

SIMULAREA FUNCȚIONĂRII PIEȚEI DE ENERGIE ELECTRICĂ PE ZIUA URMĂTOARE
CU AJUTORUL APLICAȚIEI AMES MARKET
- PROIECT PENTRU DISCIPLINA PIEȚE DE ENERGIE ȘI POLITICI ENERGETICE -

Acest document va descrie următoarele aspecte:

- obținerea și instalarea mediului de programare NetBeans IDE, necesar rulării aplicației AMES Market;
- instalarea și pornirea aplicației AMES Market;
- rularea unui studiu de caz și preluarea rezultatelor;
- etapele de lucru ale proiectului.

Aplicația **AMES** (Agent-based Modeling of Electricity Systems - modelare a sistemelor electroenergetice cu ajutorul agenților inteligenți) **Wholesale Power Market Test Bed** (platformă software test pentru simularea pieței angro de energie electrică), dezvoltată de prof. Leigh Tesfatsion de la Universitatea din Iowa, Statele Unite ale Americii, implementează modelul de piață angro de energie electrică propus de NERC în 2003 și funcțională în prezent pe mai multe piețe concurențiale de energie electrică din SUA: Midwest (MISO), New England (ISO-NE), New York (NYISO), PJMB, California (CAISO), SPP și Texas (ERCOT).

Caracteristicile definitorii ale modelului de piață NERC sunt:

- administrarea centralizată a pieței, de către o entitate administrator comercial;
- funcționare în sistem piață pe ziua următoare (PZU) cuplat cu piață în timp real;
- implementarea sistemului de prețuri marginale locale (locational marginal pricing - LMP) pentru energie electrică, cu prețuri marginale de sistem diferite în nodurile rețelei, în cazul apariției unor congestii (depășiri ale capacității de transport a liniilor electrice).

Deși aplicația AMES are posibilitatea să învețe, cu ajutorul unui algoritm de optimizare, astfel încât producătorii să își regleze ofertele în timp în vederea maximizării profitului, ea va fi utilizată în cadrul proiectului doar pentru determinarea ordinii de merit pe PZU, conform unor oferte de preț și cantitative transmise operatorului de sistem (OS) de către participanții la piață, producători și furnizori.

1. Descărcarea și instalarea aplicației AMES Market

Aplicația AMES rulează sub sistemele de operare Windows, MAC OS și Linux și este oferită open-source, pe site-ul <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/AMESMarketHome.htm>. În secțiunea Software Downloads and Supporting Materials (descărcare programe și materiale ajutătoare), se descarcă separat aplicația propriu-zisă - **AMES Market Package** - și platforma Java și mediul de programare NetBeans IDE necesare rulării acesteia - **Development Software** - (Fig. 1). **Dintre variantele existente pe site, se va descărca versiunea 2.06.**

Din secțiunea **AMES Market Package, - Version 2.06** se va folosi în continuare varianta completă, care include și studiile de caz, ([src zipfile, 4.7MB](#)), iar din secțiunea Development Software, accesând legătura **Java SE Download Page**, se va alege pachetul **NetBeans IDE** (Fig. 1 și 2).

1. Descărcarea AMES Market și Java+NetBeans

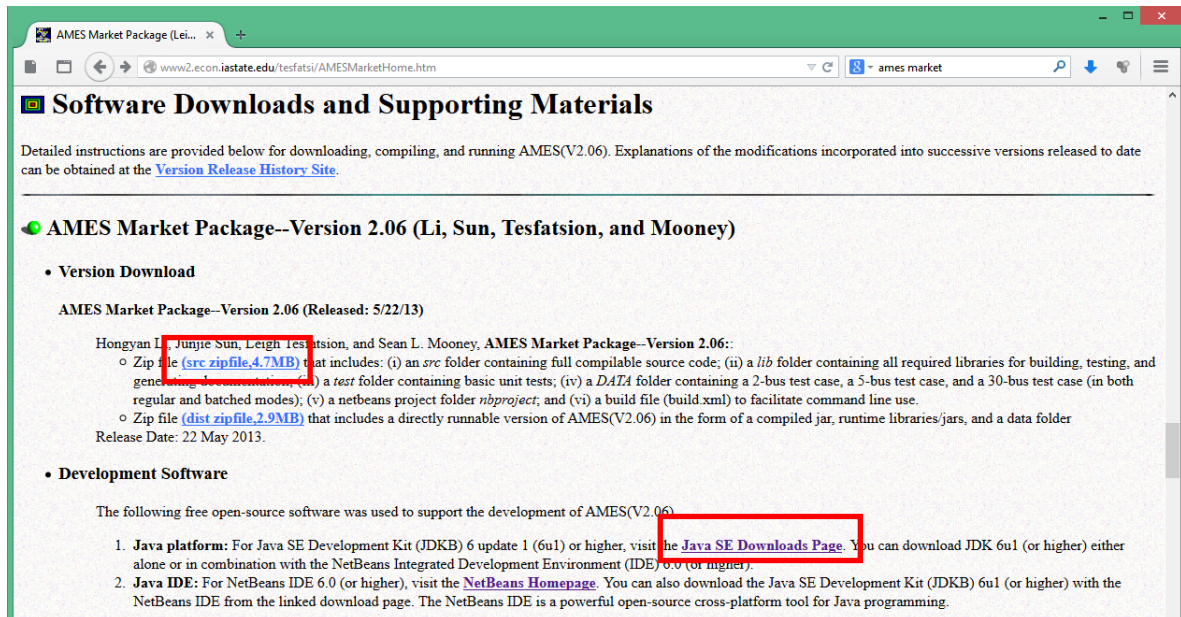


Fig. 1 - Localizarea descărcărilor necesare pentru utilizarea aplicației AMES Market și descărcarea aplicației

