

ENGINEERING REVIEW

Nakladnik / Publisher:

Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci / Faculty of Engineering University of Rijeka

Eng. Rev. 21-22, 1-82, 2001.-2002.

Rijeka, 2001.-2002.

UDK 504.03:316.42:330.34:620.91

EKO-UČINKOVITOST U ENERGETSKOJ STRATEGIJI ECO-EFFICIENCY IN ENERGY STRATEGY

Lidija RUNKO LUTTENBERGER

Sažetak: Cilj eko-učinkovitosti je maksimiziranje vrijednosti uz istovremeno minimiziranje korištenih resursa i štetnih djelovanja na okoliš. Jedan od ključnih zadataka je da se postojeće proizvodne strukture učine održivima zatvaranjem industrijskih ciklusa tvari. Problem ne predstavlja količina potrebne energije, već činjenica da izvori energije koje koristimo imaju ozbiljna povratna djelovanja, ponajviše u obliku onečišćenja. Pohod na obnovljive izvore energije ima za posljedicu rastući udio male i raspršene proizvodnje koja za prijenos i distribuciju zahtijeva prethodno sakupljanje i koncentriranje. Ako se energiju ne želi izgubiti, potrebno je omogućiti prodaju njenog viška energetsom posredniku koji bi kupovao korištenu energiju natrag za daljnji plasman. Elektroenergetske tvrtke moraju naći interes za prodaju energetske usluge umjesto energije.

Ključne riječi:

- eko-učinkovitost
- održivi razvitak
- energija
- obnovljivi izvori
- energetski posrednik

Summary: The objective of eco-efficiency is to maximise value while minimising resource use and adverse environmental impacts. One of the main challenges to making our current production structures sustainable is the closing of the industrial substance cycles. It is not the quantity of energy as such that causes the problem, but rather the fact that the energy sources we use have very serious side effects, primarily in the form of air pollution. The push for renewable sources of energy results in a growing portion of small and dispersed generation requiring collection and concentration before transmission or distribution. If we do not want to lose the energy, it should be possible to sell excess energy to a kind of energy broker that would buy back the used energy, in order to sell it on. Power companies must find an interest in selling energy services instead of energy.

Key words:

- eco-efficiency
- sustainable development
- energy
- renewable sources
- energy broker

1. UVOD

Eko-učinkovitost "se postiže isporukom po konkurentnim cijenama roba i usluga koje zadovoljavaju ljudske potrebe i doprinose kvaliteti života uz progresivno umanjivanje djelovanja na okoliš i intenziteta trošenja resursa tijekom vijeka trajanja na razinu koja je u skladu s procijenjenom izdržljivošću Zemlje" [1]. Tvrtka, organizacija ili društvo koje želi postati eko-učinkovito mora nastojati:

- smanjiti materijalni intenzitet roba i usluga,
- smanjiti energetski intenzitet roba i usluga,
- smanjiti toksične emisije,
- reciklirati,

1. INTRODUCTION

Eco-efficiency is "reached by the delivery of competitively priced goods and services that satisfy human needs and bring quality of life, while progressively reducing ecological impacts and resource intensity throughout the life cycle, to a level in line with the earth's estimated carrying capacity" [1].

In order to become eco-efficient, a company, organisation or society should strive to:

- reduce the material intensity of goods and services,
- reduce the energy intensity of goods and services,
- reduce toxic emissions,
- recycle,

- maksimalno povećati održivo korištenje obnovljivih resursa,
 - produžiti trajnost proizvoda,
 - povećati intenzitet služnosti roba i usluga.
- Cilj eko-učinkovitosti je maksimiziranje vrijednosti uz istovremeno minimiziranje korištenja resursa i štetnih djelovanja na okoliš, ili

$$\text{eko-učinkovitost} = \frac{\text{vrijednost proizvoda ili usluge}}{\text{utjecaj na okoliš}}$$

2. ZAHTJEVI ODRŽIVOSTI

Između prirodnog metabolizma i industrijskog metabolizma danas postoji velika razlika. Prirodni ciklusi tvari vode, ugljika, dušika itd. predstavljaju u suštini zatvoreni krug jer se ostaci jednog prirodnog podciklusa mogu koristiti u drugom prirodnom podciklusu. Sadašnji industrijski sustav, međutim, još ne reciklira sve što u njega ulazi. Industrijski sustav današnjice naime započinje s materijalima izvađenim iz zemlje koje vraća u degradiranom obliku.

