

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **10** (1982/1983)

Številka 4

Strani 197-206

Janez Strnad:

PRESKRBA Z ENERGIJO

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/10/629-Strnad.pdf>

© 1983 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2009 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.



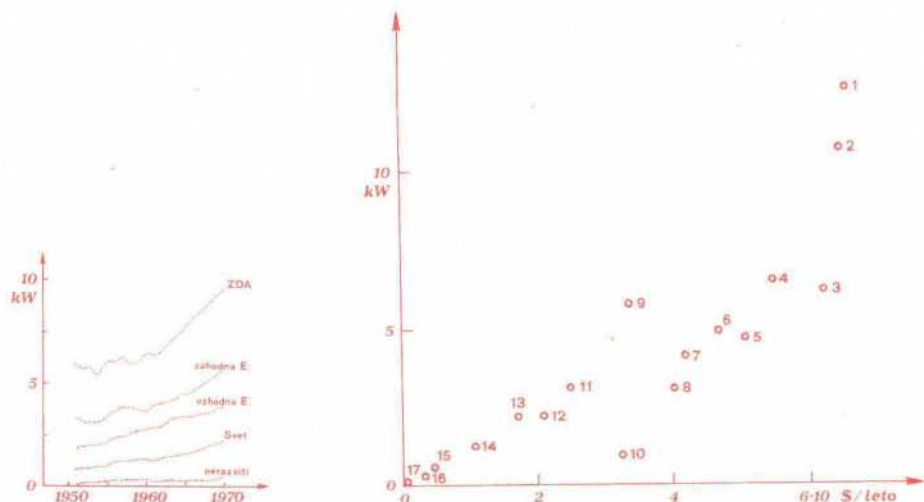
PRESKRBA Z ENERGIJO*

V vsakdanjem življenju potrebujemo toploto za ogrevanje prostorov, pripravljanje hrane, segrevanje vode za umivanje, kopanje in pomivanje posode (sanitarne vode) in delo za potovanja in pogon strojev. Tudi gospodarstvo potrebuje delo in toploto za prevoz in za poganjanje strojev, za taljenje kovin itd. Vsega skupaj potrebujemo na svetu letno okoli $3,5 \cdot 10^{20}$ joulov ali okoli 10^{14} kilowattur energije delno kot delo, delno kot toploto. Če vzamemo, da živi na svetu okoli 4 milijarde 400 milijonov ljudi, rabi vsak prebivalec Zemlje v povprečju vsako sekundo okoli 2500 joulov. Drugače povedano: povprečna moč, ki jo rabi vsak Zemljan noč in dan, je okoli 2,5 kW. Poraba je v resnici zelo neenakomerna, od precej več kot 10 kW na prebivalca ZDA do manj kot 0,01 kW na prebivalca dežel v razvoju. Slovenija je blizu svetovnega povprečja. Energijska poraba je doslej izrazito naraščala s časom (sl. 1).

Z energijsko preskrbo se ukvarja *energetika*, v kateri se prepletajo naravoslovje, tehnika in gospodarstvo. V njej imajo navado, da ne ločijo dela in toplote, ampak govorijo vseprek o energiji. Namesto toplota rečejo toplotna energija, namesto električno delo pa električna energija. Poleg tega uporabljajo še nekaj drugih imen. Notranjo energijo fosilnih goriv, to je premoga, surove nafte, zemeljskega plina, notranjo (jedrsko) energijo urana in končno še kinetično in potencialno energijo vode štejejo k *primarni energiji*. Električno delo elektrarn,

* Nekoliko predelano poglavje iz učbenika *Fizika za družboslovce no usmeritev*.

notranjo energijo bencina, plinskega olja, mestnega plina pa štejejo k *sekundarni energiji*. Električno delo, ki poganja stro-

