

Determinarea factorilor de influență ai consumului de energie electrică în stația de epurare Oradea

Determining factors that influence energy consumption in Oradea WWTP

Gheorghe-Constantin Ionescu¹, Emil Gligor², Florin Dan³

¹Universitatea din Oradea,
Str. Universității nr. 1 – Oradea, Romania
e-mail: gheionescu@gmail.com

²Universitatea din Oradea,
Str. Universității nr. 1 – Oradea, Romania
e-mail: gligoremil13@yahoo.com

³Centru de cercetare Interobiz,
Penes Curcanul Nr.4, Oradea, Romania
e-mail: florin.dan@interobiz.ro

Rezumat. Stațiile de epurare sunt consumatori importanți de energie electrică din sistemul energetic național. Determinarea factorilor ce influențează consumul de energie electrică este primul pas în reducerea costurilor cu energia electrică, cost care deține un procent important în costul total de operare al stației, consumul lunar fiind de 200 ÷ 500 MWh, ceea ce conduce la un cost de 60.000 ÷ 150.000 RON într-o lună la un preț de 300 RON/MWh. Determinarea factorilor care influențează consumul de energie electrică este primul pas către procesul ulterior de prognoză a consumului de energie electrică.

Cuvinte cheie: factorii de influență ai consumului de energie electrică, eficiența stațiilor de epurare, corelația dintre factorii de influență ai consumului de energie electrică și consum

Abstract. Wastewater treatment plants are important consumers of municipal electricity from the national energy system. Determining the factors that influence this electric energy consumption is the first step in reducing the costs of these energy consumption which is an important part of operating costs, monthly consumption ranging between 200-500 MWh per month depending on the capacity which leads to a significant monthly operating cost between 60.000 and 150.000 RON / month at a price 300 RON / MWh. The electric energy consumption influence factors identification contributes to the ulterior process of electric energy forecast.

Keywords: electric energy consumption influence factors, wastewater treatment plant efficiency, correlation between the influence factors and the electric energy consumption

1. Introducere

O condiție prealabilă pentru realizarea unei analize precise de identificare a factorilor de influență a consumului de energie electrică este înțelegerea aprofundată a caracteristicilor consumului care urmează să fie modelat și în primul rând a procesului care absoarbe acest consum [1,3]. Aceste cunoștințe despre comportamentul de sarcină sunt dobândite din experiența utilizării datelor de consum și prin analiza datelor statistice de consum din trecut. Consumatorii de energie electrică care funcționează într-un mediu economic și climatic similar au, de obicei, un comportament de consum asemănător, datorită factorilor de influență a consumului, care determinate pentru un consumator, pot fi de obicei ușor adaptate pentru a se utiliza la un alt consumator [4,5]. Sarcina furnizată de un sistem de distribuție a energiei electrice (EE) are o evoluție dinamică și reflectă, în mod direct, activitățile și condițiile din mediul înconjurător [6].

2. Prezentarea consumatorului analizat

În stațiile de epurare e foarte dificil să se controleze factorii de influență ai consumului, datorită procesului care este continuu. Pe de o parte procesul de epurare al apelor uzate din stația de epurare este continuu, apa uzată intrând în stație din sistemul de canalizare, pe de altă parte procesul tehnologic este unul unitar (mecanic, chimic și în special biologic) care nu poate fi oprit sau deconectat de la sursa de energie electrică.

Stația de epurare primește apele uzate din municipiul Oradea și comunele învecinate, fiind racordată la cele două colectoare principale: ovoid 70/105 cm și clopot de 165/260 cm. Apele uzate din zonele joase ale municipiului sunt canalizate în cele 10 stații de pompare, de unde sunt pompate în colectoarele gravitaționale. Amonte de stația de epurare există un bazin de compensare a debitelor în perioada de ploi torențiale, debite ce revin în colectorul principal și sunt preluate în stația de epurare. Pentru compensarea lipsei de capacitate ($Q > 2200$ l/s) și prevenirea poluărilor accidentale, aval de stația de epurare există iazuri biologice ~ 50 ha, de unde apele se evacuează în râul Crișul Repede în mod controlat și cu aprobarea autorităților competente.

Stația de epurare este de tip mecano-biologic, preia și epurează apa uzată menajeră și industrială din municipiul Oradea și din unele zone limitrofe, efluentul stației fiind deversat în emisarul Crișul Repede, la 10 km amonte de punctul de trecere a frontierei cu Ungaria.

