

## POBOLJŠANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI NA PRIMJERIMA KARAKTERISTIČNIH TIPOVA INDUSTRIJSKIH POTROŠAČA

Siniša Zubić, Čedomir Zeljković, Petar Matić, *Elektrotehnički fakultet u Banjoj Luci*

**Sadržaj** – *Poboljšanje energetske efikasnosti je jedna od mjera koja treba da ublaži problem rastućih energetskih potreba na svjetskom nivou. U radu su razmatrane mogućnosti poboljšanja energetske efikasnosti na primjeru industrijskih potrošača iz Republike Srpske. Izabrane su različite vrste industrijskih potrošača kako bi se, kroz specifičnosti proizvodnog procesa, stekao uvid o tome u kojim domenima se očekuje najveće povećanje energetske efikasnosti.*

### 1. UVOD

Predviđeno je da će potrošnja energije u svijetu u periodu između 2005. i 2030. godine rasti stopom od 2% godišnje [1]. Zastupljenost fosilnih goriva kao primarnih energenata trenutno iznosi oko 80% [1], dok se njihove rezerve neprestano smanjuju. Iz tog razloga zadovoljenje energetskih potreba na svjetskom nivou postaje sve veći problem. Evropska unija (EU) zadovoljava manje od 50% sopstvenih energetskih potreba pa je zavisnost od uvoza u 2006. godini iznosila 54% [2]. Zbog toga je jedan od osnovnih energetskih zadataka EU da se do 2020. godine poboljša energetska efikasnost za 20%, smanji emisija CO<sub>2</sub> za 20% i poveća udio obnovljivih izvora energije na 20% [2]. Industrijski potrošači predstavljaju najznačajnije potrošače električne energije u razvijenim zemljama. Primjena zastarjelih tehnologija, loše dimenzionisana oprema, neekonomično angažovanje pojedinih potrošača, neadekvatni i slabo izolovani objekti su samo neki od razloga zbog kojih se može desiti da se u proizvodnom procesu troši znatno više energije nego što je neophodno, a to donosi nepotrebne izdatke kroz račune za utrošene energente.

U ovom radu se razmatraju mjere poboljšanja energetske efikasnosti nekoliko industrijskih potrošača. Sa aspekta jednog industrijskog potrošača pod poboljšanjem energetske efikasnosti se podrazumijevaju sve mjere koje dovode do smanjenja utroška energije potrošača bez narušavanja kvaliteta finalnih proizvoda i komfora radnika. Kod svakog od navedenih potrošača je izvršena analiza strukture potrošnje i troškova električne i drugih izvora energije koje potrošač ima na godišnjem nivou. Zatim su, zavisno od vrste proizvodne ili uslužne djelatnosti, tražene tačke u kojima se može smanjiti utrošak energije bez narušavanja samog proizvodnog procesa ili nivoa komfora koji treba biti ostvaren. Smanjenje utroška energije donosi direktnu finansijsku korist potrošaču kroz smanjenje računa, ali najčešće zahtijeva neku opremu u koju treba investirati. Od odnosa dobiti i ulaganja zavisi da li će predložena mjera za povećanje energetske efikasnosti biti sprovedena. U nekim slučajevima se kroz malo ulaganje ostvaruju značajne uštede, što stimuliše potrošača da ulaže sopstvena sredstva koja će se otplatiti u kratkom roku. Postoje i situacije kada su neophodna veća ulaganja pa potrošač poseže za kreditnim sredstvima kako bi realizovao projekat. Tada se pravi detaljna analiza, često pomoću sertifikovanih softverskih

paketa, a rezultati se daju u vidu više scenarija ulaganja i vremena otplate investicije.

### 2. METODOLOGIJA PROCJENE MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Metodologija procjene mogućeg poboljšanja energetske efikasnosti sastoji se u sljedećim koracima:

#### 1. Snimanje energetske karte objekta

- Utvrđivanje energetskog ulaza na godišnjem nivou;
- Pribavljanje dijagrama potrošnje aktivne, reaktivne i vršne snage, mjesečnih računa za utrošene energente i drugih relevantnih podataka zavisno od vrste proizvodnog procesa;

- Pregled strukture potrošača od najvećih do najmanjih konzumenata energije;

- Utvrđivanje postignutog nivoa komfora i kvaliteta izlaznih proizvoda;

#### 2. Procjena mogućnosti poboljšanja energetske efikasnosti

- Analiza svih segmenata proizvodnog procesa kako bi se utvrdile potencijalno slabe tačke sa aspekta energetske efikasnosti;

- Analiza dijagrama potrošnje električne energije, posebno segmenata reaktivne i vršne snage;

- Procjena termičkih karakteristika objekta i mogućnosti poboljšanja energetske efikasnosti u domenu grijanja i hlađenja objekta;

#### 3. Procjena mogućnosti ostvarivanja ušteta koje ne narušavaju značajno komfor ili proces proizvodnje (ušteda je mjera koja smanjuje potrošnju ali ne spada u mjere poboljšanja energetske efikasnosti jer se smanjuje i komfor)

- Analiza mogućnosti uštete u samom proizvodnom procesu ili u domenu grijanja i hlađenja objekata;

- Analiza mogućnosti zamjene skupljeg energenta jeftinijim;

#### 4. Procjena isplativosti investicije, odnosno vremena otplate uložених sredstava

- Analiza vremena otplate investicije i izbor najboljeg modela kreditnog zaduženja ukoliko se investiranje vrši putem kreditnih zajmova.

