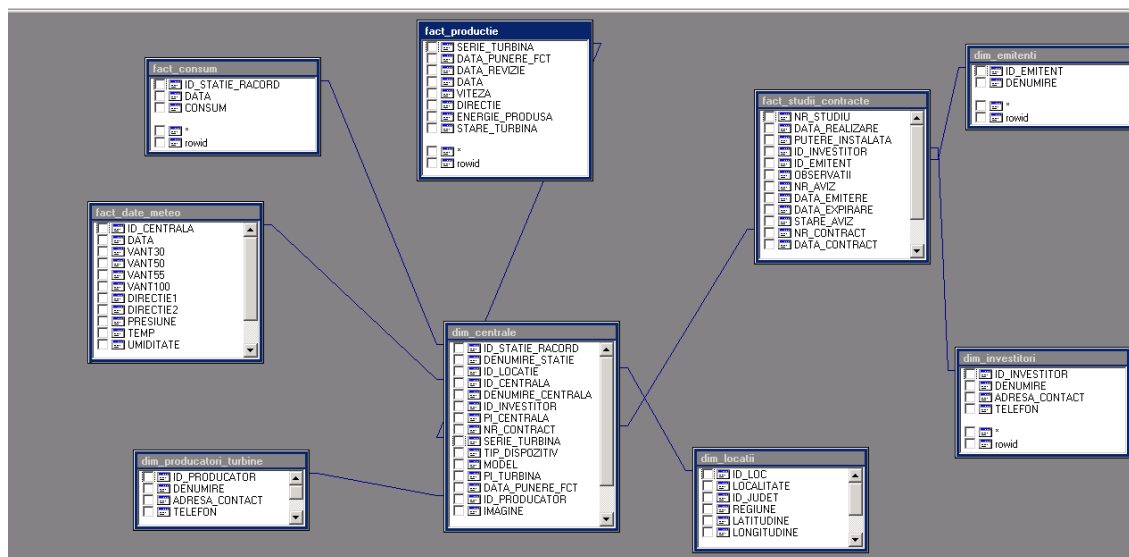
## 2.2. Proiectarea metadatelor și a procesului de extragere, transformare și încărcare a datelor (ETI)

În această etapă, pentru o validare rapidă a funcționalităților depozitului de date, s-a optat pentru realizarea virtuală a obiectelor, iar ca modalitate de procesare am utilizat un model ROLAP (Relational OLAP). Pornind de la schema bazei de date prezentată anterior, se proiectează schema de tip stea sau fulg de nea a depozitului de date. Aceasta activitate se realizează în următoarele etape:

1. *Proiectarea dimensiunilor* – în funcție de cerințele de analiză ale factorilor de decizie, se identifică principalele entități structurale ce vor avea rol de organizare și selectare a datelor pentru explorare multidimensională. Acestea vor fi ierarhizate pe mai multe niveluri, astfel încât să fie permise operații tipice sistemelor OLAP: rotații, secțiuni, navigări în detaliu și agregări. Proiectarea acestor obiecte este detaliată în paragrafele următoare.

2. *Proiectarea tabelor de fapte* - sunt tabelele centrale care conțin atribute de tip măsuri (metrici) și chei externe către tabelele dimensiuni. Faptele sunt de obicei date numerice care pot fi însumate și analizate în funcție de nivelurile existente în dimensiuni.

3. *Realizarea schemei depozitului de date* se face prin joncțiunea tabelor de fapte cu dimensiunile pe baza atributelor comune. Schema depozitului este de tip fulg de nea deoarece există joncțiuni și între dimensiuni (figura 2.4).