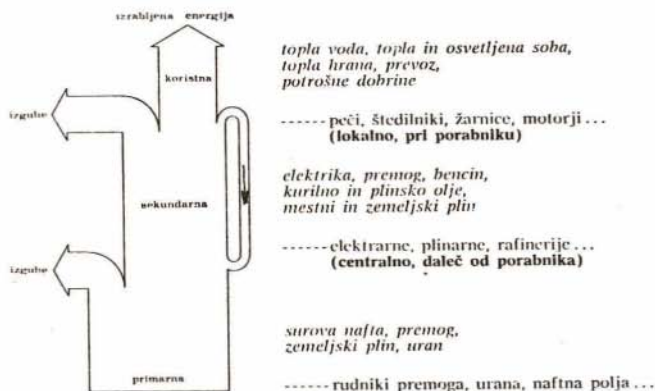


Sl. 1 Povprečni energijski tok na človeka v ZDA, zahodni in vzhodni Evropi, na svetu in v nerazvitih deželah v odvisnosti od časa (a). Povprečni energijski tok na človeka v odvisnosti od družbenega bruto proizvoda (tržne vrednosti vseh izdelkov in uslug na prebivalca in na leto v kaki deželi) za leto 1974. 1 ZDA, 2 Kanada, 3 ZRN, 4 Avstralija, 5 Francija, 6 Finska, 7 Japonska, 8 Izrael, 9 Anglija, 10 Saudska Arabija, 11 Venezuela, 12 Grčija, 13 Španija, 14 Mehika, 15 Peru, 16 Jordanija, 17 Malavi (b). Podatki so iz publikacij Združenih narodov.

je, greje grelce in žice v žarnicah, dalje notranjo energijo goriva, ki zgori v pečeh, delo strojev na notranje zgorevanje v vozilih štejejo h *koristni energiji* (sl. 2). Sekundarno energijo dobijo iz primarne daleč od porabnikov v naftnih rafinerijah, elektrarnah, plinarnah in jo je treba pripeljati do porabnikov z vozili, daljnovodi, plinovodi. Iz sekundarne energije dobijo porabniki koristno energijo.

Po energijskem zakonu se energija ob opisanih korakih ohrani. Zaradi entropijskega zakona pa se zmanjšuje delež toplote, ki jo je mogoče spremeniti v delo, ko teče toplota ob opisanih ko-

rakih k vse nižji temperaturi. S toploto, ki jo prejme naposled okolica, ne moremo ne poganjati toplotnih strojev ne ogrevati prostorov. Poleg tega kaže entropijski zakon zobe pri delu toplotnih strojev, na katere je naša civilizacija navezana. Pomislimo na parne turbine, ki poganjajo dinamostruje v elektrarnah in ki imajo izkoristek okoli 40 %, in na stroje z notranjim zgozrevanjem v vozilih, ki imajo še manjši izkoristek.



Sl. 2 Tok energije od primarne preko sekundarne do koristne in izrabljene. Ta tok nenehno teče in poganja gospodarstva in sploh civilizirano življenje. Dandanes meri na dnu pri primarni energiji preko 10^{13} wattov, kar da v povprečju več kot 2,5 kilowatta na prebivalca Zemlje. Vsako spremembo spremlja jo izgube, nekaj energijskega toka pa se porabi za prenos sekundarne energije do porabnika (pentlja na desni). Pri podrobnejšem pregledu je tok mnogo bolj razvejan in ga je treba obravnavati za vsako deželo posebej. Naposled se zaradi njega segreje okolica in seva Zemlja tolikšen tok v vesolje v obliki dolgovalovne svetlobe.

Glavni energijski vir so zaenkrat fosilna goriva in jedrsko gorivo. Njihove zaloge so omejene. Koliko časa bodo še trajale, je odvisno od naraščanja energijske porabe, pa tudi od novih zalog, ki jih bodo morebiti še odkrili, in od izboljšanja tehniških postopkov. Previdne ocene kažejo, da bi utegnilo biti premoga še za več kot sto let, jedrskega goriva za nekaj manj, zemeljskega plina že za nekaj manj in surove nafte le za nekaj deset let. To nas sili, da na vse mogoče načine varčujemo z energijo.

Izkoristek je definiran kot kvocient odvedene energije (dela ali toplote), ki jo izkoristimo, in dovedene energije (dela ali toplote), ki jo "moramo plačati".

peči in štedilniki

peč na gorivo (premog, kurilno olje, plin)	} dovajamo toploto, odvajamo toploto	50 % do 80 %
plinski štedilnik		40 %
kotel za centralno ogrevanje	} dovajamo el. delo, odvajamo toploto	70 % do 90 %
električni štedilnik		70 %
električna peč		100 %

stroji

vodna turbina, mlinsko kolo, prenosi z jermeni, zobati kolesi	dovajamo mehanično delo, odvajamo mehanično delo	do 90 %
elektromotor	dovajamo el. delo, odvajamo mehanično delo	80 % do 90 %
dinamostroj	dovajamo mehanično delo, odvajamo el. delo	80 % do 90 %

toplotni stroji

parna turbina	} dovajamo toploto, odvajamo mehanično delo	do 40 %
dieselski stroj		35 %
bencinski stroj		20 % do 25 %
elektrarna na premog	} dovajamo toploto, odvajamo el. delo	30 %