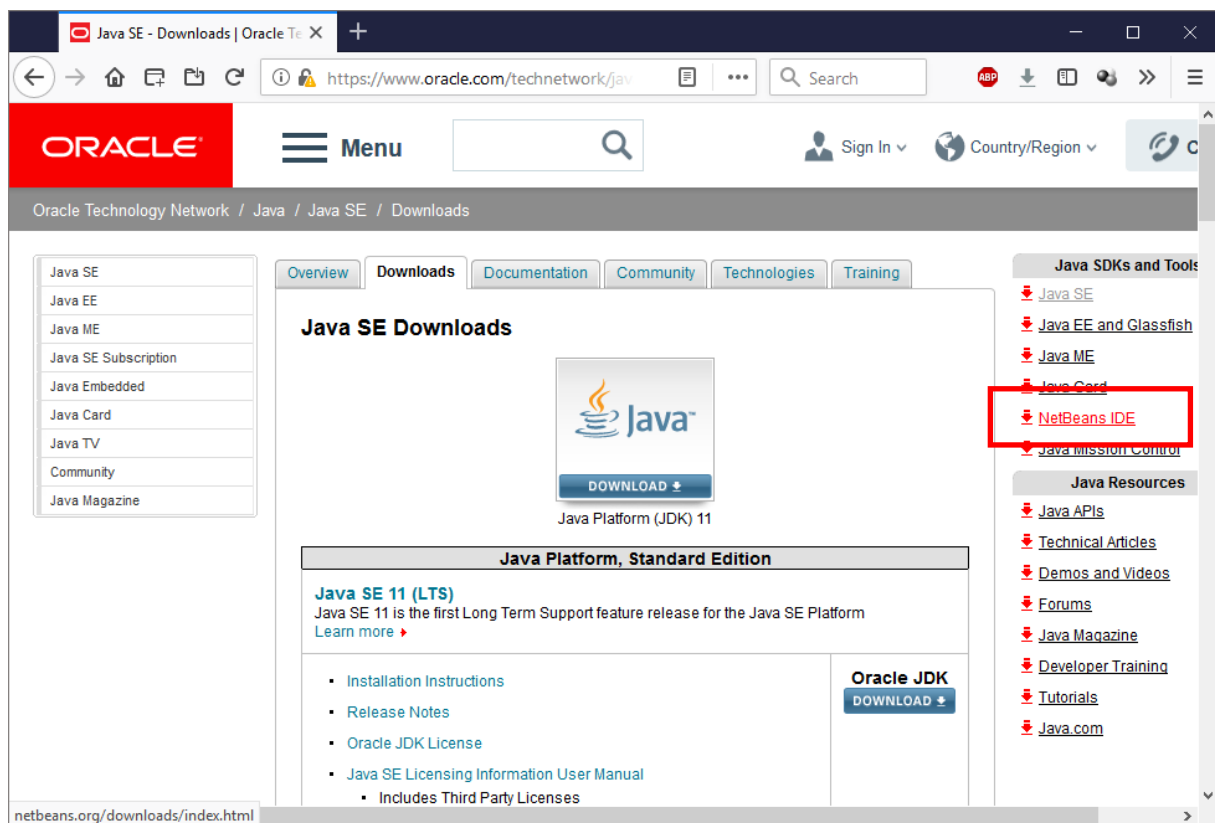


Fig. 2 - Descărcarea Java și NetBeans

Se va alege din pagina de descărcare versiunea completă a pachetului NetBeans. Aceasta trebuie instalată pe calculator, pentru a fi folosită la rularea aplicației AMES Market. Instalarea se realizează în câteva minute., folosind opțiunile implicite.

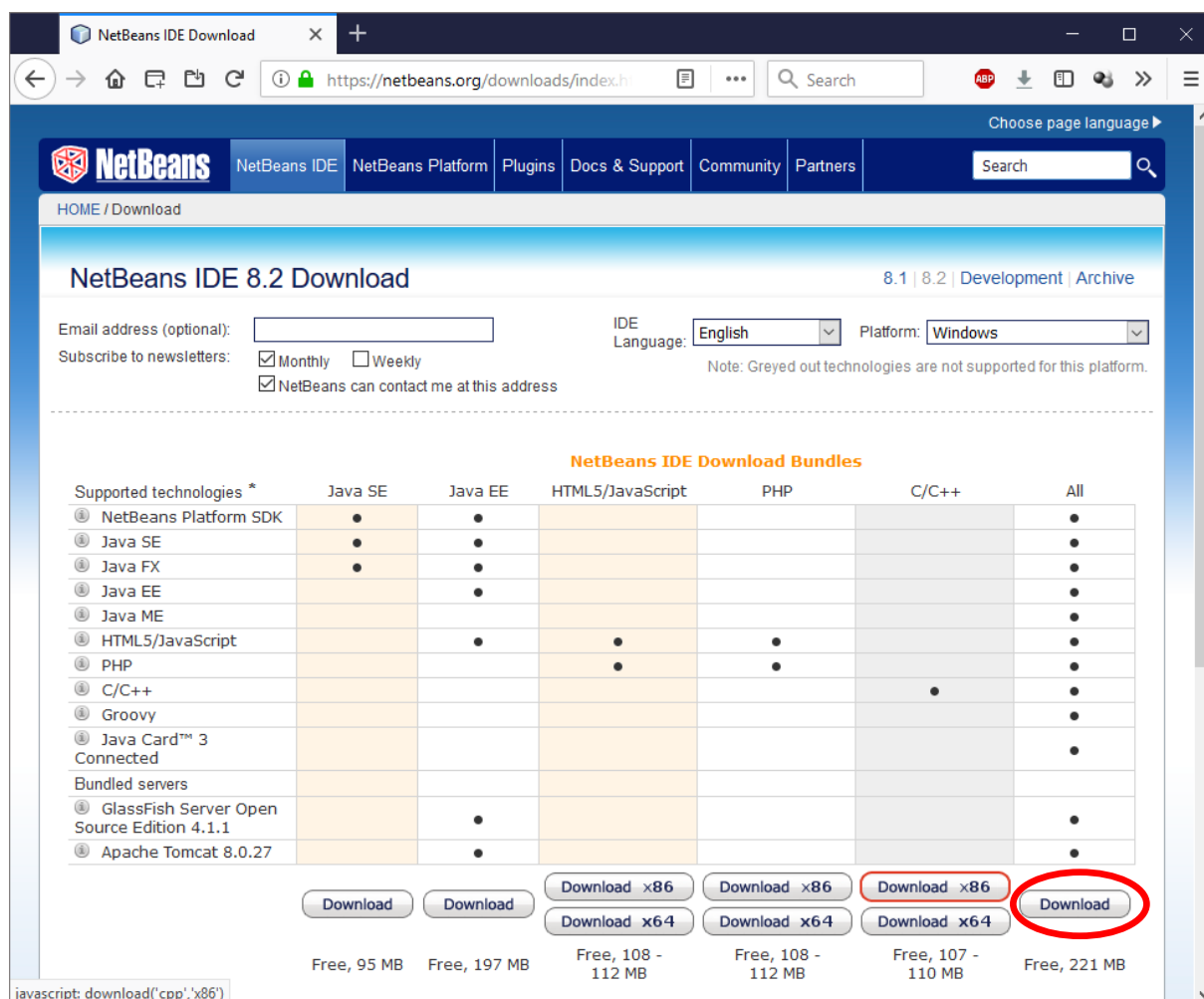
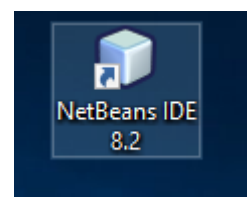


Fig. 3 - Alegerea versiunii Java+NetBeans

Platforma NetBeans instalată poate fi lansată în execuție folosind pictograma de pe desktop sau căutând programul în meniul de start Windows.