Očito je da industrijski sustav predstavlja nestabilno stanje, a jedan od ključnih izazova da se postojeće proizvodne strukture učine održivima jest zatvaranje industrijskih ciklusa tvari.

Početkom 90-ih Ernst von Weizsäcker uveo je pojam faktora 4. Pozadina toga je pretpostavka da je tijekom vijeka jedne generacije (25 godina) unutar Evropske zajednice razumno udvostručiti prosječan standard života uz istovremeno smanjenje resursa koji osiguravaju takve standarde za 50%.

Više autora naglašava zahtjev da se u narednih 50 godina umanjeno intervencije u okoliš po jedinici potrošnje izvrši faktorom koji iznosi najmanje 10 do 20 [2].

E - djelovanje na okoliš;
 P - broj stanovnika;
 W - potrošnja po glavi stanovnika;
 I - intervencije u okoliš po jedinici potrošnje.

Pojam faktora 10 je jednostavan. U prosjeku je potrebno umanjiti čovjekovo djelovanje na okoliš za 50%. Ako se istovremeno zapadni životni standard kojega uživa jedna petina svjetskog stanovništva proširi na cjelokupno stanovništvo planete, tehnologija mora postati govoro 10 puta djelotvornija [3], tj.

3. ENERGETSKI SEKTOR

Promatrajući Zemlju kao cjelinu, korištena energija za različite potrebe predstavlja samo neznatni dio energije koja se dobije od Sunca. Drugim riječima, problem ne

- maximise sustainable use of renewable resources,
 - extend product durability,
 - increase the service intensity of goods and services.
- The objective of eco-efficiency is to maximise value while minimising resource use and adverse environmental impacts, or

$$\text{eco-efficiency} = \frac{\text{product or service value}}{\text{per environmental influence}}$$

2. SUSTAINABILITY DEMANDS

Currently, there is a major difference between natural metabolism and industrial metabolism. The natural substance cycles of water, carbon, nitrogen, etc. are virtually closed circuits since the residues of one natural sub-cycle can be used in another natural sub-cycle. The industrial system does not yet recycle all its inputs. The current industrial system starts with materials extracted from the earth, and returns them in a degraded form. This is an unstable situation, and one of the main challenges to making current production structures sustainable is the closing of the industrial substance cycles.

Ernst von Weizsäcker at the beginning of the 1990s launched the Factor 4 concept. Over a span of one generation (25 years), it was felt reasonable to double average living standards within the European Community, while at the same time reducing the resources to secure these standards by fifty percent. Several authors underline this demand over the next 50 years by at least a factor of 10 to 20 reduction in environmental impacts per consumption unit [2].

$$E = P \cdot W \cdot I$$

E - environmental impact;
 P - population;
 W - consumption per capita;
 I - environmental intervention per consumption unit.

(1)

The Factor 10 concept is simple. On average, we need to reduce human environmental impact by fifty percent. If, at the same time, the Western standard of living, enjoyed by about one-fifth of the world's population, is to be extended to the entire population of the globe, the underlying technology needs to become about ten times more efficient [3], that is

$$2 \cdot 5 = 10.$$

3. THE ENERGY SECTOR

Looking at the earth as a whole, the use of energy for different purposes represents only a tiny fraction of the quantity of energy received from the sun. Therefore, it is

pričinjava količina energije kao takva, već činjenica da izvori energije koje koristimo imaju vrlo ozbiljna popratna djelovanja, prvenstveno u obliku onečišćenja, opasnosti od nezgode i promjene klime.