toplarna

	dovajamo toploto, odvajamo el. delo in toploto	40 % do 70 %
--	--	--------------

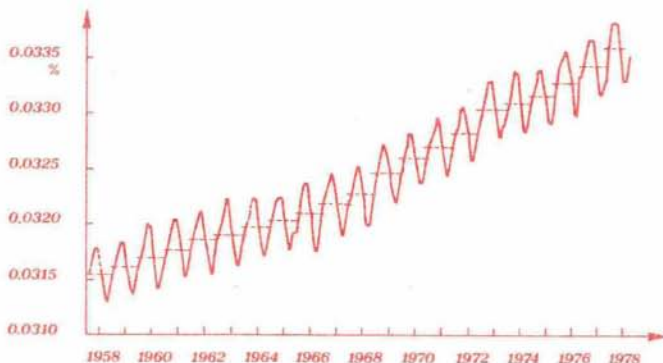
toplotna črpalka

	dovajamo delo in toploto, odvajamo toploto	odvedena toplota je okoli trikrat večja od dovedenega dela
--	---	--

naprave za izkoriščanje sončne energije

zbiralnik na strehi	dovajamo toploto	20 % do 70 %
"biomasa"	odvajamo toploto	0,5 % do 5 %

K varčevanju z energijo nas sili tudi težnja, da bi obvarovali zdravo okolje. Pri sežiganju fosilnih goriv nastanejo snovi, ki onesnažujejo okolje: pepelni prah, nestrupeni ogljikov dioksid (sl. 3) in strupeni žveplov dioksid in dušikovi oksidi. Pepel se da izločiti iz dima razmeroma lahko z električnimi filtri. Najnevarnejši je žveplov dioksid, ki ga je od vseh strupenih snovi največ. V obliki *kislega dežja* lahko pomori ribe v jezerih in poškoduje posevke in gozdove. Nevaren pa je tudi zdravju ljudi.



Sl. 3 Koncentracija ogljikovega dioksida v ozračju v odvisnosti od časa po merjenjih na opazovalnici Mauna Loa na Havajih. Letno nihanje nastane zaradi večje rabe ogljikovega dioksida ob rasti rastlin. Vodoravne črtice kažejo povprečne vrednosti, ki naraščajo iz leta v leto: na primer leta 1959 za $0,89 \cdot 10^{-6}$, leta 1977 za $1,58 \cdot 10^{-6}$. Ogljikov dioksid sicer ni strupen, a absorbira dolgovalovno svetlobo. Nekateri se bojijo, da bi ozračje zaradi povečane koncentracije ogljikovega dioksida zadržalo več dolgovalovne svetlobe in bi se Zemlja začela pregrevati. Zaradi tega bi se stalilo nekaj ledu okoli polov in bi lahko neprijetno narasla gladina morij.

Preglednica št. 1

IZKORISTEK NEKATERIH NAPRAV

Preglednica navaja le oceno. Na splošno je izkoristek tem večji, čim večja je naprava. Pri majhnih napravah je izkoristek lahko precej manjši od navedenega. V posebnih primerih pa je mogoče dobiti tudi večji izkoristek od navedenega.

Škodljive snovi, ki jih odda vsak dan elektrarna z močjo 1000 MW. Podatki so iz sovjetskih virov.

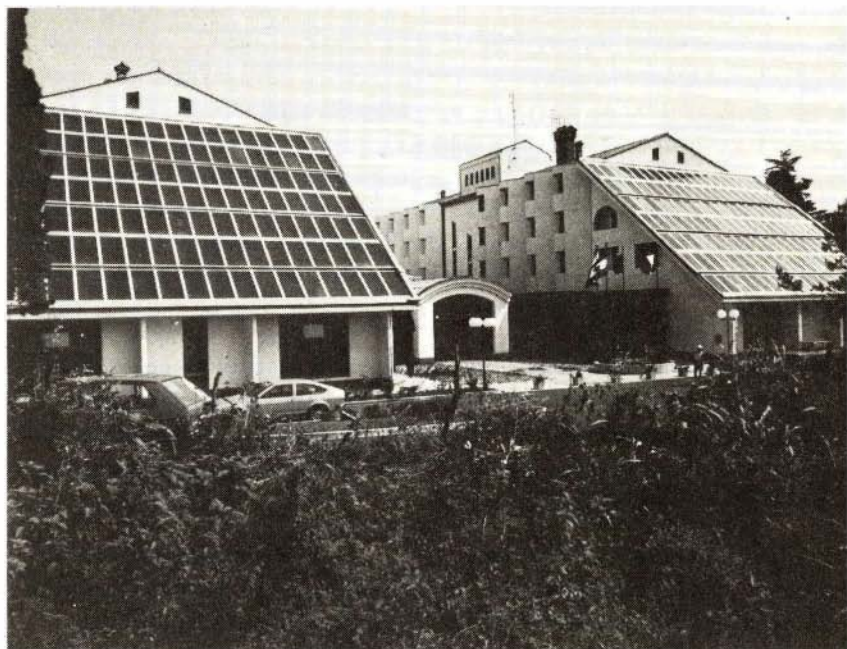
elektrarna na	porabi na dan	odda v ozračje	
		SO ₂	dušikovih oksidov
premog (črni)	6400 ton	380 ton	60 ton
kurilno olje (mazut)	4600 m ³	140 ton	60 ton
plin	540000 m ³	0,04 tone	34 ton