### 3. PRIMJER 1 - PROIZVODNJA I DISTRIBUCIJA VODE ZA PIĆE

Osnovna djelatnost Vodovoda je snabdijevanje potrošača pitkom i higijenski ispravnom vodom i odvođenje otpadnih voda. Specifičnost Vodovoda kao potrošača električne energije je prostorna distribuiranost. Skup objekata se sastoji od fabrike vode smještene u Novoseliji, uprave smještene u blizini gradskog centra, službe održavanja na Filipovića polju i 12 pumpnih stanica i rezervoara na širem području grada i prigradskih naselja. *Vodovod* u procesu proizvodnje koristi jedino električnu energiju, dok se u pojedinim objektima za zagrijavanje prostora koristi lož ulje, ali je njegov udio u ukupnim troškovima mali, pa se neće razmatrati. Potrošnja

električne energije se veoma malo razlikuje iz mjeseca u mjesec, bez obzira da li se radi o zimskim ili ljetnim mjesecima i prosječni mjesečni račun iznosi oko 110.000 KM, odnosno oko 1.320.000 KM godišnje. Fabrika vode u ukupnom računu učestvuje sa 82,6%, Pumpna stanica Paprikovac sa 6,18%, Pumpna stanica Veseli brijeg sa 3,84%, Pumpna stanica Kočićev vijenac sa 2,20%, Održavanje sa 1,04% i Uprava sa 0,97%. Ostala potrošnja nije analizirana zbog zanemarivog učešća u troškovima.

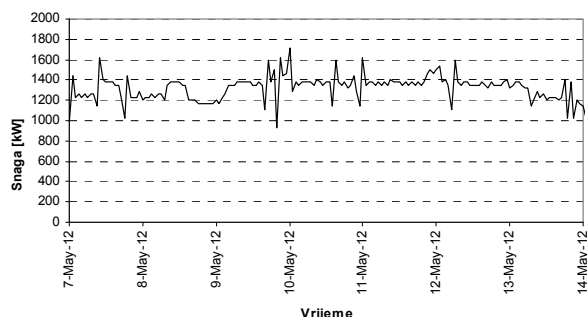
### 3.1. Analiza potrošnje električne energije fabrike vode

Najveći potrošači električne energije u Fabrici vode su motori čije pojedinačne snage iznose 500 kW, 130 kW i 90 kW, a koji služe za pumpanje sirove i vode za piće. Prema računu za električnu energiju iz juna 2013. reaktivna energija iznosi 0,806%, dok vršna snaga iznosi 14,83% (tabela 1).

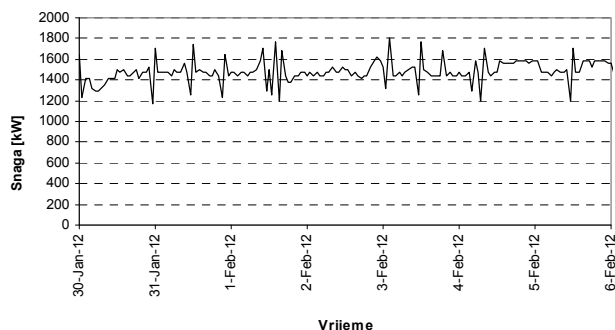
Tabela 1 – Iznos računa za električnu energiju Fabrike vode

Račun - jun 2013.	Vršna snaga	Reaktivna energija
90.312,8 KM	13.392,81 KM	728,07 KM
100 %	14,83%	0,806 %

Iz sedmičnog dijagrama potrošnje snimljenog u ljetnom periodu 2012. godine (slika 1) može se uočiti da je snaga potrošnje fabrike vode najveći dio vremena ležala u relativno uskom opsegu između 1.200 MW i 1.500 MW bez obzira da li se radi o dnevnom ili noćnom režimu, kao i o radnom danu ili vikendu. Veoma male razlike se mogu uočiti i na sedmičnom dijagramu potrošnje u toku zimskog perioda 2012. godine prikazanom na slici 2.



Sl. 1. Jedna sedmica iz dijagrama potrošnje gradskog vodovoda (ljetno 2012).



Sl. 2. Jedna sedmica iz dijagrama potrošnje gradskog vodovoda (zima 2012).