1.C. Instalarea aplicației AMES Market în NetBeans

Următoarea etapă pregătitoare este instalarea aplicației AMES Market. Pentru aceasta, se dezarchivează conținutul arhivei ZIP **AMESMarket.V2.06-src** descărcată anterior, într-un director la alegere. În această prezentare, s-a folosit rădăcina discului D:. Arhiva conține directorul **ames-2.06-src**, cu toate fișierele necesare rulării studiilor de caz (Fig. 4).

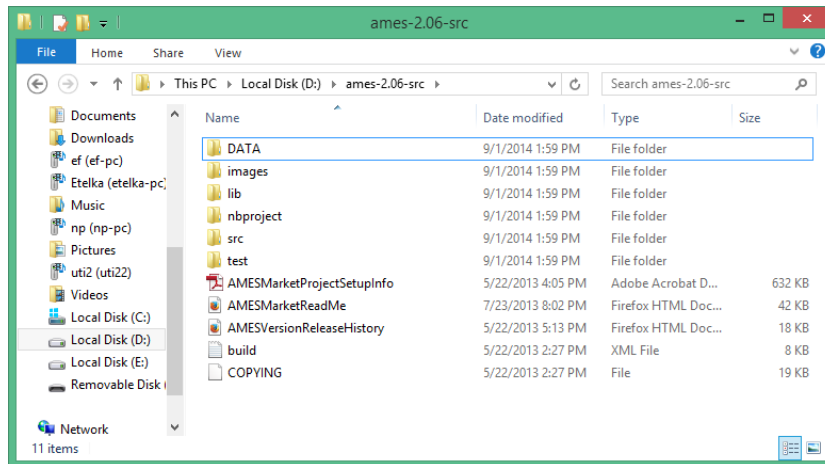


Fig. 4 - Pachetul AMES Market dezarhivat

Apăsându-se butonul **Open Project (Deschide Proiect)** (alternativ, se poate alege opțiunea **Open Project** din meniul **File**), se navighează până la proiectul dezarhivat și apoi se apasă pe butonul **Open Project**

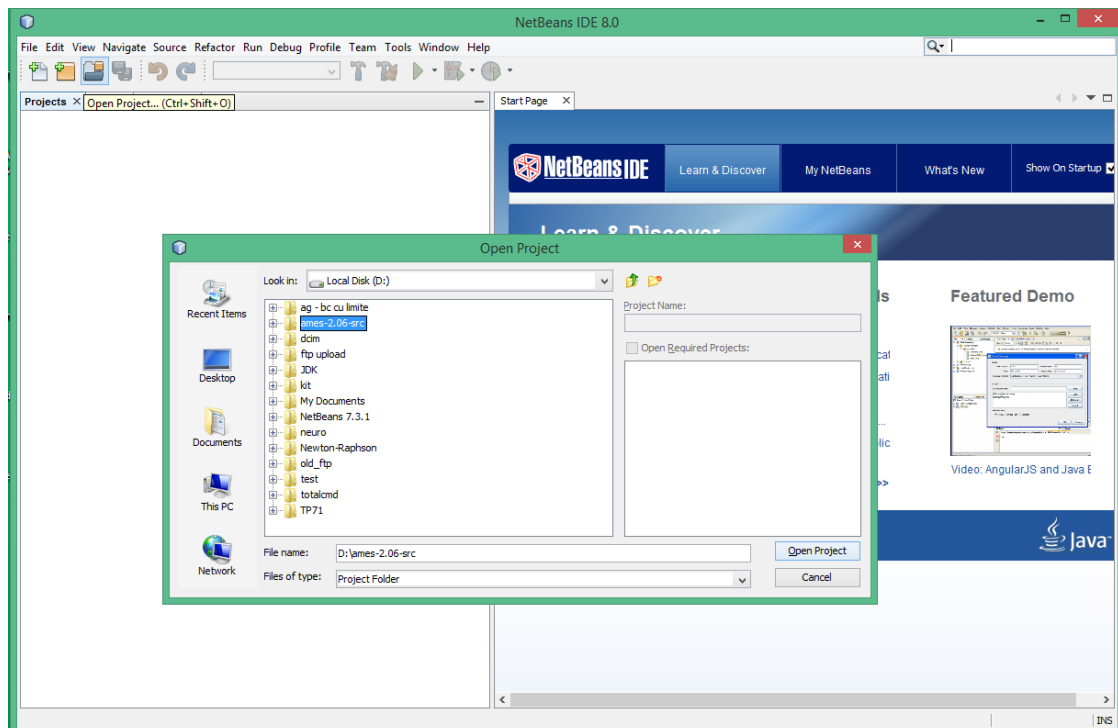
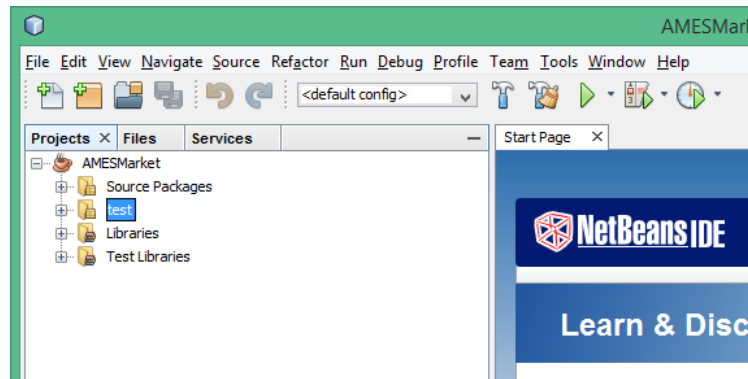


Fig. 5 - Încărcarea proiectului AMES Market în NetBeans

În fereastra principală NetBeans, în zona **Projects** (Proiecte), se poate observa proiectul încărcat, gata pentru utilizare. Încărcarea se face o singură dată, iar proiectul va fi memorat și disponibil pentru rulare ulterioară fără a fi necesară reîncărcarea la fiecare lansare în execuție a platformei NetBeans.