Svi segmenti ljudskih gospodarskih djelatnosti kao što su industrija, transport, trgovina, kućanstvo, poljoprivreda, itd. zahtijevaju raspoloživost energije za pravilno funkcioniranje. Međutim, otprilike trećina svjetskog stanovništva danas nema pristupa komercijalnoj energiji. Prije 50 godina 27% svjetskog stanovništva živjelo je u urbanom okruženju dok je većina (ili 73%) živjela na ruralnim prostorima. Trenutna situacija je odnos 46% urbanog naspram 54% ruralnog stanovništva. Predviđanja za narednih dvadeset godina ukazuju da će urbano stanovništvo predstavljati više od polovice (tj. 57%) ukupnog svjetskog stanovništva [4]. Rastući trend urbanizacije je najuočljiviji u zemljama u razvoju. Urbanizacija pridonosi brzom tranziciji iz nekomercijalnih u komercijalne oblike energije, kod čega električna energija ima poseban značaj. Porast stanovništva i urbanizacija stoga imaju snažno djelovanje na potražnju za energijom i na način kojim se električna energija čini dostupnom.

3.1. Dosadašnji razvoj elektroenergetskog sektora

- rane 1900-e Lokalno snabdijevanje električnom energijom gradova i industrije obično na temelju manjih hidroloških resursa.
- 1920-1940-e Regionalni sustavi usredotočeni na veliku elektranu koja proizvodi jeftinu električnu energiju.
- 1950-1970-e Državne mreže koje su integrirale regionalne sustave. U mnogim zemljama nastaju vertikalno integrirana državna elektroenergetska poduzeća.
- 1970-1980-e Snažna infrastruktura obilježena velikim nuklearnim elektranama. Stvaraju se okosnice mreža u nastojanju za smanjenje osvinosti zemalja OECD-a o nafti.
- 1990-e Reforma i liberalizacija elektroenergetskog sektora. Proizvodnja utemeljena na korištenju plina je u naglom porastu. Istovremeno zabrinutost za promjenu klime podstiče razvoj sustava obnovljive energije kao što su energija vjetra, male hidroelektrane, fotoelektrična energija, biomasa itd.

Sadašnje stanje prijenosa i distribucije električne energije predstavljaju velike i ostarjele mreže utemeljene na tehnologijama izmjenične struje starim 30-40 godina, uglavnom nefleksibilne s obzirom da su optimizirane za pretpostavljeno integralno dugoročno planiranje i ograničenu međudržavnu razmjenu električne energije. Orijentacija na obnovljive izvore energije ima za

not the quantity of energy as such that causes the problem, but rather the fact that the energy sources being used have very serious side effects, primarily in the form of air pollution, risk of accidents and climate change.

All sectors of human economic activities such as industry, transport, commerce, household, agriculture etc. require the availability of energy in order to function properly. However, about one third of world population presently lacks access to commercial energy. Fifty years ago, 27% of the world's population lived in urban surroundings while the majority (or 73%) dwelled in rural areas. The present situation is a 46% - 54% split between urban and rural population. In twenty years from now, projections indicate that the urban population will account for more than half (i.e. 57%) of the world total population [4].

The growing urbanisation trend is most noticeable in developing countries. Urbanisation contributes to a rapid transition from non-commercial to commercial energy forms, of which electricity is an important vector. Population growth and urbanisation thus have a strong impact on energy demand and on the way through which electricity is being made available.

3.1. Development of the electricity sector

- early 1900's Local supply of electricity to cities and industries often based on small hydro resources.
- 1920-1940's Regional systems centred on a large power plant producing cheap electricity.
- 1950-1970's Nation-wide grids that integrated regional systems. Vertically integrated national electricity companies are formed in many countries.
- 1970-1980's Powerful infrastructures featuring large nuclear power plants and "back-bone" grids are created in an effort to reduce the OECD nations dependence on oil.
- 1990's Reformation and liberalisation of the electricity sector when gas-based generation grows rapidly while at the same time climate change concerns propel the development of renewable energy systems, such as wind power, small hydro, photo-voltaic power, biomass etc.

The present situation in transfer and distribution is characterised by large and ageing grids that were developed based on AC technologies available some 30-40 years ago and rather inflexible grids that were optimised assuming integrated long-term planning, and limited trans-national electricity exchanges.

The push for renewable sources of energy results in a

posljedicu rastući udio male i raspršene proizvodnje koja za prijenos i distribuciju zahtijeva prethodno sakupljanje i koncentriranje. Međutim, restriktivni postupci izdavanja dozvola, naročito za zračne energetske linije, otežavaju širenje mreže. Posljedica toga je da se eko-učinkovitost može povećati samu u vrlo ograničenoj mjeri.