Sa slika 1 i 2 se vidi da odnos između srednje i maksimalne snage potrošnje ima relativno visoku vrijednost,

odnosno da se radi o dijagramu potrošnje sa visokim faktorom popune. To praktično znači da je tehnički neizvodljivo ostvariti značajnije uštede na polju smanjenja vršne snage potrošnje u Novoseliji. Ovako ravan dijagram potrošnje osim samom prirodom tehnološkog procesa (pumpe rade 24h) postignut je i dobrim upravljanjem potrošnjom tako što se izbjegava istovremeno uključivanje više snažnih mašina ili čak isključenje nekih sa manjim prioritetom dok se uključuju mašine neophodne u određenom trenutku.

Da li postoji prostor za smanjenje potrošnje aktivne energije upravljanjem brzinom rada velikih motora, nije moguće garantovati samo na osnovu zbirnih mjerenja. Okvirne procjene pokazuju da motori za pogon pumpi rade snagama koje su bliske nominalnim vrijednostima. Potrebno je izvršiti detaljnija mjerenja na pojedinačnim mašinama da se verifikuje istinitost ove procjene. U slučaju da neki od motora radi u podopterećenom režimu otvara se prostor za ugradnju frekventnog pretvarača, kojim bi se smanjila brzina obrtanja, a time potrošnja aktivne energije. Mora se napomenuti da tehničko osoblje u fabrici Novoselija ne podržava ideju o ugradnji frekventnih pretvarača za motore pumpi vode za piće, smatrajući da postizanje relativno male uštede u potrošnji energije ne može kompenzovati gubitak u nivou pouzdanosti zbog ugradnje dodatnih elemenata.

Što se tiče utrošene reaktivne energije njen procenat u ukupnom računu je 0,806 %. To je relativno niska vrijednost koja je postignuta tako što pojedini motori imaju ugrađenu kompenzaciju reaktivne snage. Ova preostala prekomjerno utrošena reaktivna energija takođe može biti kompenzovana ugrađnom baterija kondenzatora što bi na mjesečnom nivou donijelo uštedu od približno 600 KM. Potrebno je samo odrediti koliko bi koštala ugradnja uređaja za kompenzaciju kako bi se odredilo za koliko vremena bi investicija bila otplaćena. Za tu procjenu bi se trebali analizirati dijagrami potrošnje reaktivne snage kako bi se odredile lokacije i snage baterija kondenzatora. U svakom slučaju se za fabricu vode u Novoseliji radi o mogućim uštedama čija vrijednost iznosi ispod 1%.

### 3.2. Analiza potrošnje električne energije pumpnih stanica

Pumpna stanica Paprikovac u ukupnom računu za električnu energiju Vodovoda učestvuje sa 6,18%. U tabeli 2 date su tačne i procentualne vrijednosti pojedinih stavki u računu za električnu energiju.

Tabela 2 – Iznos računa za električnu energiju pumpne stanice Paprikovac

Račun - jun 2013.	Vršna snaga	Reaktivna energija
6.764,32 KM	2.269,73 KM	0 KM
100 %	33,55%	0 %

Iz tabele 2 se može uočiti da ne postoji prekoračenje u utrošenoj reaktivnoj energiji pa tu ne postoji potreba za ugrađnjom kompenzacionih uređaja. Što se tiče vršne snage ona predstavlja značajan procenat u računu za utrošenu električnu energiju. Ukoliko bi utrošena energija bila ravnomjerno raspodjeljena tokom čitavog mjeseca dobija se da pumpa treba da radi snagom 75 kW, dok zabilježena vršna snaga ima vrijednost 143,05 kW. U idealnom slučaju moguće je postići smanjenje vršne snage za približno 68 kW, što bi

dovelo do smanjenja računa na mjesečnom nivou za 1078,94 KM, odnosno za približno 16%. To je značajan iznos moguće uštede i potrebno je uraditi detaljnu analizu ove opcije. Prije svega treba dati odgovor da li je tehnički moguće kontinualno pumpati manje vode, a da se ne dostignu fizička ograničenja rezervoara ili da ne budu narušene potrebne količine vode koje treba isporučiti u periodima najveće potrošnje. Ukoliko ne postoje tehnička ograničenja za ovakav režim rada onda se otvara mogućnost da se primjenom odgovarajućeg pretvarača postojeći motor dovede u režim rada u kome će neprekidno raditi manjom snagom, umjesto povremenog rada punom snagom. Prema podacima dobijenim od firme Schneider electric Banja Luka cijena frekventnog pretvarača snage 160 kW iznosi približno 18.000 KM, što može predstavljati osnovu za procjenu vremena potrebnog da se investicija isplati.

Kod pumpne stanice Veseli brijeg takođe postoji teorijska mogućnost uštede na dijelu računa koji se odnosi na vršnu snagu, ukoliko je to tehnički izvodivo. Teorijski bi se mogla ostvariti ušteda od 629,27 KM na mjesečnom nivou, odnosno oko 15%.