2. Rularea aplicației AMES Market

Deoarece în NetBeans pot fi încărcate mai multe proiecte în paralel, lansarea în execuție a unui proiect încărcat trebuie comandată de către utilizator. Ea se face apăsând butonul **Run** (Rulare), alegând opțiunea **Run Project** din meniul **Run** sau apăsând tasta **F6**. Oricare dintre aceste operațiuni va lansa în execuție proiectul selectat (marcat cu albastru). Este necesară selectarea prealabilă a proiectului dorit.

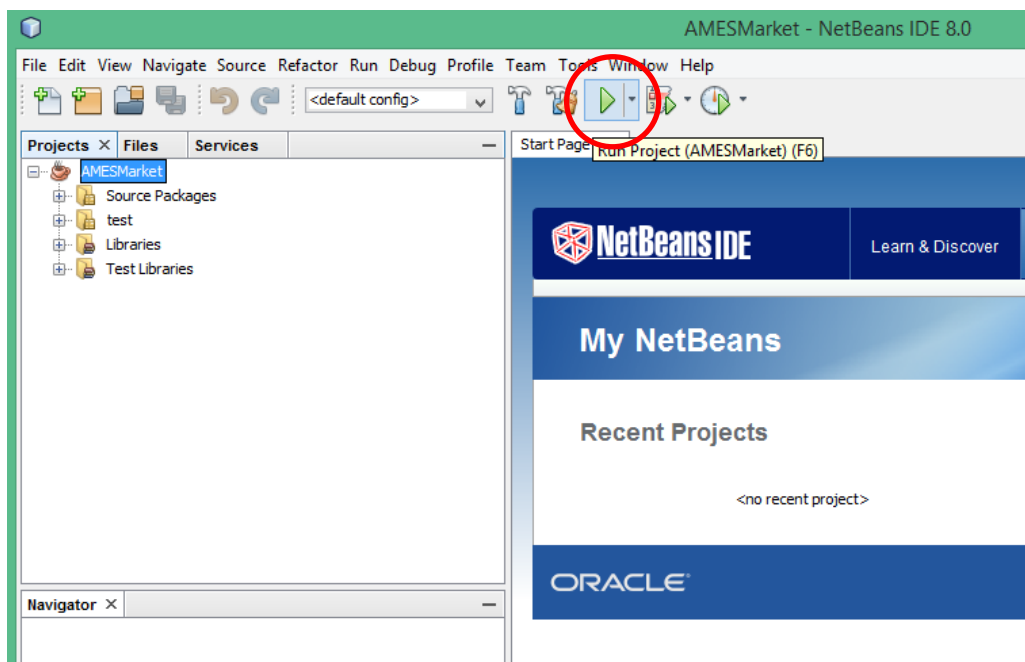
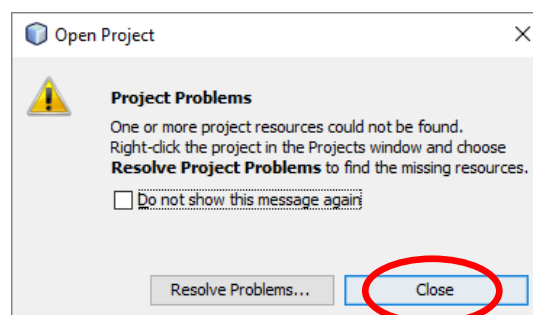


Fig. 6 - Lansarea în execuție a aplicației AMES Market

După apăsarea butonului **Run**, este posibil să fie afișată următoarea fereastră de eroare:



Aceasta va fi ignorată. Se va apăsa pe butonul **Close**, iar aplicația AMES Market se va deschide într-o fereastră separată (Fig. 7).

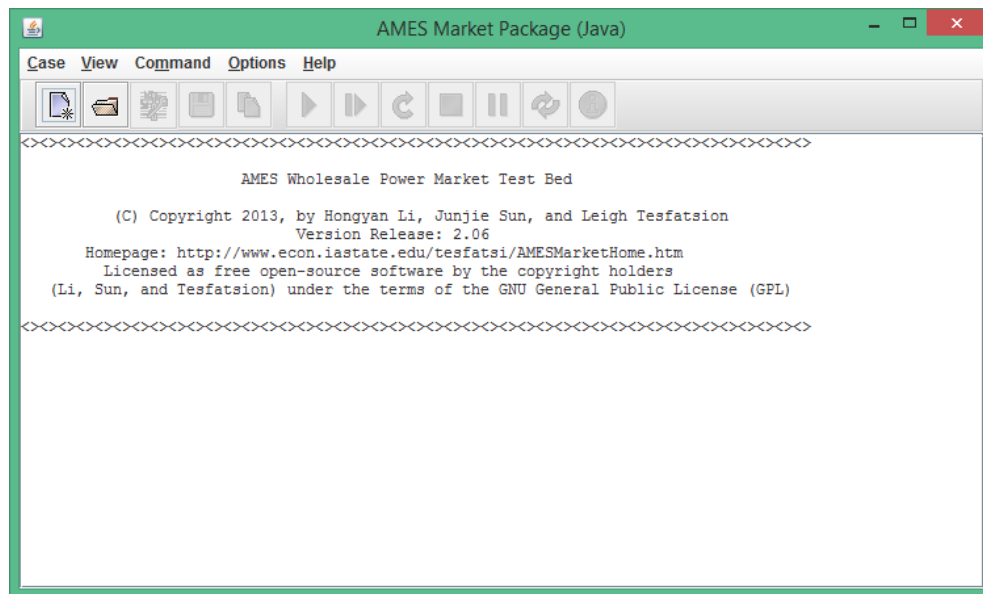


Fig. 7 - Fereastra principală a aplicației AMES Market

3. Rularea unui studiu de caz și preluarea rezultatelor

În cadrul proiectului, se vor utiliza studiile de caz livrate în pachetul AMES. Acesta conține două asemenea studii de caz, unul pentru o rețea cu cinci noduri și al doilea pentru rețeaua test IEEE cu 30 de noduri. Principiile de utilizare ale programului vor fi explicate pe schema test cu 5 noduri, prezentată în Fig. 7.