3.2. Zahtjevi nad proizvodnjom energije

1. Iskustvo Potreba potpunog udovoljavanja potražnje za energijom čak i tijekom malobrojnih perioda vršne potrošnje čini neizbježnim da i stari (i stoga manje djelotvorni) proizvodni kapaciteti budu na raspolaganju.
2. Ekonomija Iako visina cijene predstavlja značajan faktor, još je značajnija stabilnost cijene energije. Nadalje, nerazumno je s gospodarskog gledišta suviše ovisiti o jednom dobavljaču ili vrsti energije.
3. Elastičnost S obzirom da projektiranje i izgradnja elektrana traje oko četiri godine, inženjeri se suočavaju sa značajnim izazovom osmišljanja i izvedbe elektrana koje će biti suvremene i u vremenu kada budu puštene u pogon. Pored toga, bitno je da nisu potrebne veće adaptacije tijekom prvog stadija tehničkog vijeka jedinice. U drugom stadiju treba biti moguće osuvremenjivanje jedinica najnovijom tehnologijom kako bi ostala čim konkurentnijom.
4. Ekologija Električna energija je najznačajnija pogonska snaga u našem društvu, a proizvodnja energije je pod pomnim nadzorom vlasti. S obzirom da predstavlja značajno političko pitanje i da se u organizacijskom smislu smatra komunalnom službom, opskrba energijom je podložna nametanju obvezujućih i skupih tehnologija zaštite okoliša.
5. Djelotvornost Nema dvojbe da se očuvanje energije može najdjelotvornije postići upravo poboljšanjem mjera očuvanja energije, a ne samo povećanjem djelotvornosti procesa pretvorbe, što povratno implicira povećanje djelotvornosti korištenja putem oživotvorenja upravljanja potražnjom.

4. PREMA ODRŽIVOM SUSTAVU

Oksidacijom vodika stvara se voda, H_2O , proizvod koji ne predstavlja problem. Naprotiv, očekuje se da će

growing portion of small and dispersed generation requiring collection and concentration before transmission or distribution. However, restrictive licensing and permitting processes, particularly for overhead power lines, hamper grid extensions. Consequently, the eco-efficiency may improve only to a very limited degree.

3.2. Requirements in electricity production

1. Experience The need to meet the full demand for electricity even during the very few periods of peak consumption makes it inevitable that old (and therefore less efficient) production capacity is kept available.
2. Economy Although the level of the prices is considered to be very important, a stable energy price is even more important. Additionally, from an economic point of view, it is unwise to depend too much on one supplier or type of energy.
3. Elasticity Since the engineering and construction of power stations takes about four years, engineers are faced with a considerable challenge in designing and building a power station that is "state of the art" by the time it is operational. Additionally, during the first phase of a unit's technical lifetime, it is essential that no major adaptations need to be made. In the second phase, it should be possible to upgrade units with state-of-the-art technology, in order to remain as competitive as possible.
4. Ecology Electricity is the most important driving force in our society, and electricity generation is monitored closely by the authorities. Being an important political issue, and considering the organisational structure as a utility, energy supply is susceptible to the imposition of compulsory and expensive environmental protection technologies.
5. Efficiency There is no doubt that the conservation of energy can best be achieved by improving energy conservation measures, and not by increasing the efficiency of the conversion process only. This, in turn, implies increasing the efficiency of use through implementing the demand management.

4. TOWARDS A SUSTAINABLE SYSTEM

Oxidising hydrogen creates water, H_2O , a product that is not considered to be a problem. In fact shortage of

upravo manjak pitke vode predstavljati problem u bliskoj budućnosti.

Zanemarujući proizvodnju vode, umnožak potrošnje energije i mase ugljika po jednom Joule-u u održivom društvu teži nuli [5].

drinking water is expected to be a problem in the near future.