Kod pumpne stanice Kočićev vijenac bi se teorijski mogla ostvariti ušteda od 725,11 KM na mjesečnom nivou, odnosno oko 30%.

### 3.3. Zaključak

Rezultati analize se mogu sumirati u zaključak da posmatrajući 96,83 % potrošača u okviru Vodovoda, prema računu za električnu energiju za jun 2013., poboljšanjem energetske efikasnosti je moguće ostvariti uštedu u računu za električnu energiju u vrijednosti od 3 % od ukupne potrošnje. Od toga se u ugradnjom uređaja za kompenzaciju reaktivne energije u fabrici vode može ostvariti ušteda od približno 0,8 %, dok se u pumpnim stanicama može ostvariti ušteda od 2,22 % primjenom odgovarajućih pretvarača koji bi omogućili rad motora sa manjom snagom, a time i manje račune za vršnu snagu na mjesečnom nivou.

Osim fabrike vode i najznačajnijih pumpnih stanica analizirane su i zgrade uprave i održavanja, ali kod njih nije uočena mogućnost značajnijeg poboljšanja energetske efikasnosti.

## 4. PRIMJER 2 – PROIZVODNJA ELEKTRONSKIH UREĐAJA

Primarna djelatnost industrijskog potrošača Mikroelektronika a.d. je proizvodnja elektronskih uređaja. Proizvodni pogon je smješten u hali površine 1.500 m<sup>2</sup>, koja je povezana sa troetažnom zgradom u kojoj je smještena uprava. Kancelarijski prostor zauzima površinu od 1.000 m<sup>2</sup>. Objekat je izgrađen od betonskih ploča i ne postoji dodatna termička izolacija. Zavisno od obima posla fabrika radi u jednoj ili više smjena.

Sa aspekta energetske efikasnosti osnovni podatak vezan za neki potrošač je ulazna energija na godišnjem nivou. Mikroelektronika a.d. u proizvodnji koristi električnu energiju, dok za grijanje koristi mazut i električnu energiju. U prosjeku godišnja potrošnja mazuta iznosi približno 12.000 KM, dok su ukupni računi za električnu energiju u 2011. godini iznosili oko 60.000 KM, od čega je za reaktivnu energiju izdvojeno 8,7%, a za vršnu snagu 25,69%.

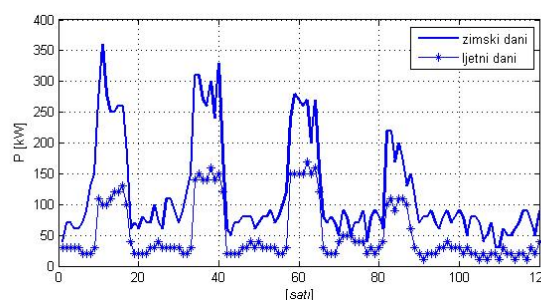
U tabeli 3 su prikazani najznačajniji potrošači električne energije u Mikroelektronici.

Tabela 3 – Najveći potrošači električne energije u Mikroelektronici

Vrsta potrošača	Ukupna snaga
Električni kotlovi za grijanje	126 kW
Peć za lemljenje	67 kW
Klima uređaji	62,5 kW
Rasvjeta	25 kW
Kompresor	11 kW

### 4.1. Analiza zimskih i ljetnih računa za električnu energiju

Na slici 3 su prikazane potrošnje električne energije u zimskom i ljetnom periodu. Sa slike 3 se jasno vidi da je potrošnja električne energije zimi značajno veća nego u ljeti, a razlog je velika snaga grijača za dogrijavanje prostora. Analizom računa za električnu energiju u 2011. godini može se izvesti zaključak da se na dogrijavanje prostora utroši između 13.000 i 17.000 KM na godišnjem nivou. Toj cifri treba dodati i cijenu mazuta koji se koristi kao primarni energent za zagrijavanje fabrike, pa ukupna suma za grijanje iznosi između 25.000 KM i 29.000 KM. U februaru 2012. je dio računa koji se odnosi na vršnu snagu iznosio 1.978,67 KM, dok je u julu 2011. taj dio računa iznosio 992,06 KM, što znači da električni grijači povećavaju račun za vršnu snagu za približno 1000 KM mjesečno.



Sl. 3. Potrošnja električne energije u zimskim i ljetnim danima.