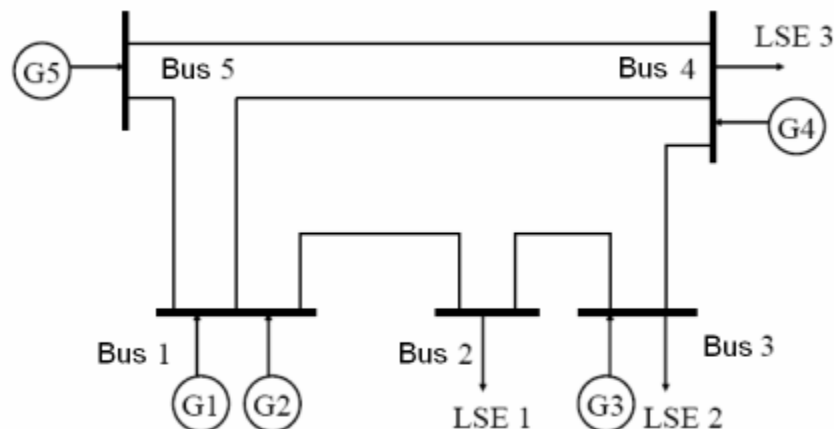


Fig. 7 - Rețeaua test cu 5 noduri implementată în aplicația AMES Market

3.A Vizualizarea și modificarea parametrilor inițiali ai unui studiu de caz

Programul nu dispune de o interfață grafică pentru vizualizarea schemelor și introducerea parametrilor studiilor de caz. Parametrii se introduc și se modifică doar în format text, sub formă tabelară.

Încărcarea rețelei test cu 5 noduri se realizează apelând opțiunea **Load Test Case** (Încarcă caz test) din meniul **Case** (Caz), și alegând rețeaua cu 5 noduri (**5-Bus Test Case**) (Fig. 8). O variantă alternativă este utilizarea butonului **Open Case** (Deschide studiu de caz) din bara de butoane a ferestrei principale (Fig. 9).

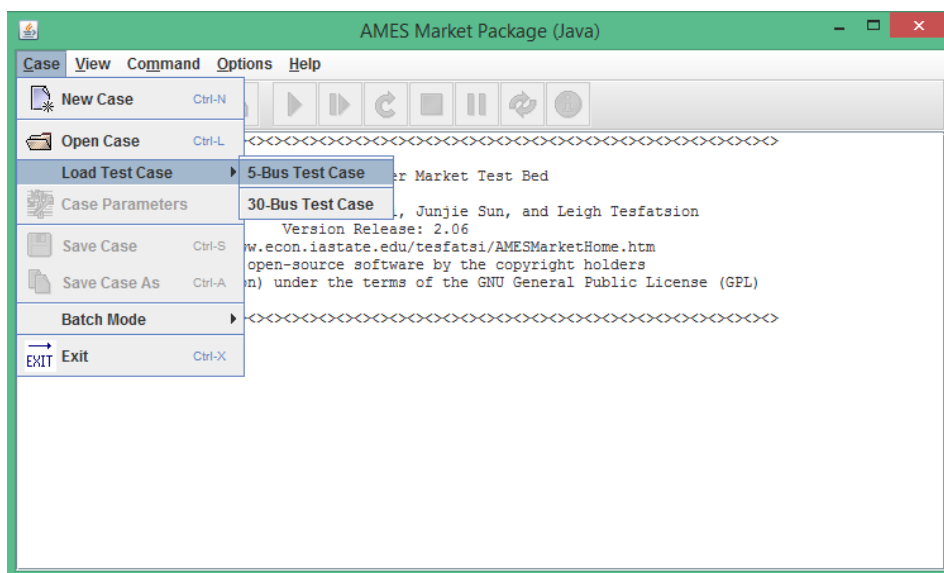


Fig. 8 - Încărcarea rețelei test cu 5 noduri

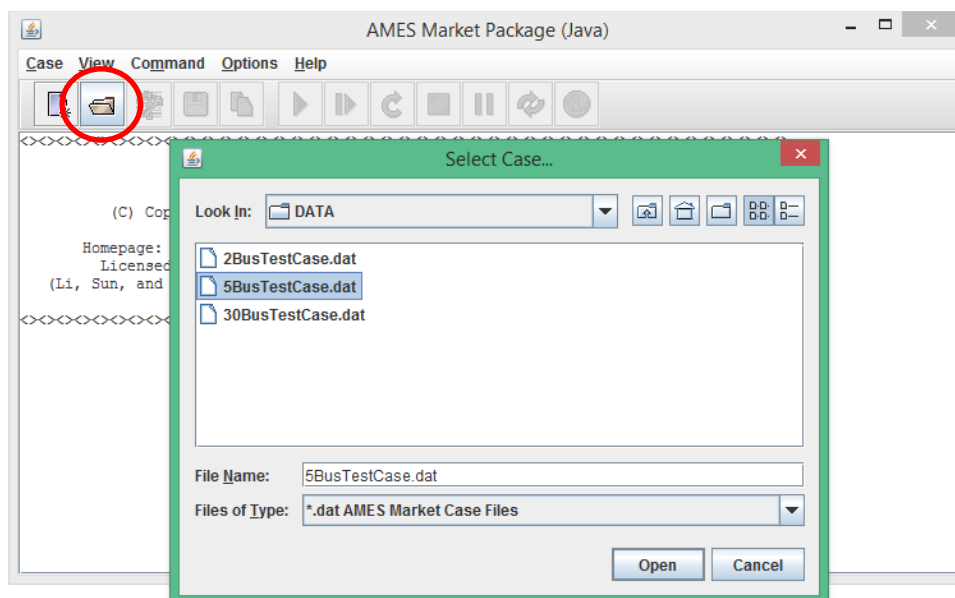


Fig. 9 - Încărcarea unui studiu de caz folosind butonul Open Case

Cazurile test sunt salvate în directorul DATA existent în arhiva AMES descărcată.

Încărcarea studiului de caz este semnalizată de program prin afișarea în fereastra principală a textului **Load default 5-bus case data**. (S-a încărcat cazul implicit cu 5 noduri).

Pentru vizualizarea și modificarea parametrilor studiului de caz, se apasă pe butonul **Case Parameters** din bara de butoane a ferestrei principale (Fig. 10). Apăsarea acestui buton deschide o fereastră prin care se pot trece în revistă datele definite pentru studiul de caz, în șase pași.