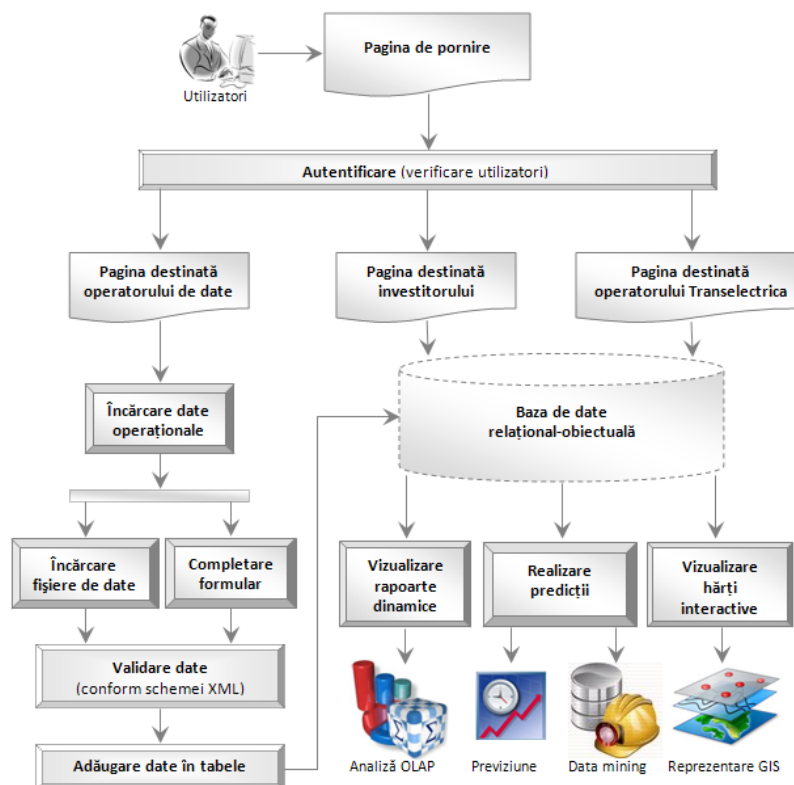


**Figura 2.4 - Schema de tip fulg de nea a depozitului de date**

Obiectele depozitului de date au fost create în această fază în Oracle Discoverer Administrator unde s-au realizat și mapările dintre dimensiuni, fapte și tabele bazei de date relaționale.

### 2.3 Proiectarea modelelor de analiză a datelor folosind tehnologii și instrumente de inteligența afacerilor

Am definit posibilitățile de parcurgere a paginilor Web pe care le-am construit în concordanță cu arhitectura funcțională a aplicației realizate (figura 2.5).



**Figura 2.5 - Arhitectura funcțională a aplicației**

Pentru a realiza prototipul de aplicație pentru modulul de preluare și integrare a datelor sursă am ales să utilizăm produsul Oracle JDeveloper. După cum reiese și din arhitectura funcțională a aplicației propuse, pagina de start reprezintă punctul de pornire în utilizarea acesteia (figura 2.6). Aplicația permite accesul numai pentru utilizatorii autentificați, în urma validării datelor de conectare.



**Figura 2.6 – Pagina de start a aplicației**

Accesul se permite numai în cazul introducerii unor date corecte pentru numele de utilizator, parolă și rolul deținut în sistem. Cele două roluri în funcție de care se realizează

verificarea sunt: operator, aferent operatorului de date provenite din parcul eolian, respectiv supervisor, specific utilizatorilor cu drept de decizie (investitorul și operatorul din partea OTS).

Operatorii centralelor eoliene pot încărca datele în sistem folosind două modalități: fie încarcă fișierele sursă în sistem, fie completează un formular *online*. În primul caz, datele pot fi trimise sub formă de fișier XML, acesta fiind încărcat pe server, validat conform schemei XML, iar apoi parcurse datele și adăugate în tabele.

În urma autentificării în sistemul informatic, rolul acordat le permite operatorilor centralelor eoliene să încarce fișierele conținând datele meteorologice, datele despre producția de energie, precum și datele despre consumul înregistrat la nivelul stației de racordare.

Odată ales tipul de date care urmează a fi încărcate, este necesar să fie selectat fișierul de date. Preluarea cu succes a acestuia este indicată printr-un mesaj adecvat, iar fișierul se va putea regăsi, redenumit în funcție de tipul de încărcare, la o locație de pe server specificată în metoda Java implementată. În urma preluării fișierului, acesta urmează să fie validat din punctul de vedere al structurii. Aceasta presupune verificarea structurii fișierului XML prin comparare cu schema XML aferentă tabelii în care urmează să fie adăugate datele. Dacă fișierul încărcat este valid, datele din documentul XML vor fi adăugate în tabela corespunzătoare, prin apelarea unei proceduri PL/SQL stocate. (figura 2.7).