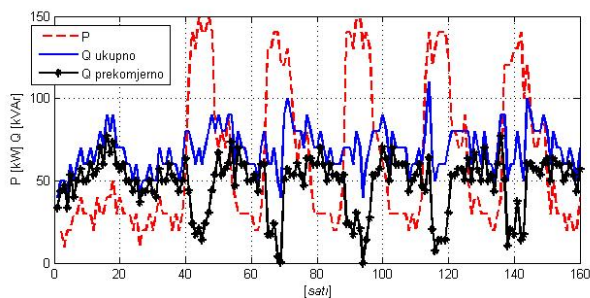
Nameće se pitanje da li bi ovaj prostor bilo moguće zagrijati na željenu temperaturu uz manje finansijske izdatke. Ako kao primjer uzmemo jedan drugi industrijski objekat koji kao izvorni energent za zagrijavanje prostora koristi pelet, nakon skaliranja na približno iste dimenzije dolazimo do cifre od približno 15.000 KM godišnje. Suštinska razlika je u tome što su kod ovog objekta kao vanjska obloga korišćeni zidni paneli koji se odlikuju odličnim termičkim izolacionim svojstvima. Ova gruba analiza pokazuje da je sa stanovišta energetske efikasnosti za posmatrani objekat najkritičnija komponenta termička izolacija objekta, pa je najznačajnija mjera za poboljšanje energetske efikasnosti investicija u poboljšanje termičke izolacije objekta.

### 4.2. Analiza potrošnje reaktivne energije

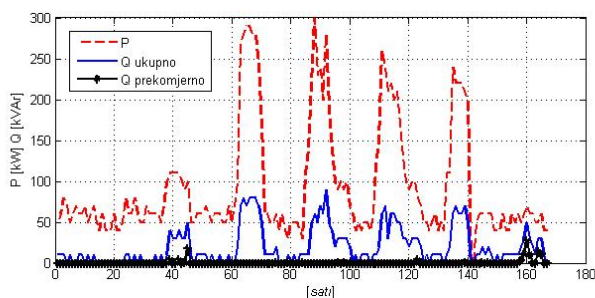
U strukturi potrošnje Mikroelektronike dominantan potrošač reaktivne energije je sistem rasvjete koji je uključen u nekim dijelovima objekta i u toku dana. Izraženo u procentima reaktivna energija čini 8,7% godišnjeg računa za

električnu energiju, odnosno 5.148,53 KM. Ugradnjom kompenzacionih uređaja dio računa za reaktivnu snagu može biti potpuno eliminisan, pa se pri sadašnjem nivou potrošnje aktivne snage, na godišnjem nivou može ostvariti ušteda veća od 5.000 KM. Za ostvarivanje pomenute uštede potrebno je uložiti novac u opremu za kompenzaciju reaktivne snage, a za dimenzionisanje opreme neophodno je analizirati detaljne dijagrame potrošnje na godišnjem nivou.

Kod analize dijagrama potrošnje treba posebno obratiti pažnju na razliku u potrošnji reaktivne snage između ljetnih i zimskih mjeseci. Na slici 4 je dat sedmični dijagram potrošnje aktivne, reaktivne i prekomjerno utrošene reaktivne snage u jednom ljetnom mjesecu. Prekomjerno utrošena reaktivna energija se dobija kao integral prekomjerno utrošene reaktivne snage prikazane na slici 4. Tačnije, račun se površina ispod krive  $Q$  prekomjerno samo na intervalima više tarife (6-22h zimi ili 7-23h ljeti). Sa slike 4 se može uočiti da je pomenuta površina veća od nule u posmatranoj sedmici ljetnog mjeseca. Ukoliko posmatramo jednu sedmicu u toku zimskog mjeseca (slika 5), možemo uočiti da je  $Q$  prekomjerno samo u nekoliko satnih mjerenja bilo veće od nule, što znači da je račun za prekomjerno utrošenu reaktivnu energiju zanemarivo mali. Osnovni razlog je što električni grijači predstavljaju čisto aktivno opterećenje koje značajno podiže dozvoljenu potrošnju reaktivne snage. Pošto je potrošnja reaktivne snage ostala na istom nivou (isti broj rasvjetnih tijela) ona u tom slučaju ne prelazi dozvoljeni nivo, pa račun za reaktivnu energiju pada na nulu. Važno je napomenuti da ako u budućnosti bude primjenjen neki efikasniji sistem grijanja, ukupna potrošnja aktivne snage u zimskom periodu može značajno opasti, što bi dovelo do toga da i računi za reaktivnu energiju dođu na nivo ljetnih mjeseci. U tom slučaju ukupan godišnji račun za reaktivnu energiju može ići i do vrijednosti od 10.000 KM.



Sl. 4. Aktivna i reaktivna snaga u jednoj junskoj sedmici.



Sl. 5. Aktivna i reaktivna snaga u jednoj januarskoj sedmici.