Sistemul de bare de alimentare cu energie electrică trebuie să fie alimentat din două puncte diferite – linii electrice de medie tensiune independente (alimentate cu energie electrică din surse diferite) din care una să se afle în rezervă caldă. Stația de epurare Oradea este alimentată cu energie electrică de patru linii electrice independente.

Stația de epurare Oradea este conectată cu sistemul energetic național prin patru linii de 20kV cu o putere maximă alocată de 3,2 MW. În cazul lipsei de tensiune stația de epurare Oradea poate utiliza cele două grupuri de cogenerare de 2x360KW.

Sunt două stații de transformare și stații de conexiuni care sunt proiectate să furnizeze energie electrică tuturor echipamentelor din stația de epurare. Schema de distribuție a energiei electrice în stație este prezentată în figura 1 și două puncte separate de alimentare.

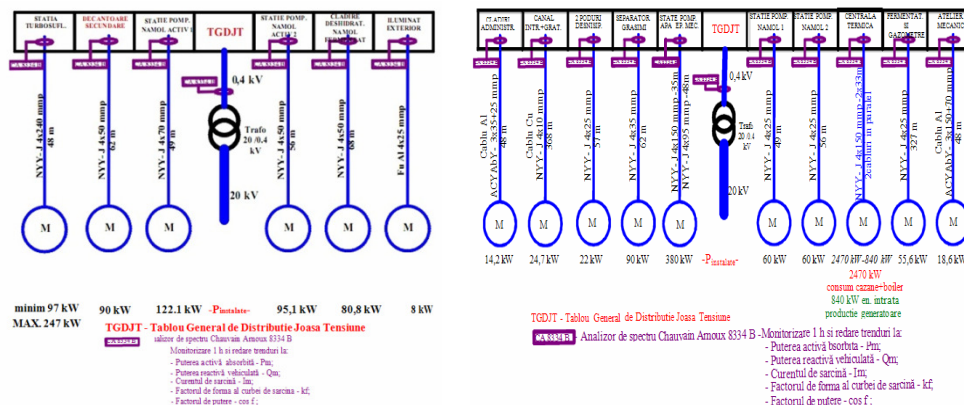


Fig. 1 Schema electrică monofilară PT1 și PT2

3. Prezentarea bazei de date

Pentru reprezentarea grafică a consumului de energie electrică de-a lungul unui an s-a realizat gruparea valorilor puterii medii orare de-a lungul unei săptămâni pentru un an. Această bază de date, cu 8761 de valori ale puterilor medii orare, s-a constituit prin înregistrarea consumului de EE pe perioada [joi 01.01.2009 ÷ joi 31.01.2010]. Această reprezentare permite vizualizarea facilă a fluctuațiilor consumului și atribuirea acestor fluctuații influenței unor factori externi.