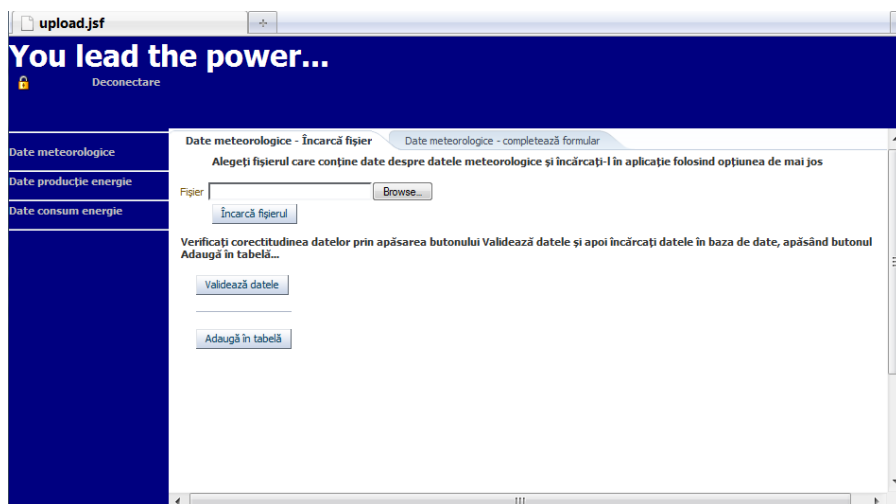
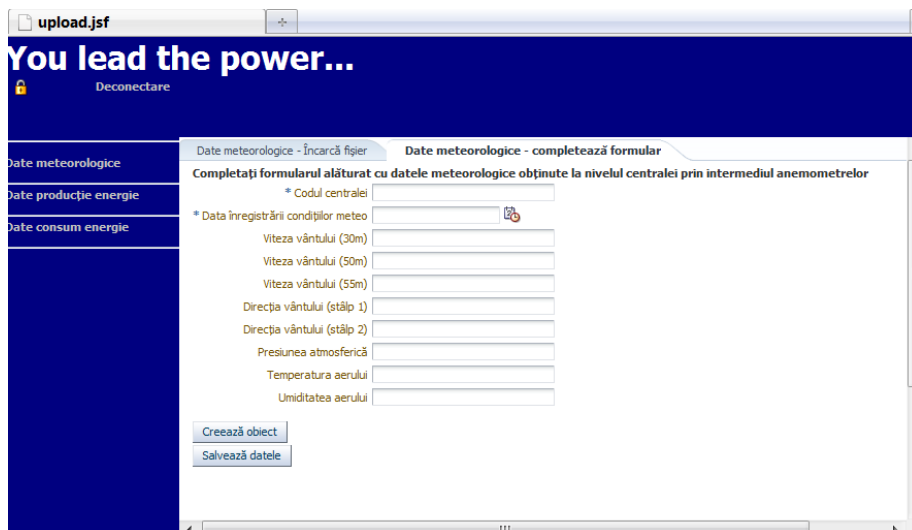


Figura 2.7 – Încărcarea documentelor XML de către operatori

Încărcarea datelor direct în formulare (figura 2.8) este utilă în cazul în care, la nivelul centralei, datele nu pot fi trimise centralizat, direct într-un singur fișier. În acest caz, datele aferente vor fi completate într-un formular electronic, creat corespunzător tabelii care urmează să primească datele.



## Figura 2.8 – Încărcarea datelor direct prin formular

Odată preluate și validate datele, acestea pot fi prezentate în diferite formate factorilor de decizie. Astfel, în secțiunea de aplicație dedicată celor care au rol decizional, investitorii și utilizatorii OTS, pot vizualiza *rapoarte*, *tablouri de bord*, *tabele pivot* sau *hărți interactive* ale parcurilor centralele eoliene.

Utilizând componenta *Geographic Map* oferită de JDeveloper prin *ADF Data Visualizations*, am marcat vizual pe hartă centralele eoliene, pe baza coordonatelor spațiale stocate în tabela *Locatii\_t* (figura 2.9).