Na osnovu dijagrama sa slike 4 i posmatranjem vrijednosti  $Q$  prekomjerno na nivou cijele 2011. godine, može se uočiti da je za potpunu kompenzaciju reaktivne snage potrebno imati izvor čija je snaga veća ili jednaka od

80 kVAr. Za procjenu otplate investicije u izvor reaktivne snage mogu se posmatrati dva scenarija. U prvom scenariju se pretpostavlja da termička izolacija objekta i sistem grijanja nisu mijenjani. U tom slučaju maksimalna godišnja ušteda iznosi oko 5.000 KM. Drugi scenario je baziran na pretpostavci da je sistem grijanja i-ili izolacija objekta korigovana tako da se električna energija ne koristi za dogrijavanje objekta. U tom slučaju kompenzacija reaktivne snage donosi uštedu od približno 10.000 KM godišnje. Investicija u uređaj za kompenzaciju te snage je reda nekoliko hiljada KM tako da vrijeme otplate iznosi ispod jedne godine.

### 4.3. Zaključak

Analizom načina rada Mikroelektronike utvrđeno je da ne postoje naznake da bi bilo moguće značajnije povećati energetske efikasnost u samom procesu proizvodnje (npr. putem odgovarajućeg načina angažovanja pojedinih mašina i slično). Sistem rasvjete predstavlja značajnu stavku u računima za električnu energiju, ali efikasnost korištenih svjetiljki je na zadovoljavajućem nivou tako da se ni na tom polju ne može ostvariti značajnije povećanje energetske efikasnosti. Analizom je pokazano da se poboljšanja energetske efikasnosti mogu ostvariti na tri polja:

1. Poboljšanjem termičke izolacije objekta moguće je ostvariti uštede do 15.000 KM godišnje,
2. Promjenom postojećeg sistema grijanja tako da se više ne koristi električna energija moguće je smanjiti troškove vršne snage do 4.000 KM
3. Ugradnjom baterija kondenzatora za kompenzaciju reaktivne snage moguće je uštediti između 5.000 KM i 10.000 KM godišnje, zavisno od toga da li je popravljen sistem grijanja ili ne.

Najznačajniji finansijski efekat bi se postigao popravkom termičke izolacije objekta, ali bi i investicija bila najveća pa je potrebno napraviti detaljnu procjenu ulaganja i mogućih ušteda kako bi se procijenilo vrijeme otplate investicije. Što se tiče reaktivne energije pokazalo se da mala investicija može da uštedi između 5.000 i 10.000 KM godišnje čime vrijeme otplate iznosi ispod jedne godine, pa je to mjera koju svakako treba sprovesti.

## 5. PRIMJER 3 – PAKOVANJE POVRĆA, RIBE I PLODOVA MORA

*Fratello trade a.d.* se bavi trgovinom, pakovanjem, doradom te distribucijom zamrznute i svježe morske ribe i plodova mora, kao i zamrznutog povrća i voća. Fabrika je smještena u objektu ukupne površine 2.240 m<sup>2</sup> koji čine proizvodne hale izgrađene 2000. godine i kancelarijski prostor površine 600 m<sup>2</sup> dograđen 2010. godine. Objekat je dobro termički izolovan. Sistem za grijanje kao energent koristi pelet i zagrijava samo kancelarijski prostor. U okviru proizvodnih hala postoji više komora za hlađenje ukupne zapremine 5.700 m<sup>3</sup>, u kojima se održava temperatura od približno -20°C.

Računi za električnu energiju na godišnjem nivou iznose između 80.000 KM i 100.000 KM, dok računi za pelet iznose oko 3.500 KM. Iz računa za pelet i nivoa izolovanosti objekta može se zaključiti da u domenu grijanja objekta nema elemenata za značajnije poboljšanje energetske efikasnosti odnosno uštede u računima za energente. Ostaje



domen potrošnje električne energije koji je mnogo značajniji u ukupnim troškovima.

U tabeli 4 su date pojedine stavke računa za električnu energiju za mjesec jun 2013. godine. Mjesec jun je sa aspekta potrošnje jedan od najnepovoljnijih, jer je zbog visokih spoljašnjih temperatura potrebna veća energija da bi se unutar komora za hlađenje održavala niska temperatura. Iz tabele 4 se može uočiti da su iznosi za vršnu snagu relativno visoki, što otvara mogućnost za ostvarivanje ušteda. Reaktivna snaga je kompenzovana baterijama kondenzatora.

Tabela 4 – Iznos računa za električnu energiju fabrike Fratello-Trade

Račun - jun 2013.	Vršna snaga	Reaktivna energija
8.113,25 KM	2.915,66 KM	0 KM
100 %	35,94%	0 %

Iz tabele 5 se može uočiti da najsnažnije potrošače predstavljaju motori za pokretanje kompresora u sistemu hlađenja komora za čuvanje zamrznutih proizvoda. Redoslijed njihovog angažovanja i vrijeme uključenosti određuju vrijednost vršne snage koja će se pojaviti u računu za električnu energiju za taj mjesec. Iznos ukupno utrošene aktivne energije takođe dominantno zavisi od vremena angažovanja ovih motora. Zbog toga je za bilo kakvu ocjenu neophodno detaljnije analizirati rad motora i mjesečne dijagrame aktivnih snaga *Fratella*.