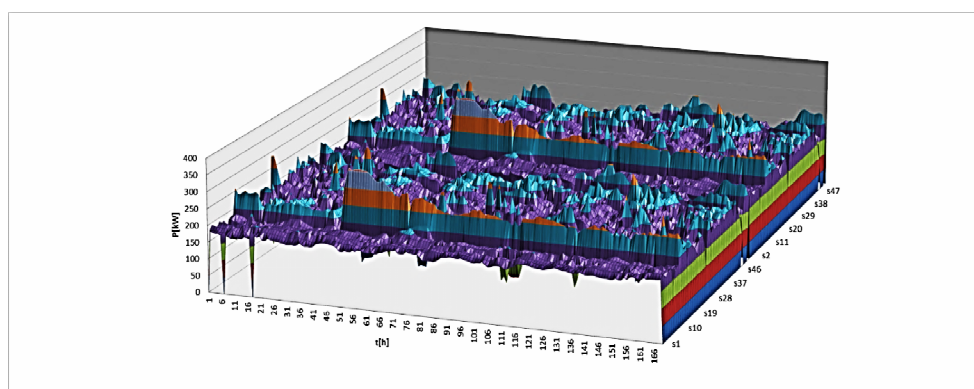


Fig.2 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unui an

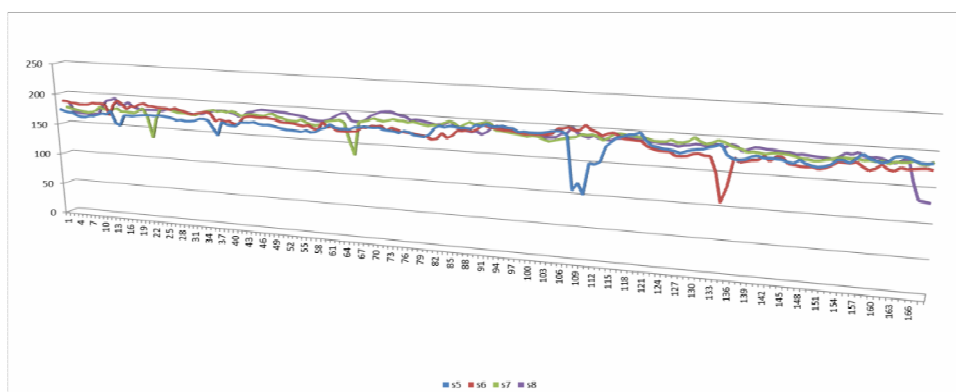


Fig.3 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unei luni de iarnă

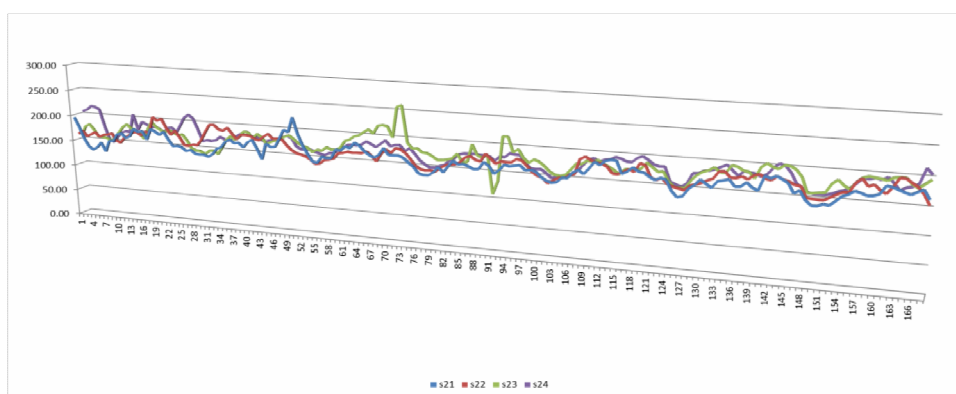


Fig.4 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unei luni de vară

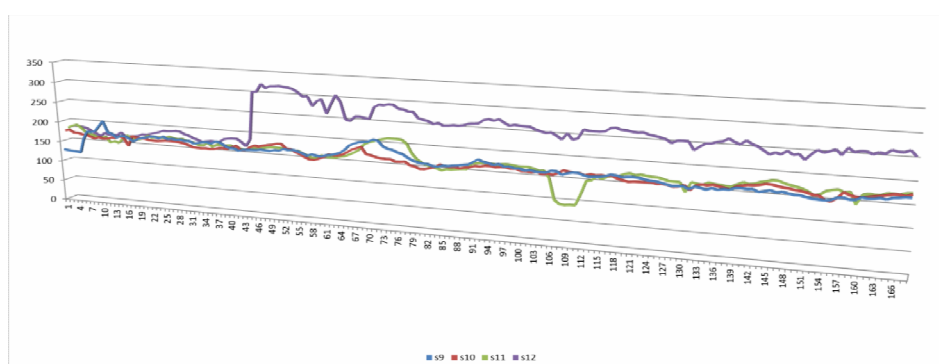


Fig.5 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unei luni de primăvară

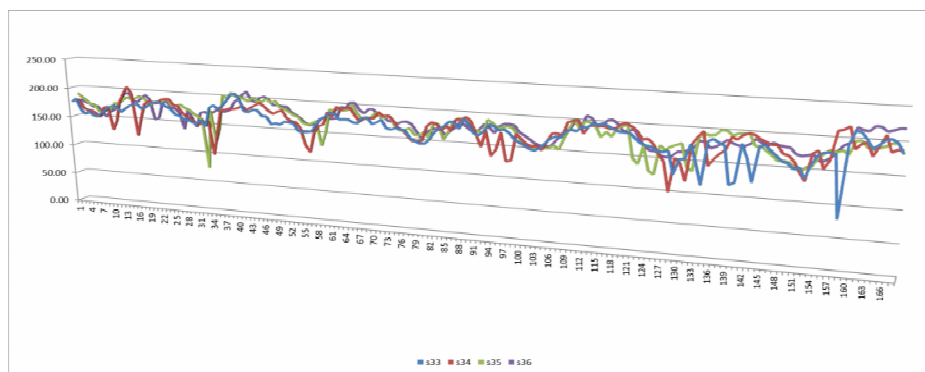


Fig.6 Reprezentarea grafică tridimensională a valorilor puterilor medii orare în serii săptămânale de-a lungul unei luni de toamnă