Figura 2.9 – Secțiunea de aplicație dedicată factorilor de decizie – Hartă interactivă

Harta creată oferă personalului cu putere de decizie posibilitatea navigării, selectării anumitor zone geografice și observării informațiilor de importanță referitoare la centralele eoliene (figura 2.10).

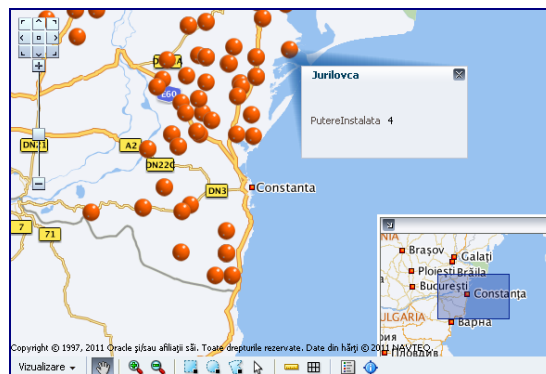


Figura 2.10 – Detaliu din harta centralele eoliene

În ceea ce privește obținerea de rapoarte utile procesului decizional, acestea sunt prezentate într-o gamă variată, începând de la situații centralizatoare la nivelul stațiilor de racordare, până la rapoarte interactive, care implementează funcționalități OLAP sau prezintă dinamic starea și valoarea anumitor indicatori.

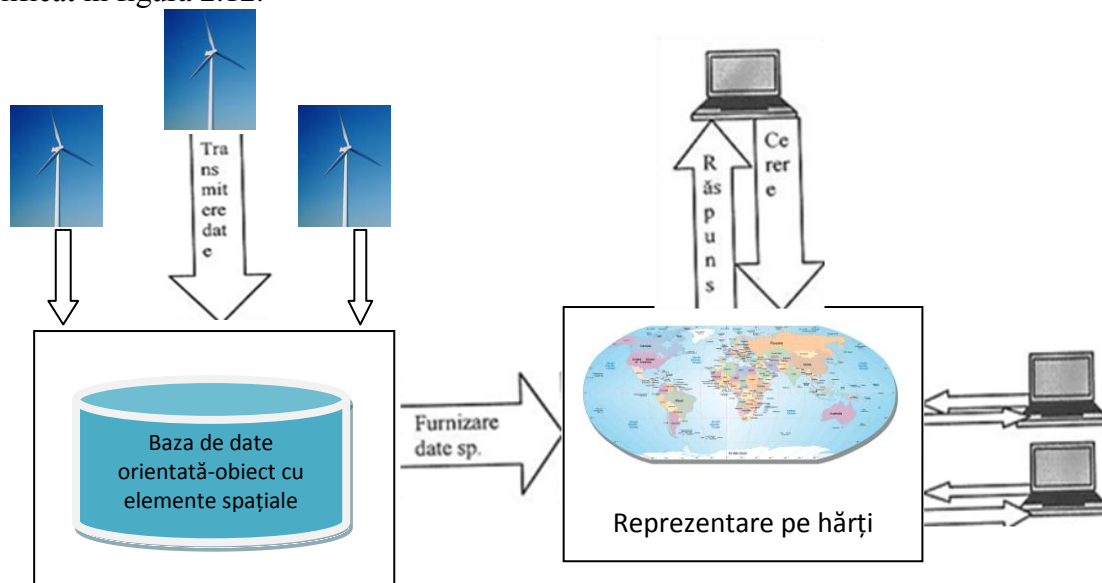
În vederea realizării unui raport dinamic, interactiv, specific aplicațiilor de *Business Intelligence*, am utilizat componenta *Pivot Table* inclusă în setul de elemente *ADF Data Visualizations* (figura 2.11).