Ignoring the production of water, the product energy consumption and mass carbon/Joule in a sustainable society approaches zero [5].

$$\text{Joule/s} \cdot \text{gC/Joule} \rightarrow 0 \text{ gC/s}$$

Jednadžbu se može dalje dopuniti na način da

Equation can be further amended to give

$$(\text{Joule/s} \cdot \text{gC/Joule}) - (\text{gC}_{\text{prod}}/\text{s}) = \text{gC/s} \quad (2)$$

$\text{gC}_{\text{prod}}/\text{s}$ predstavlja nosivi kapacitet sustava s obzirom na okoliš.

$\text{gC}_{\text{prod}}/\text{s}$ can be considered as the environmental carrying capacity of the system.

Kako održivost pretpostavlja vremensku ovisnost (gC/s), vidljivo je da će dugotrajnije korištenje proizvoda i energije pridonijeti održivijem razvoju.

Since sustainability has a time dependency (gC/s) it is easy to see that using products and energy longer will contribute to a more sustainable development.

5. EKSERGIJA ILI TEHNIČKA MOGUĆNOST KORIŠTENJA ENERGIJE KAO POGONSKE SNAGE

5. EXERGY OR TECHNICAL ABILITY TO USE ENERGY AS A DRIVING FORCE

Energija i masa ne mogu biti uništene. Problem s energijom i materijalima je da njihov potencijal više ili manje ubrzano pada. Materijali erodiraju, korodiraju ili na neki drugi način postaju neupotrebljivi za izvornu namjenu. Energija se pretvara u elektromagnetsku radijaciju u kojem obliku se ona brzo gubi iz sustava u kojem je angažirana.

Energy and mass cannot be destroyed. The problem with energy and materials is that their potential more or less rapidly decreases. Materials erode, corrode or become otherwise useless for the purpose they were initially made for. Energy is transformed into electromagnetic radiation, in which form it readily escapes from the system it was employed in.

Problem predstavlja povrat energije jer se vraća samo mali postotak energije i to slabije kvalitete.

Recuperation of energy seems to be a problem – one usually gets only a small percentage back, and, if so, of a poorer quality.

Ako se energiju ne želi izgubiti, treba omogućiti prodaju njenog viška nekoj vrsti energetskog posrednika koji bi ponovno natrag kupovao korištenu energiju za daljnji plasman (uz ili bez izmjene) drugim potrošačima [6]. Kad bi prostorna raspodjela proizvođača i potrošača bila optimalna, moglo bi se na djelotvoran način koristiti više razina eksergije. To zahtijeva integralan pristup planiranju stanovanja, industrije, javnih službi, poljoprivrednih aktivnosti i energije.

If we do not want to lose the energy, it should be possible to sell excess energy to a kind of energy broker that would buy back the used energy, in order to sell it on, with or without modification, to other consumers [6]. Several levels of exergy could be utilised in an efficient way if the spatial distribution of producers and consumers is optimal. This would require an integral approach to planning housing, industry, public services, agricultural activities and energy.

6. NOVE TEHNOLOGIJE

6. NEW TECHNOLOGIES

Trošak je najveća prepreka za sve nove izvore energije. Obzirom da se postojeće energetske tehnologije može smatrati amortiziranim, ukupni troškovi novih tehnologija uspoređuju se s pogonskim troškovima postojećih proizvodnih jedinica. U regijama sa brzo rastućim tržištem energetske potražnje, prodiranje novih tehnologija može se ubrzati, ali tržište mora biti dovoljno veliko da bi se primijenila ekonomija velikih brojeva. Već danas je proizvodnja struje pomoću solarnih ćelija konkurentna na lokalitetima bez mrežnog sustava. U bogatim zemljama solarne ćelije koje proizvode električnu energiju za klima uređaje mogu biti zanimljiv poslovni potez jer proizvodnja i potrošnja slijede istu krivulju.

Tehnologija proizvodnje megavata električne energije je

The cost is a major obstacle for all new energy sources. Since the existing energy technologies can be regarded as depreciated, the total costs of new technologies are compared to the running costs of existing production units. In regions with a fast growing energy demand market penetration of new technologies may be speeded up but the market must be big enough to utilise the economy of scale. Already today electricity production by solar cells is competitive in local areas without a grid system. In rich countries solar cells providing electricity for air conditioning could be an interesting business concept as production and demand follow the same curve.