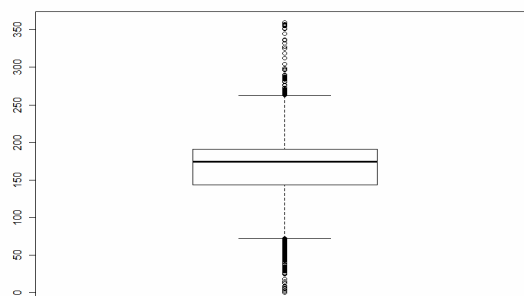


Fig.7 Diagrama „box & whiskers” a valorilor puterilor medii orare

Tabelul 1

Descriere statistică a bazei de date, puteri medii orare

Funcție	Valoare [kW]
Minimul(min)	0
Maximul(max)	359.4214
Mediana(median)	174.3477
Media aritmetică(mean)	165.9304
Cuartilele * (quartile)	$q_1 = 143.7185$
	$q_3 = 191.3983$
Dispersia(var)	1516.394
Abaterea standard(sd)	38.94091

* fracțiuni granulometrice corespunzătoare, pe o curbă cumulativă, valorilor procentuale de 25%=Q1; 50%=Q2; 75%=Q3; sunt utilizate în calculul parametrilor distribuției dimensiunilor clastelor (Trask, 1932)

4. Modelul matematic utilizat

Pentru a putea ierarhiza factorii de influență ai consumului de energie electrică, vom utiliza corelația standard pentru a determina coeficientul de corelație dintre valorile bazei de date conținând puterile medii orare și valorile numerice ale factorilor de influență. Modelul matematic utilizat pentru corelație este dat de ecuația (1):

$$r = \text{Correl}(x, y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

unde: $\bar{x}$ și $\bar{y}$ sunt valorile medii ale celor doua seturi de date de corelat.

5. Ierarhizarea factorilor de influență

Vom analiza factorii de influență specifici acestor procese, asupra cărora avem date numerice, sau valori anumerice, care pot fi suprapuse pe întregul set de 8761 de valori, cum ar fi factorii temporari, factorii meteorologici, factorii economici și factorii sociali.

Datorită invariației factorilor economici, tarifele la energie electrică și tarifele la metrul cub de apă rămânând neschimbate pe perioada de analiză, vom exclude acest factor de influență din analiza prin corelație.

Tabelul 2

Corelația dintre curbele zilnice de sarcină, din aceeași săptămână
și din săptămâna anterioară

	luni	marți	miercuri	joi	vineri	sâmbătă	duminică
Luni	1	0.7393	0.5482	0.5047	0.6675	0.0928	-0.6171
Marți	0.7393	1	0.7636	0.1494	0.7516	0.3565	-0.5175
Miercuri	0.5482	0.7636	1	0.0832	0.6008	0.1902	-0.4404
Joi	0.5047	0.1494	0.0832	1	0.526	-0.0512	-0.161
Vineri	0.6675	0.7569	0.6008	0.526	1	0.4337	-0.2275
Sâmbătă	0.0928	0.3565	0.1902	-0.0512	0.4337	1	-0.0291
Duminică	-0.6171	-0.5175	-0.4404	-0.161	-0.2275	-0.0291	1
Luni-1	0.6956	0.6658	0.445	0.3427	0.6725	0.578	-0.4871
Marți-1	0.5168	0.4259	0.3802	0.2611	0.5139	0.6062	-0.5148
Miercuri-1	0.7541	0.5769	0.5556	0.6229	0.6831	0.2728	-0.5269
Joi-1	0.8965	0.6944	0.5614	0.5605	0.6609	0.1407	-0.6514
Vineri-1	0.8603	0.7765	0.5383	0.5084	0.7495	0.1133	-0.5859
Sâmbătă-1	0.8984	0.7838	0.464	0.2739	0.6382	0.3322	-0.6495
Duminică-1	0.8188	0.7375	0.4492	0.2145	0.6601	0.4643	-0.6003