	Localitate	Judet	Statie racord	Puterea instala
SC MW TE	Fantanele Est	Constanta	Tariverde	9
SC TOMIS	Fantanele Vest	Constanta	Tariverde	25
SC OVIDIL	Cogealac	Constanta	Tariverde	25
SC SABLŌAL ENERGIE EOLIANA SRL	Valea Daclor	Constanta	Medgidia Sud	14
LAND POWER SRL	Dorobantu-Topolog	Tulcea	Rahmanu	16
CAS REGENERABILE SRL	Casimcea, Daeni, Topolog	Tulcea	Rahmanu	5
ALFA WIND SRL	Casimcea, Daeni, Topolog	Tulcea	Rahmanu	15
BETA WIND SRL	Casimcea, Daeni, Topolog	Tulcea	Rahmanu	33
SC Wind Activa Bucuresti SRL	Filipesti	Bacau	Bacau Sud	6
SC Wind Activa Development SRL	Saucesti	Bacau	Bacau Sud	10
SC ENEL DISTRIBUTIE DOBROGEA SA	Agighiol-Valea Nucarilor	Tulcea	Tulcea Vest	3
SC ELCOMEX EOL SA	Nicolae Balcescu Targusor	Constanta	Stupina	27
SC GARDENLAKE NORTH SRL	Serbotesti	Vaslui	Munteni	24
SC MTS 400 GRIDLINE SRL SC GP1 EOLIAN GALATI SRL	Independenta	Galati	Independenta	43
SC EOLICA DOBROGEA SRL	Cogealac	Constanta	Tariverde	60

**Figura 2.11 – Raport dinamic care implementează funcționalități OLAP**

Rezultatul se constituie într-un raport care implementează facilități OLAP, prin posibilități de navigare în cadrul ierarhiilor (constituite pe baza legăturilor de tipul 1:n dintre tabele) – *drill/down*, *roll-up*, de interschimbare a elementelor raportului (ceea ce conduce la schimbări de perspectivă asupra datelor) și de realizare a selecțiilor din setul de date inițial.

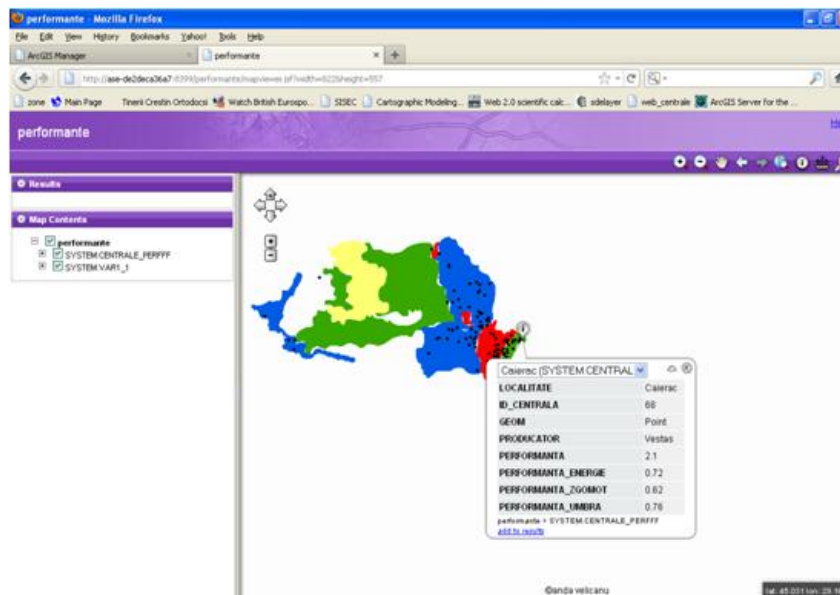
Modelul de analiză și reprezentare a datelor va fi integrat într-o arhitectură ce va cuprinde serverul de date prin care se culeg datele spațiale de la centralele eoliene, le prelucreză și apoi le furnizează serverului de servicii, pentru ca acesta să le poată face publice operatorilor, dar și factorilor de decizie printr-o arhitectură orientată pe servicii. Această arhitectură este reprezentată simplificat în figura 2.12.



**Figura 2.12 - Arhitectura subsistemului geografic**

Fiecărei centrale eoliene îi este asociat un receptor de date, care va transmite la rândul său sistemului informatic valorile înregistrate pentru diverși parametri (viteza vântului, energia produsă, numărul de ore de funcționare etc.). Pe serverul de date, datele spațiale sunt prelucrate prin intermediul unor algoritmi implementați în PL/SQL sau Java. Serverul de servicii preia aceste date și le include în aplicații, livrate ca servicii Web clienților ce au acces la server.