V jedrskem reaktorju nastanejo pri razcepu uranovih jeder radioaktivni izotopi. Ti so lahko nevarni ljudem, če ob nezgodi uidejo iz reaktorja. Izrabljeno jedrsko gorivo predelajo v posebnih tovarnah, ki jih upravljajo na daljavo. Iz njega izločijo še uporabno gorivo in radioaktivne izotope. Močno radioaktivne izotope predelajo v steklo, ki ga zaprejo v debele kovinske posode in odložijo globoko pod zemljo. Pogosto uporabijo v ta namen opuščene rudnike kamene soli. Upanje je, da bodo ostale posode v njih dolgo časa na suhem, saj višji zemeljski skladi ne prepuščajo vode. (če bi jo, bi namreč voda v preteklih geoloških obdobjih že sprala solne sklade.)

Zaradi izčrpanja zalog fosilnih goriv in jedrskega goriva in tudi zaradi varovanja zdravega okolja prizadevno iščejo nove energijske vire. Na prvem mestu je treba omeniti *sončno energijo*. Energijo sončne svetlobe je mogoče izkoristiti neposredno za ogrevanje prostorov in segrevanje sanitarne vode. Zgradbe naj bi bile zgrajene tako, da bi pozimi lahko izkoristili kolikor mogoče velik del vpadajočega sončnega svetlobnega toka, poleti pa le majhen del. V krajih z veliko sonca uporabljajo že posebne sončne zbiralnike za segrevanje vode (sl. 4).



Sl. 4 Sprejemniki sončne energije na hotelu upokojevcev v Izoli (a) in avtokampu v Luciji (b). Izolski hotel ima dvakrat po 132 sprejemnikov, od katerih ima vsak po 1,4 m² efektivne površine. Sprejemniki so namenjeni za celoletno ogrevanje sanitarne vode in vode v bazenu. Lucijski avtokamp ima dva vozla s po 80 sprejemniki (eden je na sliki, za ogrevanje sanitarne vode). Sprejemnike so dobavila in montirala Industrijska montažna podjetja iz Ljubljane.



Na vsak kvadratni meter zemeljskega ozračja pade v pravokotni smeri 1,4 kilowatta sončnega energijskega toka. V jasnih dneh pride do kvadratnega metra na površini Zemlje v pravokotni smeri okoli 1 kilowatt. To je kar precej. Vendar je treba upoštevati, da potrebujemo največ toplote za ogrevanje pozimi, ko se Sonce ne vzdigne visoko nad obzorje, tako da so dnevi kratki. Poleg tega nagajajo oblaki in megla. Tako pride v Ljubljani v decembru v povprečju na kvadratni meter vodoravne površine samo 0,6 kilowatture energije na dan.

Energijo sončne svetlobe lahko izkoristijo še drugače. Z zrcali jo zberejo, da segreva vodo v posodi in jo spreminja v paro. Para poganja parno turbino, ta pa dinamo stroj. Ta način je uporaben v krajih, kjer je veliko sonca in kjer je preskrba s fosilnimi gorivi otežkočena.

Na kratko omenimo še sončno celico. To je na poseben način izdelana ploščica iz silicija, ki jo vežemo v električni krog podobno kot baterijo. Ko pade nanjo svetloba, požene celica po sklenjenem krogu tok in odda delo porabniku v krogu. Izkoristek sončne celice je razmeroma majhen, okoli 10 do 15 %. Danes so sončne celice dokaj drage, a v prihodnosti bo njihova cena verjetno padla.

Za zdaj ovirajo večjo uporabo sončne energije sorazmerno drage investicije. Cena naprav se bo zmanjšala, ko jih bodo izdelovali v velikem številu. Vse kaže, da bo sončna energija še pred koncem našega stoletja krila vsaj nekaj odstotkov energijskih potreb človeštva.