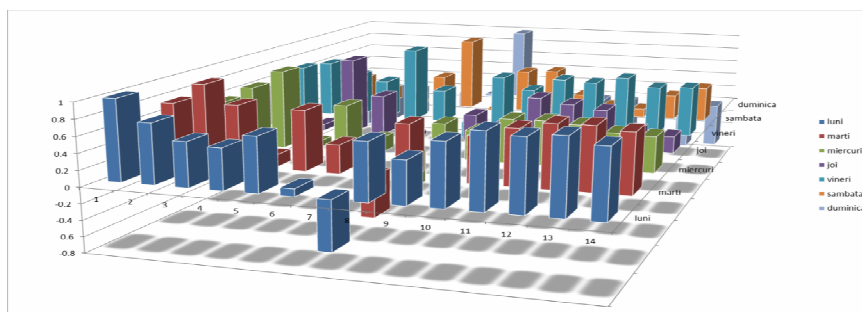


Fig. 8 Reprezentarea grafică a corelației dintre curbele zilnice de sarcină, din aceeași săptămână și din săptămâna anterioară

Tabelul 3

Corelația dintre consum și factorii de influență meteorologici, presiune atmosferică, temperatura, precipitații, pentru o săptămână de iarnă (secetă), primăvară (precipitații) și vară (alternanță precipitații secetă)

	Pres.	Temp.	Precip.	Pres.	Temp.	Precip.	Pres.	Temp.	Precip.
Luni	0.084	0.123	-0.188	0.185	0.094	-0.231	-0.519	-0.113	0.030
Marți	0.347	-0.397	0.388	-0.68	-0.783	0.702	0.206	0.136	-0.107
Miercuri	-0.394	0.027	-0.011	0.266	-0.461	0.392	-0.777	-0.349	0.345
Joi	0.303	-0.569	0.163	0.012	0.279	-0.447	-0.727	-0.665	0.53
Vineri	0.738	-0.716	0.499	-0.53	-0.171	0.059	0.086	-0.248	0.26
Sâmbătă	-0.131	-0.309	-0.47	0.026	-0.002	-0.187	-0.477	0.501	-0.546
Duminică	0.149	-0.046	0.133	-0.638	-0.621	0.378	-0.294	0.154	-0.348

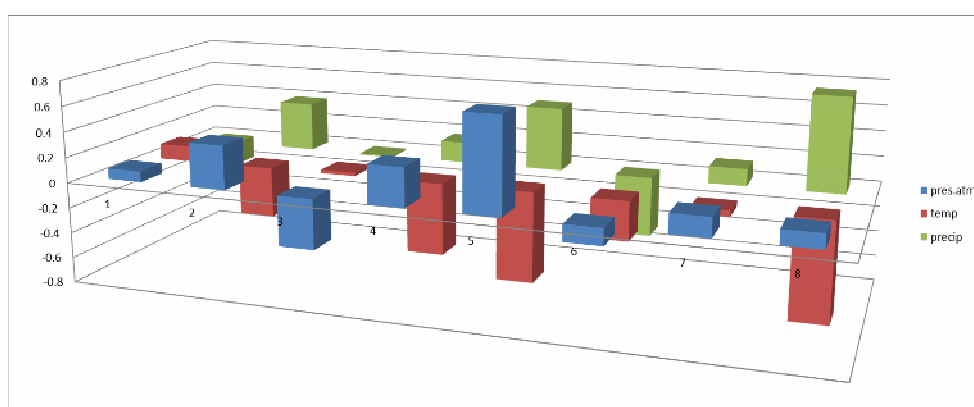


Fig. 9 Reprezentarea grafică a corelației dintre curbele zilnice de sarcină, și presiunea atmosferică, temperatura, precipitații, pentru o săptămână de iarnă (secetă)