**Figura 2.13 - Afișarea performanțelor centralelor**

Figura 2.13 prezintă modalitățile de vizualizare a datelor geografice prin intermediul aplicației realizate în ArcGIS.

Realizarea prototipului, prevăzută pentru etapa următoare, va implica dezvoltarea funcționalităților acestuia ținând cont de analizele efectuate și aplicând soluțiile propuse în cadrul raportului curent.

## CONCLUZII

Cercetarea de față propune o serie de soluții privind îmbunătățirea metodelor clasice de previziune a energiei produse de centralele energetice eoliene (CEE), precum și pentru proiectarea sistemului de asistare a deciziilor la nivelul OTS. În ceea ce privește cadrul teoretic prezentat, acesta vizează problematici de interes precum: algoritmi și tehnici de data mining, tehnologiile de baze de date relațional-obiectuale, tehnologiile Web cu accent pe standardul XML, baze de date spațiale, depozite de date, toate acestea privite ca elemente necesare dezvoltării prototipului informatic.

Apreciem ca importante și valoroase rezultatele obținute până la momentul actual. Prin parcurgerea activităților prevăzute pentru atingerea obiectivelor proiectului s-au propus și elaborat o serie de soluții privind:

- îmbunătățirea predicțiilor actuale de energie eoliană produsă în centralele instalate pe teritoriul României;
- integrarea surselor de date provenite din centralele energetice eoliene într-o bază de date orientată-obiect;
- modelarea datelor spațiale necesare monitorizării centralelor eoliene și a stațiilor de racordare de pe teritoriul României;
- proiectarea obiectelor depozitului de date necesar construirii sistemului decizional.

*Dacă oportunitatea contribuției practice este evidentă, mai ales pentru mediul economic energetic, abordările teoretice sunt oportune în special din punctele de vedere didactic și științific, îmbinând într-o manieră cuprinzătoare aspectele tehnologice de ultimă generație (tehnologia orientată-obiect, standardul XML, sistemele informaționale geografice, soluțiile de Inteligența Afacerii) cu cele deja consacrate (abordarea relațională).*

*Pornind de la domeniul supus analizei, abordarea interdisciplinară s-a impus ca modalitate de lucru obligatorie pentru realizarea practică a sistemului informatic de asistare a procesului decizional în mediile cu predictibilitate scăzută, precum cel al producerii și prognozei energiei eoliene.*

*Impactul acestei lucrări este ridicat având în vedere caracterul interdisciplinar pe de o parte și pe de altă parte componenta economică pe care acesta o implică. Beneficiarii rezultatelor unor astfel de cercetări sunt: 1) comunitatea academică și științifică; 2) sistemul energetic prin posibilitatea realizării de prognoze eficiente; 3) mediul de afaceri prin motive suplimentare de a investi în centralele eoliene; 4) mediul universitar prin posibilitatea de a aplica prototipul propus în scop didactic.*

**Văitoarele direcții de cercetare aferente fazei 2012** vizează realizarea funcționalităților prototipului de sistem suport pentru asistarea procesului decizional prin parcurgerea următoarelor activități:

- realizarea subsistemului de predicție a energiei produse din surse eoliene și dimensionarea corespunzătoare a rezervelor energetice din sistem;
- realizarea unei rețele de tip GRID pentru accesul în timp util la datele provenite din centralele eoliene și realizarea metadatelor;
- realizarea interfeței și a machetelor de prezentare a datelor la nivelul unităților locale prin aplicarea tehnologiilor și metodelor de analiză utilizate în realizarea sistemelor suport de decizie;
- realizarea modelelor și a funcționalităților pentru analiza datelor la nivelul dispecerului național;

- realizarea interfeței și a machetelor de analiză a datelor la nivelul dispecerului național.

**Diseminarea rezultatelor cercetării** s-a realizat prin publicarea a 11 articole, din care 1 articol ISI și 10 articole indexate în baze de date internaționale.