Tabela 5 – Najveći potrošači električne energije u Fratello-Trade

Vrsta potrošača	Ukupna snaga
Motori za pogon kompresora	180-270 kW
Rasvjeta	15 kW
Računari	5 kW

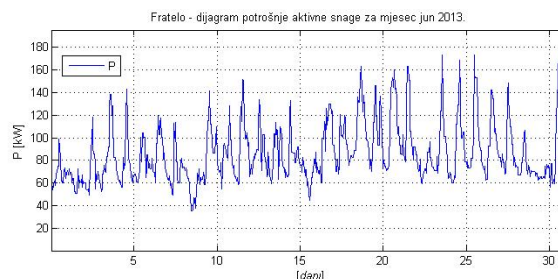
### 5.1. Analiza dijagrama opterećenja

Što se tiče utrošene aktivne energije razmatrano je nekoliko teorijskih mogućnosti smanjenja potrošnje. Pošto se radi o novom objektu sa dobrom izolacijom svaka značajnija ušteda u potrošnji aktivne energije zahtijevala bi značajne investicije ili u dodatno poboljšanje termičkih karakteristika objekta ili u samu tehnologiju rashladnih uređaja, što bi dovelo u pitanje isplativost investicije.

Za detaljnju procjenu vršne snage potrebno je posmatrati dijagrame potrošnje aktivne snage. Na slici 6 dat je dijagram aktivne snage za mjesec jun. Vršna snaga zabilježena u tom mjesecu iznosi 183,76 kW, dok se na osnovu utrošene električne energije dobija da je prosječna snaga *Fratella* iznosila 82,75 kW. U idealnom slučaju fabrika bi imala isti utrošak električne energije ako bi svo vrijeme imala potrošnju 82,75 kW, što bi vršnu snagu smanjilo za 101,01 kW. Kada se taj iznos izrazi u novcu dobija se teorijski maksimalna mjesečna ušteda od 1.602,7 KM.

Uzmimo za primjer jedan dan u junu. Vrijeme u kome snaga opterećenja prelazi 80 kW iznosi 4,8 časova i u tom periodu imamo oko 60 kW snage koju možemo nazvati *vršna snaga za taj dan*. Ako bi u tom danu u toku tih 4,8 časova bilo isključeno 60 kW opterećenja, i ako bi takvu mjeru bilo moguće sprovesti i u ostalim danima u toku mjeseca, onda bi za 60 kW bila smanjena i vršna snaga. Da li je to moguće

postići a da kvalitet proizvoda u skladištu ne bude ugrožen, pitanje je čiji odgovor traži detaljniju analizu. Prema snagama pojedinih motora koji pogone kompresore, snazi 60 kW odgovara opterećenje 2 ili 3 motora. Vršna snaga bi bila smanjena za oko 40 kW ukoliko bi bilo moguće isključiti 2 motora u intervalu od 3,8 časova. Kao treću mogućnost za smanjenje vršne snage u posmatranom danu navodimo isključenje jednog motora u intervalu 1,8 časova, što bi dovelo do smanjenja vršne snage od najmanje 22 kW. U tabeli 5 su date procjene ušteda na mjesečnom nivou u pomenuta tri scenarija.



Sl. 6. – Dijagram potrošnje aktivne snage za mjesec jun 2013.

Tabela 5 – Smanjenje računa u funkciji broja motora koji se isključuju u kritičnim intervalima

Br. Isključenih motora	Smanjenja vršne snaga	Mjesečna ušteda
3	60 kW	952 KM
2	40 kW	643,67 KM
1	22 kW	349,07 KM

Za detaljnu procjenu ušteda u računima za vršnu snagu potrebno je izvršiti niz mjerenja u fabrici. Prije svega treba utvrditi stvarne snage motora koji pogone kompresore, a zatim ugraditi odgovarajuću mjernu opremu koja bi detektovala intervale uključenosti i isključenosti pojedinih motora na nivou jednog mjeseca, uz podatke o vanjskim temperaturama i intervalima u kojima su vrata komora bila otvorena. Poželjno bi bilo izvršiti ovakvo mjerenje u toku zimskog, ljetnog i nekog mjeseca u toku proljeća ili jeseni. Zatim je potrebno utvrditi dinamiku porasta temperature u komorama u funkciji spoljašnje temperature i otvorenosti vrata. Na kraju je potrebno imati informaciju u kojim granicama mora ležati temperatura, a da ne dođe do ugrožavanja kvaliteta uskladištenih proizvoda. Jedna od mogućnosti poboljšanja energetske efikasnosti bila bi i hlađenje komore na temperature ispod -20°C u noćnim intervalima, dok su snage opterećenja male, da bi u toku dnevnih vrhova bilo moguće u dužem vremenu imati isključene pojedine motore kompresora, a da temperatura unutar komora ne poraste iznad minimalne dozvoljene vrijednosti