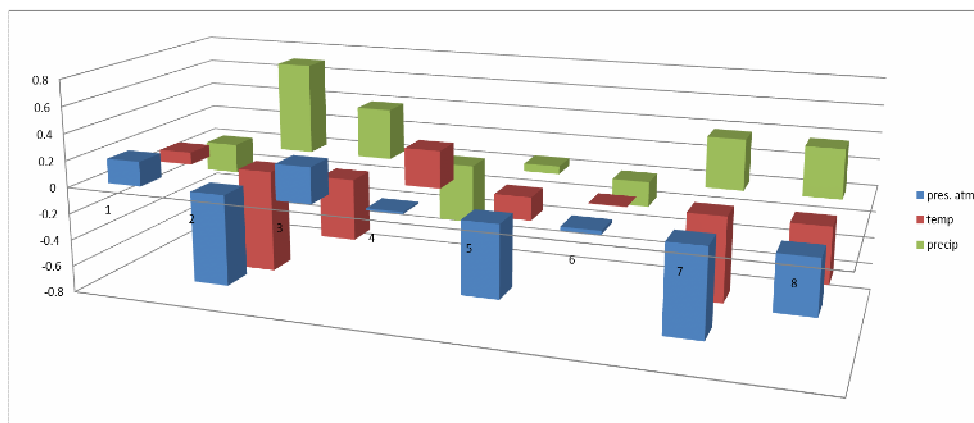


Fig. 10 Reprezentarea grafică a corelației dintre curbele zilnice de sarcină, și presiunea atmosferică, temperatura, precipitații, pentru o săptămână de primăvară (precipitații abundente)

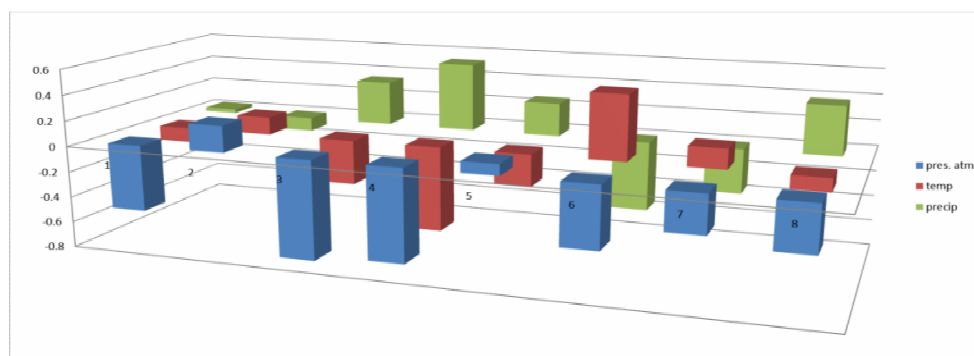


Fig. 11 Reprezentarea grafică a corelației dintre curbele zilnice de sarcină, și presiunea atmosferică, temperatura, precipitații, pentru o săptămână de vară (alternare precipitații - secetă)

6. Concluzii

În urma analizei baze de date putem concluziona următoarele:

Reprezentarea tridimensională din fig. 2 indică un consum fluctuant de energie electrică, specific acestui tip de consumator.

Se poate observa în figura 3 un nivel al fluctuațiilor consumului de energie electrică foarte scăzut, datorat în principal temperaturii foarte scăzute și a perioadei secetoase analizate.

În figura 4 se observa fluctuațiile mari datorate alternanțelor perioadelor călduroase și secetoase cu perioadele cu precipitații abundente într-un interval de timp restrâns, precum și lipsa utilizării biogazului pentru conversia în agent termic.

Figura 5 prezintă creșterea consumului de energie electrică, care se suprapune peste o săptămână ploioasă cu creșteri accentuate ale temperaturii, care au cauzat topirea zăpezilor, respectiv a debitului de ape uzate de epurat.

Identificarea coeficientului de corelație scoate în evidență și ierarhizează factorii de influență, astfel:

1. *Factorul meteorologic – cantitatea de precipitații*, cu un decalaj variabil de $4 \text{ h} \div 26 \text{ h}$, creșterea consumului de energie electrică este influențată direct și în proporția cea mai mare de acest factor de influență, conform tabel 3 și a graficelor prezentate în fig. 9, fig. 10 și fig. 11.

2. *Factorul temporal – trendul zilnic sau săptămânal al consumului*, este al doilea factor de influență al consumului, conform tabelului 2 și a fig. 8.

3. *Factorul meteorologic – temperatura*, cu un decalaj mult mai mic decât cel al precipitațiilor $1 \text{ h} \div 12 \text{ h}$, influențează consumul de energie electrică, conform tabel 3 și a graficelor prezentate în fig. 9, fig. 10 și fig. 11.