The technology of generating megawatts of electricity is readily available. A negawatt hour (NWh) [7] could either

već dostupna. Negavatsat (NWh) [7] može biti količina energije koja je raspoloživa za druge namjene radi uštede energije u jednom području ili količina energije koja ne treba biti proizvedena. U tom slučaju dobitnici su i potrošači i okoliš.

Za kućanstvo račun struje u pravilu nije značajan u obiteljskom proračunu. Za tvrtku je potreban rok otplate investicije obično nekoliko godina ili čak mjeseci, što čini negavatsat skupim u usporedbi s kupovinom iste količine energije od elektroenergetske tvrtke s investicijskim rokom otplate koji za proizvodne pogone traje od 10 do 20 godina.

7. ZAKLJUČAK

Elektroenergetske tvrtke trebaju naći interes za plasman energetske usluge umjesto energije. Na taj će se način negavati moći uspoređivati na ravnopravnoj osnovi s proizvodnjom novih vati. Drugi način je da države pruže instrumente politike i gospodarske poticaje kao što su podrške ili zajmovi za mjere energetske djelotvornosti s dugim rokom otplate.

Ugljen je bio gorivo 19-og stoljeća, nafta 20-og i vrlo vjerojatno prirodni plin će prevladavati u 21-om. U ovom stoljeću vidjet ćemo raznolikost izvora energije i decentraliziranu proizvodnju električne energije. Obnovljivi izvori će postupno prodirati u energetske sektor, ali koliko brzo ovisit će poglavito o odnosu cijena fosilnih goriva i obnovljivih izvora.

LITERATURA REFERENCES

- [1] World Business Council for Sustainable Development: *Eco-efficiency*, <http://www.wbcsd.ch/ecoeff1.htm>, 13.07.2000.
- [2] Cramer, J.M., Tukker, A.: *Product Innovation and Eco-efficiency in theory*, Product Innovation and Eco-efficiency, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [3] Janson, J.: *On the road to factor 10*, Conference Eco-Efficiency 2000, Malmö, Nutek Förlag, 2000.
- [4] Chamia, M., Normark, B., Carlstedt, R.: *Strategies and Technologies for more Efficient and Environmentally Friendly Delivery of Electric Energy*, Conference Eco-Efficiency 2000, Malmö, Nutek Förlag, 2000.

be an amount of energy that is available for other purposes because of energy saving measures in one area, or an amount of energy, which does not have to be generated. Both the customers and the environment would be winners.

For the household the energy bill is normally not significant in the family budget. For the company the required pay-off time of investment is often a few years or even months, which makes the negawatt-hour expensive compared to buying the same amount of energy from a power company with a pay-off time of investment in production plants of 10-20 years.

7. CONCLUSION

The power companies must find an interest in selling energy services instead of energy. In that way negawatts can be compared on an equal footing with the generation of new watts. Another way would be for the state to provide policy instruments and economic incentives such as grants or loans for energy efficiency measures with long pay-off period.

Coal was the fuel of the 19th century; oil of the 20th and very likely natural gas will dominate the 21st. In this century we will see a diversity of energy sources and a more decentralised production of electricity. Renewables will gradually penetrate the energy sector but how fast will mainly depend on the relative cost of fossil fuels and renewables.

- [5] Cramer, J., Quakernaat, J., Dokter, T., Groeneveld, L., Vis, C.: *Theorie en Praktijk van Integraal Ketenbeheer*, TNO-STB for NOVEM/RIVM, Apeldoorn, Netherlands.
- [6] Groeneveld, L.: *Future Energy Services*, Product Innovation and Eco-efficiency, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [7] Persson, G. A.: *Ecoefficiency from a Research Perspective*, Conference Eco-Efficiency 2000, Malmö, Nutek Förlag, 2000.

Primljeno / Received: listopad / October 2001

Strukovni prilog

Adresa autora / Author's address:
Mr.sc. Lidija Runko Luttenberger, dipl.ing.
Komunalac d.o.o. Opatija
St. Lipovica 2
HR-51410 Opatija, Hrvatska

Prihvaćeno / Accepted: kolovoz / August 2002

Subject review