### 5.2. Zaključak

Osnovna odlika *Fratella* kao potrošača električne energije je veliki udio motornih potrošača koji po pravilu uzrokuju probleme sa vršnom snagom i prekomjerno utrošenom reaktivnom energijom. Reaktivna energija se ne plaća jer je uspješno izvršena kompenzacija reaktivne snage. Što se tiče utrošene aktivne energije tu bi svako poboljšanje energetske efikasnosti zahtijevalo velike investicije čija isplativost bi

bila upitna. Jedina stavka u računu za električnu energiju koja otvara mogućnost za ostvarivanje uštede jeste komponenta vršne snage uzrokovana istovremenim angažovanjem velikog broja snažnih motora. Ovaj problem može biti ublažen odgađanjem uključenja pojedinih motora u intervalima viših opterećenja, u mjeri u kojoj kvalitet uskladištenih proizvoda neće biti narušen. Tehnički se to može ostvariti ugradnjom odgovarajućeg kontrolera koji bi bio sprega između napajanja motora i komandi od strane rashladnog uređaja. Dobra strana ovog rješenja je što ne zahtijeva veliku investiciju i ne mijenja postojeću tehnologiju primjenjenu u fabrici. Na bazi dijagrama potrošnje dobijenih od strane distributivnog preduzeća izvršena je gruba procjena mogućih ušteda na mjesečnom nivou čija realna vrijednost leži u intervalu između 350 KM i 1.000 KM, zavisno od dozvoljenih termičkih granica unutar komora za hlađenje i niza drugih faktora vezanih za potrošnju pojedinih motora i načina njihovog angažovanja.

## 6. ZAKLJUČAK

U radu su analizirana tri industrijska potrošača iz Republike Srpske sa aspekta potrošnje energije na godišnjem nivou. Analizirana je struktura potrošnje, priroda proizvodnog procesa i dijagrami opterećenja, u cilju pronalazjenja potencijalno slabih tačaka u pogledu korišćenja energije. Osnovni cilj je bio da se predlože mjere koje bi dovele do poboljšanja energetske efikasnosti ili do smanjenja računa za energente kroz potencijalne uštede i preraspodjelu opterećenja.

Dva od tri potrošača plaćaju prekomjerno preuzetu reaktivnu energiju pa im je predložena kompenzacija kao mjera koju treba sprovesti jer se otplaćuje u veoma kratkom roku. Kod jednog potrošača je predložena mjera povećanja energetske efikasnosti kroz poboljšanje termičke izolacije objekta, gdje je za procjenu vremena otplate investicije potrebno uraditi niz dodatnih analiza. Sva tri posmatrana potrošača u računima za električnu energiju imaju komponentu vršne snage koja može biti smanjena. Kod jednog potrošača smanjenje vršne snage zahtijeva kupovinu frekventnih pretvarača, kod drugog promjenu sistema

grijanja, a kod trećeg ugradnju kontrolera koji bi sprečavao istovremeni rad više motora kada je to moguće.

Rezultati prezentovani u ovom radu predstavljaju putokaz u kom pravcu svaki od analiziranih potrošača može tražiti potencijalna poboljšanja energetske efikasnosti ili ostvariti uštede. Za određivanje najboljih investicija potrebno je uraditi detaljnije analize na bazi više mjerenja i konkretnih ponuda odgovarajuće opreme i potrebnih radova.

## 7. ZAHVALNICA

Rad je finansijski podržan od strane Ministarstva nauke i tehnologije Republike Srpske u okviru projekta EEECRS.

Autori se takođe zahvaljuju predstavnicima kompanija Vodovod a.d. Banja Luka, Mikroelektronika a.d. Banja Luka i Fratello trade a.d. Banja Luka na saradnji tokom cjelokupnog trajanja projekta.

## 8. LITERATURA

- [1] "25 Energy Efficiency Policy Recommendations - 2011 Update," International Energy Agency, [www.iea.org/publications/freepublications/publication/25re-com\\_2011.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/25re-com_2011.pdf), November 2012.
- [2] [http://www.mf.untz.ba/Dokumenti/Predmeti/Okolinski\\_razvoj/aktuelna\\_energetska\\_slika\\_svijeta.pdf](http://www.mf.untz.ba/Dokumenti/Predmeti/Okolinski_razvoj/aktuelna_energetska_slika_svijeta.pdf)

**Abstract** – Energy efficiency improvement is just one part of the solution for the world's growing energy demands. In this paper we considered possibilities of the energy efficiency improvements on the examples of 3 industrial consumers from the Republic of Srpska. We chose different types of consumers with specific manufacturing processes in order to show in which area is expected the most significant improvement of energy efficiency.

### ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENTS APPLIED TO SELECTED TYPES OF INDUSTRIAL CONSUMERS

Siniša Zubić, Čedomir Zeljković, Petar Matić