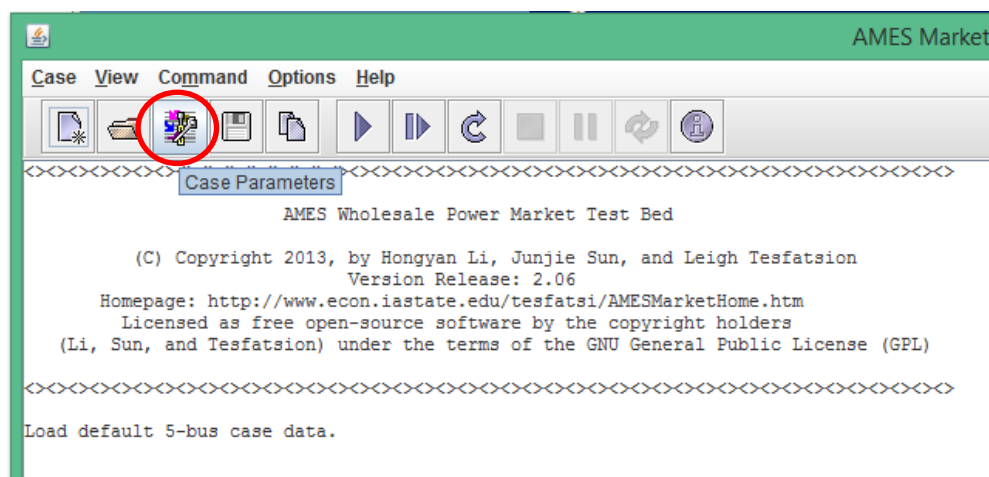


Fig. 10 - Vizualizarea parametrilor unui studiu de caz

Navigarea între cei șase pași se realizează cu ajutorul butoanelor **Prev** (previous, anterior), **Next** (următor) și **Cancel** (anulare) din partea de jos a ferestrei.

Pasul 1: Parametrii globali ai studiului de caz (Step 1: Global Input Parameters)

În prima fereastră (Fig. 11) se indică următorii parametri:

- Numărul de noduri (Grid Buses)
- Numărul de laturi (Grid Branches)
- Numărul de generatoare sau producători sau vânzători de energie electrică (GenCos, Generation Companies)
- Numărul de furnizori sau cumpărători de energie electrică (LSEs, Load Serving Entities)
- tensiunea de bază (Voltage Base) și puterea aparentă de bază (Apparent Power Base) pentru claculul în unități relative

Rețeaua test cu 5 noduri din Fig. 7 are cinci noduri, șase laturi, cinci producători și trei furnizori.

Input total number of	
Grid Buses	5
Grid Branches	6
GenCos	5
LSEs	3

Set base values for voltage and apparent power	
Voltage Base	10.0
Apparent Power Base	100.0

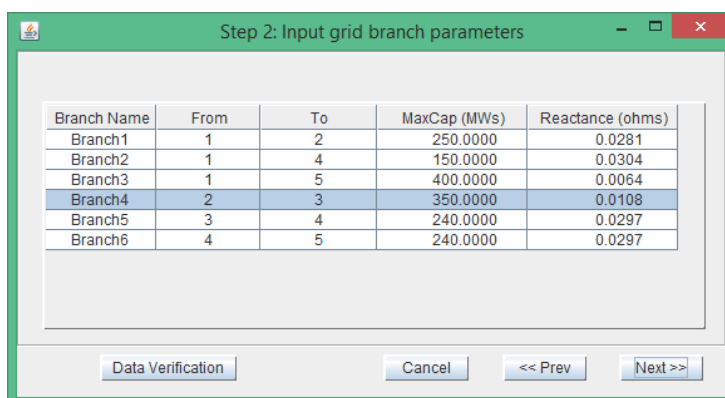
Fig. 11. Parametrii globali de intrare ai unui studiu de caz

Pasul 2: Parametrii inițiali ai laturilor (Step 2: Input Grid Branch Parameters)

Pentru laturi, sunt de interes următorii parametri (Fig. 12):

- Numele (Branch Name)
- Nodul de plecare (From)
- Nodul de sosire (To)
- Capacitatea de transport, puterea maximă în MW ce poate fi transferată pe linie (MaxCap (MWs) Maximum Capacity)
- Reactanța laturii, în unități relative (Reactance)

De exemplu, pentru rețeaua test cu cinci noduri, cea de/a patra latură de finită se numește Branch4, leagă nodul 2 de nodul 3, are o capacitate maximă de transport de 350 MW și o reactanță de 0.0108 u.r.



Branch Name	From	To	MaxCap (MWs)	Reactance (ohms)
Branch1	1	2	250.0000	0.0281
Branch2	1	4	150.0000	0.0304
Branch3	1	5	400.0000	0.0064
Branch4	2	3	350.0000	0.0108
Branch5	3	4	240.0000	0.0297
Branch6	4	5	240.0000	0.0297

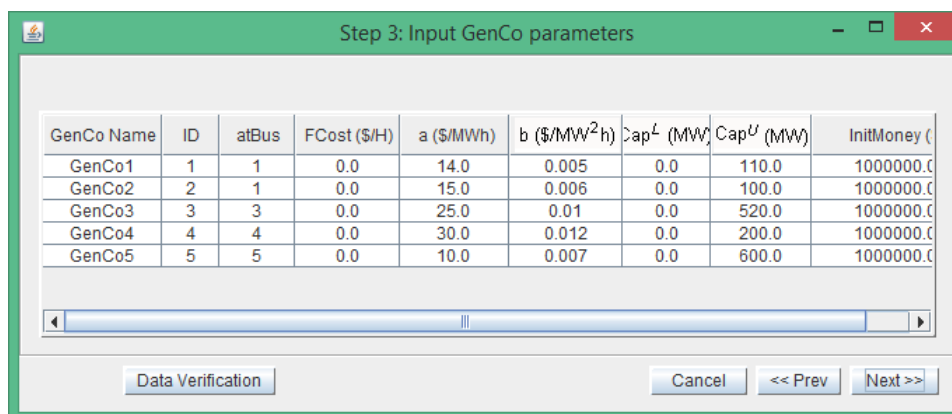
Fig. 12: Parametrii laturilor

Pasul 3: Parametrii inițiali pentru producători (Step 3: Input GenCo Parameters)

Pentru studiul realizat în cadrul proiectului, sunt de interes doar următorii parametri (Fig. 13).