- Ion Lungu, **Anda Velicanu, Adela Bâra, Iuliana Botha**, Aura Mihaela Mocanu – *Spatial Databases for Wind Parks*, Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research Journal, cotație **ISI Thomson, Web of Science**, ISSN: 0424-267X;
- **Simona Vasilica Oprea, Adela Bâra**, Victor Vlăducu, **Anda Velicanu** - *Data Level's Integrated Model for the National Grid Company's Decision Support System*, Recent Advances in Computers, Communications, Applied Social Science and Mathematics, International Conference on Computers, Digital Communications and Computing (ICDCCC'11), Barcelona, Spain, 15-17 septembrie 2011, pp 167-172, ISBN: 978-1-61804-030-5, WSEAS Press, <http://www.wseas.us/books/2011/Barcelona/ICICIC.pdf> , **ISTP/ISI Proceedings Web of Knowledge**;
- Adela Tudor, **Adela Bara, Iuliana Botha** - *Solutions for analyzing CRM systems - data mining algorithms*, International Journal of Computers, Issue 2, Volume 5, 2011, pp. 485-493, ISSN: 1998-4308, <http://www.naun.org/journals/computers/>, **ISTP/ISI Proceedings Web of Knowledge**
- **Adela Bâra, Anda Velicanu, Iuliana Botha, Simona Vasilica Oprea** - *Data transmission and representation solutions for wind power plants' management systems*, International Journal of Computers, Issue 2, Volume 5, 2011, pp. 476-484, ISSN: 1998-4308, <http://www.naun.org/journals/computers/>, **SCOPUS**
- **Iuliana Botha, Anda Velicanu, Adela Bâra** – *Modeling Spatial Data within Object Relational-Databases*, Database Systems Journal, vol. II, no. 1/2011, pp. 33-42, ISSN: 2069–3230, **BDIN**
- **Adela Bâra, Anda Velicanu, Ion Lungu, Iuliana Botha** - *Using Geographic Information System for Wind Parks' Software Solutions*, International Journal of Computers, Issue 2, Volume 5, 2011, pp. 149-156, ISSN 1998-4308, <http://www.naun.org/journals/computers/>, **SCOPUS**
- **Adela Bâra, Anda Velicanu, Iuliana Botha, Simona Vasilica Oprea** - *Solutions for the Data Level's Representation in a Decision Support System in Wind Power Plants*, The 13<sup>th</sup> International Conference on Mathematical Methods, Computational Techniques and Intelligent Systems, Iasi, Romania, July 1-3, 2011, PUBLISHED IN the volume Recent Researches in Computational Techniques, Non-Linear Systems and Control, pp. 259-264, ISBN: 978-1-61804-011-4, indexed by **ISTP/ISI Proceedings Web of Knowledge**
- Adela Tudor, **Adela Bara, Iuliana Botha** - *Data Mining Algorithms and Techniques Research in CRM Systems*, The 13<sup>th</sup> International Conference on Mathematical Methods, Computational Techniques and Intelligent Systems, Iasi, Romania, July 1-3, 2011, PUBLISHED IN the volume Recent Researches in Computational Techniques, Non-Linear Systems and Control, pp. 265-269, ISBN: 978-1-61804-011-4, indexed by **ISTP/ISI Proceedings Web of Knowledge**

- **Iuliana Botha** – *Managing XML Data to optimize performance into Object-Relational Databases*, revista Database Systems Journal, vol II, nr.1/2011, pp. 3-12, ISSN 2069-3230, **BDIN**
- **Anda VELICANU**, Miruna Mazurencu Marinescu, Radu Mârșanu – *E-services and web services*, The 10<sup>th</sup> International Conference on Informatics in Economy – Education, Research & Business Technologies, Academia de Studii Economice, Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică, Departamentul de Informatică Economică, București, 5-7 Mai 2011, ISSN 2247-1480, **BDIN**.
- **Iuliana Botha, Adela Bâra, Simona-Vasilica Oprea** - *An Implementation Perspective on Object-Relational Databases in Decision Support Systems*, The 10<sup>th</sup> International Conference on Informatics in Economy, Bucharest, Romania, May 5-7, 2011, PUBLISHED IN The Proceedings of the Tenth International Conference on Informatics in Economy, 2011, ISSN: 2247-1480, ISSN-L: 2247-1480, **BDIN**

Deasemenea, trei dintre membrii echipei au participat în calitate de co-autori la realizarea cărții:

- Ion Lungu (coord.), **Adela Bâra**, Constanța Bodea, **Iuliana Botha**, Vlad Diaconița, Alexandra Florea, **Anda Velicanu** – *Tratat de baze de date. Vol I. Baze de date. Organizare, proiectare și implementare*, AES Printing House, Bucharest, 2011, în curs de publicare.