4. *Factori sociali*, vizibili în creșterea debitului de ape uzate intrate în stație, respectiv a consumului de energie electrică, în imediata proximitate a sărbătorilor religioase (paște, crăciun, etc.) și laice (an nou, zile naționale etc.). De asemenea perioada de vara, se suprapune peste un gol al consumului datorat concediilor (estivale), respectiv a scăderii activității industriale.

5. *Factorii economic*, au fost excluși din această analiză, din doua cauze. În primul rând nu s-au înregistrat modificări în tarifele percepute pe m³ de apă, și pe kWh, în perioada de analiză, în al doilea rând acest factor de influență are o impresionabilitate asupra consumului de energie electrică pe o perioadă îndelungată, iar această analiză se referă la factorii ca influențează consumul pe termen scurt sau mediu.

Realizarea unei aplicații pentru prognoza consumului de energie electrică trebuie, deci, să țină cont de primii doi factori de influență prezentați anterior: factorul meteorologic, cantitatea de precipitații, respectiv factorul temporal, trendul zilnic, săptămânal, lunar.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. M.L. Willis, A.E. Schauer, J.E.D. Northcote, T.D. Vismor – “Forecasting distribution system loads using curve shape clustering”, IEEE Trans. Power Apparatus Syst. 102 (4) (1983) 893–901.
- [2]. Dan Jigoria-Oprea, Bucur Luștea, ș.a. – „Human machine interface for daily load short term forecasting using recursive artificial neural network”, Proceedings of the 9th WSEAS, Genoa, Italy, 2009
- [3]. Virgil Dumbravă, et all. – „Case study regarding the load profile utilisation for the Romanian electric energy market”, Energetica Magazine, 56, nr. 4/2008
- [4]. *** ANRE – „73 decree from 6 august 2009, regarding the approval of the electric energy forecast procedure”, M. Of. 591-2009
- [5]. *** ANRE – „Electric energy forecast procedure from 6 august 2009”, M. Of. 591-2009
- [6]. Y. Goude. – “Tracking the best predictor with a detection based algorithm”. In Proceedings of the Joint Statistical Meetings (JSP), 2008b.
- [7]. GLIGOR E., BLAGA A.C. – “Techniques for removing Nitrogen and Phosphorus through chemical addition”, Analele Universității din Oradea, Fascicula de Energetică, vol. XV, 2009, pg. 232-239 – iunie 2009.
- [8]. IONESCU G.C, GLIGOR E., IONESCU G.L, BLAGA C.A., DAN F. – „Observation regarding the chemical precipitation at Oradea wastewater treatment system”, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, vol. XIII, 2010, pg. 349-359 – iulie – 2010.
- [9]. GLIGOR, E. *Contribuții la optimizarea energetică a instalațiilor și echipamentelor din cadrul stațiilor de epurare a apelor uzate*, Teza de doctorat, Septembrie 2011, Oradea, România
- [10]. Stefan Theußl, Achim Zeileis, - „Collaborative Software Development Using R-Forge” The R Journal, Invited paper on “The Future of R”, Volume 1, May2009, p.9–14
- [11]. Paul Murrell, - „Drawing Diagrams with R” The R Journal, Invited paper on “The Future of R”, Volume 1/1, May 2009, p. 14 – 21
- [12]. Constanta Bodea – “Artificial Intelligence Lecture” (ASE Bucuresti) www.ia.ase.ro/IA/Curs/Curs%20nr-10.pdf view at 01/03/2011
- [13]. Kilyeni Șt., et all. - “Daily load forecasting using recursive Artificial Neural Network vs. classic forecasting approaches” Proceedings of the 5th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), 2009 Timișoara, România, p.487 - 490
- [14]. Shanti Swarup, K., Satish, B. – “Integrated ANN approach to forecast load”, IEE Computer Applications in Power, april, 2002, p.46 – 51.
- [15]. GLIGOR E., IONESCU Gh.C., DAN F., IONESCU G.L., SÂMBETEANU Aurora – „Mud treatment processer and biogas production at Oradea wastewater treatment plant”, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, vol. XIII, 2010, pg. 295-305 – iulie 2010.
- [16]. Gavrilaș M. „Artificial intelligence and her appliance in energetics”, Vol. I, Gh. Asachi Publishing House, Iași, 2002