- GenCo Name (Numele producătorului)
- Nodul în care funcționează producătorul (atBus)
- Costurile variabile de producție a (\$/MWh) - cu combustibilii, costuri de pornire-oprire
- Costurile fixe de producție - b (\$/MW²h) rate bancare pentru achitarea investiției inițiale, costuri salariale, de întreținere programata etc.
- Capacitatea de producție - Cap^U (MW)

Restul parametrilor definiți pentru producători vor fi lăsați la valorile lor inițiale:



GenCo Name	ID	atBus	FCost (\$/h)	a (\$/MWh)	b (\$/MW ² h)	Cap ^L (MW)	Cap ^U (MW)	InitMoney (.
GenCo1	1	1	0.0	14.0	0.005	0.0	110.0	1000000.0
GenCo2	2	1	0.0	15.0	0.006	0.0	100.0	1000000.0
GenCo3	3	3	0.0	25.0	0.01	0.0	520.0	1000000.0
GenCo4	4	4	0.0	30.0	0.012	0.0	200.0	1000000.0
GenCo5	5	5	0.0	10.0	0.007	0.0	600.0	1000000.0

Fig. 13 Parametrii producătorilor

De exemplu, producătorii din nodurile 2 și 5 ai rețelei test cu 5 noduri (Fig. 13) vor intra în concurență pe piață pentru deservirea furnizorilor la costuri fixe aproximativ egale și costuri variabile diferite. Programarea lor pe piață se va face de către OS în funcție de prețul oferat, cererea orară, capacitatea de transport a liniilor electrice din rețea și capacitatea de producție a fiecărui producător. Deși un producător poate avea costuri de producție mari și oferte la un preț ridicat, el poate intra, totuși, pe piață dacă oferta producătorilor mai ieftini nu acoperă în totalitate cererea sau capacitatea de transport a rețelei ce leagă producătorii de anumiți furnizori este insuficientă pentru a permite livrarea întregii cantități de energie disponibile din punct de vedere comercial. Astfel, restricțiile de rețea pot încuraja anumiți producători să ofere energia electrică spre vânzare la un preț ridicat în mod artificial, sporindu-și profitul prin aceste jocuri de piață.

Pasul 4: Variant of Roth Erev RL: Parameters

Această fereastră permite modificarea parametrilor de învățare ai producătorilor (modelați ca agenți inteligenți) pentru algoritmul de învățare folosit de AMES market pentru creșterea în timp a profiturilor obținute de producători. Ea nu este de interes pentru studiul pieței pe ziua următoare realizat în proiect.

Pasul 5 - Parametrii inițiali ai furnizorilor (Step 5: Input LSE Parameters)

Pentru fiecare furnizor, selectat din lista derulantă **LSE Name** (Fig. 14), se pot defini:

- orele la care furnizorul cumpără energie electrică de pe PZU, la preț fix sau variabil (bifele duble FLAG00-FLAG23)
- cantitățile de energie achiziționate la prețuri fixe (fixed demand) și variabile (price-sensitive demand), pe fiecare oră
-

Step 5: Input LSE parameters

LSE name: LSE1 Add Delete

ID No: LSE1 Bus No: 2

Flag Selection for Elastic Price-Sensitive Demand by Hour

FLAG-00	FLAG-01	FLAG-02	FLAG-03	FLAG-04	FLAG-05	FLAG-06	FLAG-07	FLAG-08	FLAG-09	FLAG-10	FLAG-11	FLAG-12	FLAG-13	FLAG-14	FLAG-15	FLAG-16	FLAG-17	FLAG-18	FLAG-19	FLAG-20	FLAG-21	FLAG-22	FLAG-23
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fixed Demand Values by Hour

H-00 (MW)	H-01 (MW)	H-02 (MW)	H-03 (MW)
350.0000	322.9300	305.0400	296.0200

Price-Sensitive Demand Function Parameters by Hour

Hour Index	c (\$/MWh)	d (\$/MW²h)	SLMax (MW)
0	35.5	0.04	35.0
1	33.95	0.04	32.29
2	32.92	0.04	30.5
3	32.4	0.04	29.6
4	31.89	0.04	28.72
5	30.45	0.04	26.46

Data Verification Cancel << Prev Next >>

Fig. 14 - Parametrii furnizorilor

Pasul 6: Parametrii de control ai simulării (Step 6: Simulation parameters control)

În ultimul pas, pot fi modificați parametrii inițiali ai algoritmului de optimizare utilizat de aplicație pentru reglarea în timp a ofertelor producătorilor în vederea maximizării profitului. Singurul parametru modificat va fi cel de oprire. Valoarea implicită 50 va fi înlocuită cu valoarea 1, oprire după o singură zi (Fig. 15).

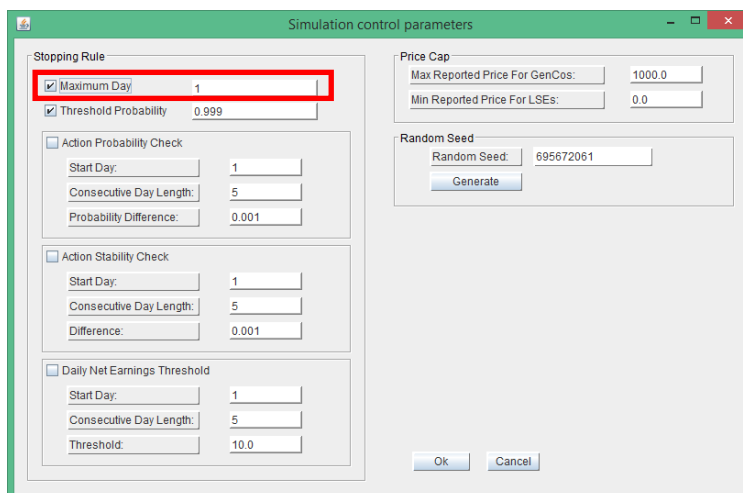


Fig. 15: Parametrii de simulare

3.B. Salvarea modificărilor și rularea unei simulări

Dacă se fac modificări în studiul de caz, ele pot fi salvate folosind butoanele **Save Case**



ori **Save Case As...**



pentru a suprascrie cazul existent, respectiv a crea un nou studiu de caz pe baza valorilor modificate, păstrând și cazul inițial.

Pornirea simulării se face apăsând butonul **Run**.



Toate aceste comenzi se regăsesc și în meniurile **Case** (Studiu de caz) și **Command** (Comenzi).

3.C. Preluarea rezultatelor

După încheierea simulării, aplicația scrie rezultatele obținute într-un fișier numit 5BusTestCase_temp.out. Ele pot fi vizualizate direct folosind meniul **View** (Vizualizare), sub formă grafică (**Output Charts**) și tabelară (**Output Tables**) (Fig. 16).

În cadrul proiectului, se vor prelua și se vor comenta datele în formă grafică. Sunt de interes seturile de date

- **GenCo Commitments (Benchmark)** - programarea orară a producătorilor
- **GenCo Profits (Benchmark)** - profiturile orare ale producătorilor
- **LMPs (Benchmark)** - prețurile marginale orare în fiecare nod

Acestea pot fi accesate din fereastra **Output Chart View** (Vizualizare grafice de ieșire), invocată din meniul **View > Output Charts**. În Fig. 16 sunt afișate pentru exemplificare prețurile marginale nodale corespunzătoare datelor inițiale ale studiului de caz cu 5 noduri.