Pe parcursul derulării fazei 2011, s-au finalizat 2 teze de doctorat ale membrilor echipei de cercetare, și anume:

- Anda Velicanu – Baze de date spațiale în arhitectură orientată pe servicii, conducător științific prof.univ.dr. Ion Lungu;
- Iuliana Botha - Integrarea tehnologiilor Web cu bazele de date relațional-obiectuale în contextul noii economii, conducător științific prof.univ.dr. Manole Velicanu.

## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [BARA07] Adela Bâra, *Soluții informatice pentru managementul strategic*, Teză de doctorat, Academia de Studii Economice, București, 2007
- [BOBA11a] Iuliana Botha, Adela Bâra, Simona-Vasilica Oprea, *An Implementation Perspective on Object-Relational Databases in Decision Support Systems*, volumul *The Proceedings of the Tenth International Conference on Informatics in Economy*, 2011, ISSN: 2247-1480, ISSN-L: 2247-1480
- [BOFL09] Iuliana Botha, Alexandra Florea, *Aspecte privind interoperabilitatea prin intermediul serviciilor Web*, Simpozionul Internațional al Tinerilor Cercetători 2009 (Ediția a VII-a), Aprilie 2009 – teleconferință organizată de Academia de Studii Economice din Moldova, publicată în volumul *The proceedings of the 7th International Symposium of Young Researchers*, Vol. I, 2009, ISBN: 978-9975-75-415-6
- [BOTH11] Iuliana Botha, *Managing XML Data to optimize Performance into Object-Relational Databases*, revista *Database Systems Journal*, vol. II, no. 2/2011, pp. 3-12, ISSN 2069-3230, indexată în BD internaționale
- [BOTH11b] Iuliana Botha, *Integrarea tehnologiilor Web cu bazele de date relațional-obiectuale în contextul noii economii*, teză de doctorat, 2011
- [CNCSIS06] Ion Lungu, Manole Velicanu, Ion Roșca, Adela Bâra, Vlad Diaconița, Iuliana Botha (2006), *Tehnologii informatice pentru integrarea sistemelor instituțiilor publice*, contract CNCSIS
- [DIBO07] Vlad Diaconița, Iuliana Botha, *The Level of system integration in Romania*, vol. *The Proceedings of the Eighth International Conference on Informatics in Economy*, 2007, pp. 169-174, ISBN 978-973-594-921-1
- [HEIE06] Siegfried Heier, *Grid integration of wind energy conservation systems*, John Willey & Sons Ltd., 2006
- [ICEM07] ICEMENERG – *Evaluarea potențialului eolian în zone de interes din România pe bază de măsurători în concordanță cu procedurile actuale pe plan european, stabilirea soluțiilor de valorificare și indicatori de performanță. Faze 1-3*, București, 2007
- [IOSU11] Florin Iosub, *Evoluția Sistemelor Informaționale Geografice (GIS)* <http://earth.unibuc.ro/articole/evoluia-sistemelor-informaionale-geografice-gis>
- [LUBO07] Ion Lungu, Ana-Ramona Bologa, Adela Bâra, Vlad Diaconița, Iuliana Botha, *Integrarea sistemelor informatice*, ed. ASE, București, 2008, ISBN 978-973-594-975-4
- [OPRE09] Simona Oprea, *Aspecte privind accesul deschis la rețelele electrice. Integrarea surselor regenerabile de energie*. Teza de doctorat, Universitatea Politehnică București, 2009
- [TRAN11] [www.transelectrica.ro](http://www.transelectrica.ro), raport privind producția eoliană
- [WIND11] Wind Turbines - Disponibil: [http://www.ubi-therm.ro/html/turbine\\_eoliene.html](http://www.ubi-therm.ro/html/turbine_eoliene.html)