Sončno energijo že doslej posredno izkoriščajo *vodne elektrarne*. Voda izhlapeva nad morji, potuje kot para in v oblakih nad celine. Tam pade v obliki padavin na zemljo in napaja reke. Ta krog poganja Sonce. Tudi notranja energija fosilnih goriv izvira od sončne energije, ki se je v preteklih geoloških obdobjih nakoščila v rastlinah in živalih.

Od drugih virov omenimo še *energijo vetra* (sl. 5) in *energijo*

Sl. 5 Veliki vijak s premerom 54 m za izkoriščanje energije vetra v Tvidnu na Danskem. Naprava doseže moč do 1,7 milijonov wattov. Slika je vzeta iz knjige *Energie, een blik in de toekomst*, urednika L. J. F. Hermans, A. J. Hoff, Het Spectrum, Utrecht, Antwerpen 1982 z ljubeznivim dovoljenjem prvega urednika.



vodnih valov, ki tudi izvira ta od Sonca. Izkoristiti je mogoče tudi *energijo plime*, ki nastane zaradi vpliva Lune. V ozkem zalivu z visoko plimo postavijo jez. Plimski val dovede vodo nad jez in voda poganja turbine elektrarne (sl. 6). *Geotermična energija* pravi-
vijo toploti globokih zemeljskih plasti. Vanje bi bilo mo-

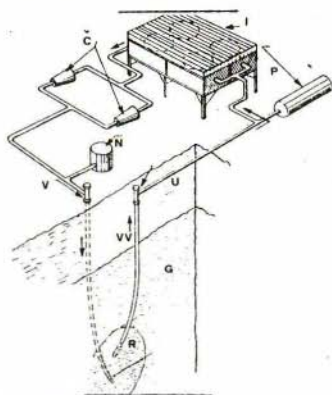
goče po ceveh uvajati vodo in uporabiti nastalo paro za pogon turbin (sl. 7). Na svetu deluje več elektrarn, tako v Kaliforniji v ZDA in v Italiji, na paro, ki se dviga iz globljih zemeljskih plasti skozi naravne razpoke. Pri nas ogrevajo ponekod s toplo vodo iz globljih plasti rastlinjake.

Nazadnje omenimo še gnijoče rastlinske in živalske odpadke ("biomaso"), v katerih se razvija metan. Tega s pridom izkoriščajo kot gorivo v toplih krajih, kjer ni dovolj energije ali je predraga.

Sonce in podobne zvezde dobivajo energijo pri jedrskih reakcijah, pri katerih nastaja iz vodika helij. Prizadevajo si, da bi izkoristili to reakcijo tudi na Zemlji in zgradili *reaktor na zlivanje* (*fuzijski reaktor*). V teku so obsežne raziskave. Za zdaj pa še ni jasno, kdaj bo uspelo zgraditi ekonomičen reaktor na zlivanje.



Sl. 6. Prva plimska elektrarna na svetu. Elektrarna leži na reki Rance blizu Saint-Maloja v Franciji kakih deset kilometrov od izliva v Rokavski preliv. Graditi so jo začeli leta 1961. Do 13 metrov visoko plimo pa so izkoriščali z mlini že pred petsto leti. Štiriindvajset turbin elektrarne delajo z največjo močjo 62,5 negawattov. Elektrarna dela ob plimi, ko se polni prostor nad jezom, in ob oseki, ko se ta prostor prazni.



Sl. 7. Sklenjeni krog vode v postaji za raziskovanje geotermične energije Fenton Hill (ZDA). Črpalke C stiskata vodo V s temperaturo 30 do 40°C po vrtni do razpoke R v granitnih skladih G v globini 2700 m, kjer je temperatura skoraj 200°C. Vroča voda VV s temperaturo okoli 170°C se dviga in v toplotnem izmenjalniku I odda toploto okolnemu zraku. Naprava oddaja okoli 5 megawattov toplotnega toka, ki pa ga ne izkoriščajo. Navpična razpoka z debelino od 0,3 mm do 3 mm so razdelili umetno z uvajanjem vode pod zelo visokim tlakom. N zaloga napajalne vode, P ekspanzijska posoda, U 732 m debela plast usedlin. Če odprejo ventil, brizga iz cevi pred toplotnim izmenjalnikom vroča voda, ki se zaradi znižanega tlaka delno spremeni v paro (desno). Sliki sta iz članka M.C.Smitha, *Geothermal Energy - the Furnace in the Basement*, The physics Teacher, november 1978.

Janez Strnad