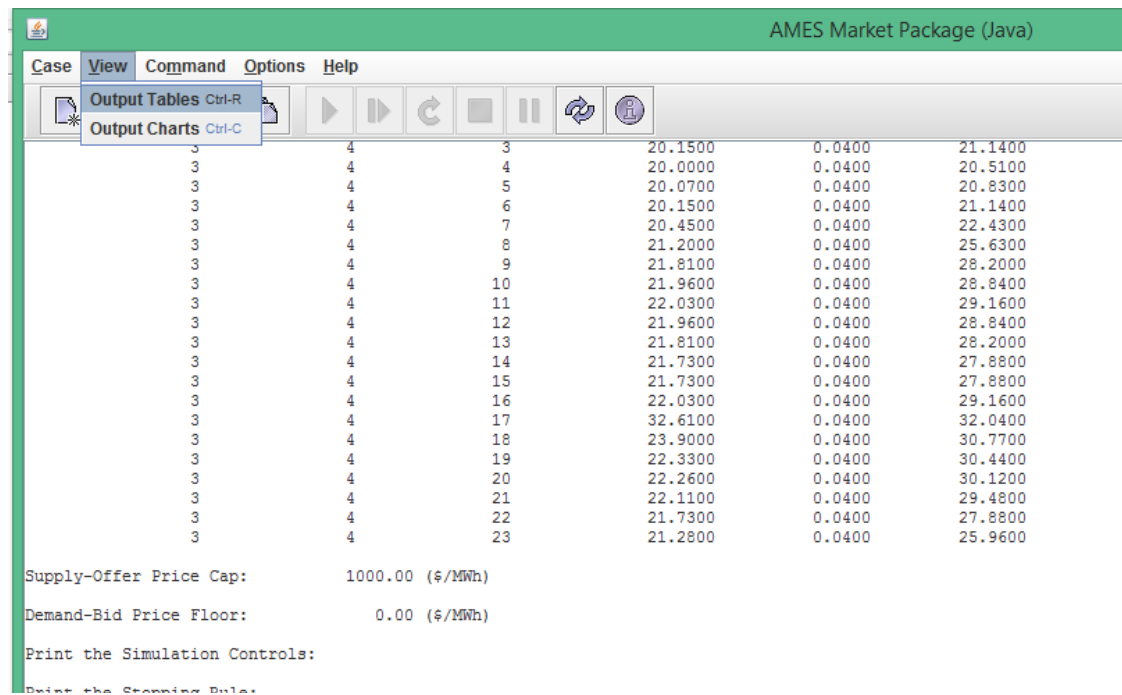


Fig. 16 - Vizualizarea rezultatelor unei simulări

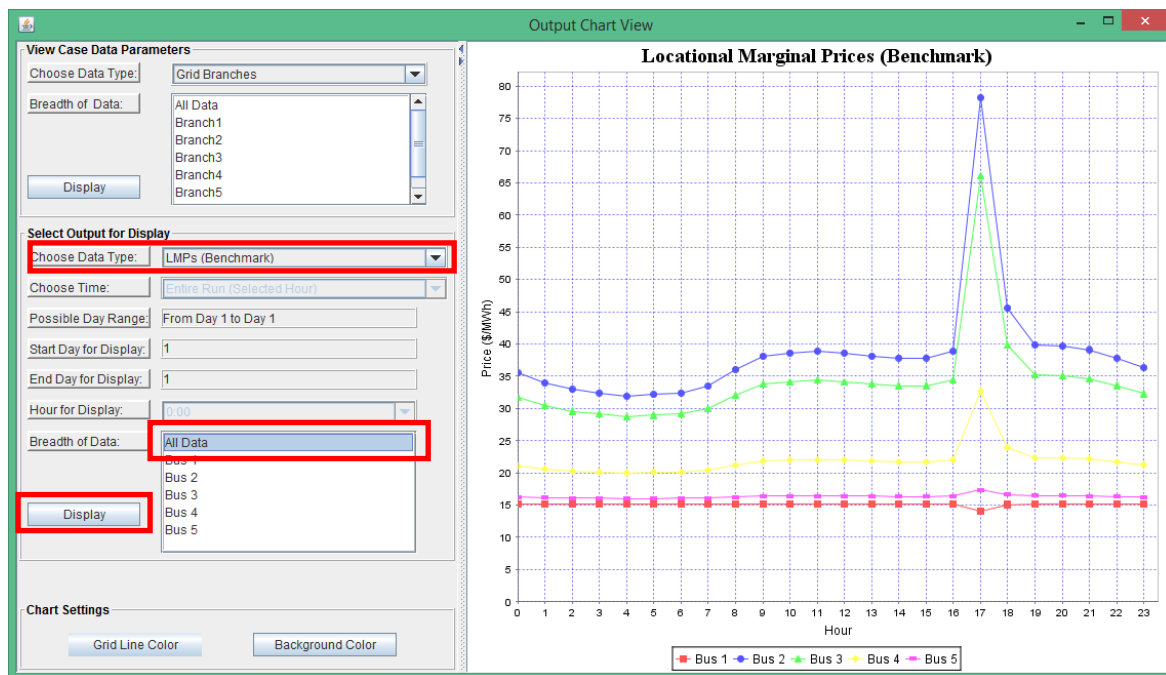


Fig. 17 - Afișarea grafică a rezultatelor unei simulări

4. Etapele proiectului

Pentru rețelele test cu 5 noduri și IEEE30:

Etapă 1:

- să se figureze pe schemele monofilare capacitățile de transport ale laturilor și disponibilitatea de producție a producătorilor, conform datelor inițiale ale studiilor de caz, extrase din aplicația AMES Market
- să se extragă din aplicația AMES Market curbele pe 24 de ore ale cererii furnizorilor
- și să se facă o analiză preliminară a posibilităților de programare a producătorilor în funcție de cerere, capacități de transport și ofertele de preț ale producătorilor.

Etapă 2 :

Să se extragă din aplicația AMES Market, să analizeze și să se comenteze comparativ rezultatele precizate în paragraful 3.C în următoarele cazuri:

- cazul inițial, cu parametrii implicați pentru producători și furnizori;
- cazul inițial modificat prin egalizarea costurilor fixe de producție ale producătorilor;
- cazul inițial modificat prin egalizarea costurilor fixe de producție ale producătorilor și limitarea capacității de transport la 30% din valoarea inițială pe liniile care leagă producătorii cei mai ieftini;
- cazul inițial modificat prin egalizarea costurilor fixe de producție ale producătorilor și limitarea capacității de transport la 30% din valoarea inițială pe liniile care leagă la rețea producătorii cei mai profitabili.