

Мирко Грчић<sup>1</sup>

## НОВА ДОСТИГНУЋА У РАЗВОЈУ АЛТЕРНАТИВНЕ ЕНЕРГЕТИКЕ

Развој алтернативне енергетике важан је фактор одрживог развоја привреде. Светска потрошња електричне енергије достиже 13 млрд. kWh и повећава се сваке године за преко 1,5% тако да је тешко постићи растуће потребе ослањајући се само на традиционалне изворе (нафту, угљ, земни гас). Осим тога, брига поводом загађења ваздуха у великим градовима, киселих киша, нафтних мрља на површини земље и океана, несигурности атомске енергетике и глобалног отопљавања климата, подстиче идеје ширег коришћења алтернативних, нетрадиционалних извора енергије, који ће смањити потрошњу органског горива (нафте, угља, земног гаса) и емисију штетних материја у атмосферу (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и других) и омогућити децентрализовано снабдевање електроенергијом удаљених потрошача у дефицитарним регионима. Перспективни су обновљиви извори као што су соларна, еолска, геотермална, енергија океана и енергија органских материја из отпада. Удео обновљивих извора у светској производњи електричне енергије је још мали – свега 1/7 – при чему предњаче САД и Украјина. Све развијене земље имају програме развоја ове врсте енергетике. Србија такође има своје идеје и планове, али недостају инвестиције. Још 1981. године на конференцији ОУН у Најробију (Кенија) усвојен је светски “Програм акција за коришћење нових и обновљивих извора енергије”. УН раде на Светском соларном програму, Европска унија има програме “Алтер” и “Терми” а Русија “Интерсоларцентар” чија девиза је – “Обновљива енергија за одрживи развој и заштиту животне средине”. Географи у тим програмима раде пре свега на истраживањима локационих и геоеколошких аспеката енергетике.

### Хелиоенергетика

Сунчева енергија постоји у виду акумулиране енергије у различитим енергоносиоцима (органска горива, вода, ветар) и "слободне енергије" у виду директног сунчевог зрачења. Овај други вид је много обимнији. Сунце доставља на Земљу  $81 \times 10^{12}$  kW енергије, што за пола године достиже размере еквивалентне свим резервама минералног горива на нашој планети. Поред тога што је "слободна" Сунчева енергија

---

<sup>1</sup> Проф. др Мирко Грчић, Географски факултет, Београд.

доступна, јефтина и у великим количинама, она због своје мале површинске густине, промењивости у простору и времену и високе цене претварања још не налази ширу примену.

Постоји више начина хватања, концентрације и претварања сунчевог зрачења у корисну енергију. Највише распрострањен је метод равних КОЛЕКТОРА, који акумулира релативно нискотемпературну топлоту и загрева воду у домаћинству или у базену. У Израелу 800 000 сунчаних колектора снабдева 70% становништва топлотом водом. На Кипру, где је највећа потрошња сунчеве енергије по становнику, преко 90% кућа и већина зграда и хотела опремљена је соларним системима за грејање воде. Ти релативно прости и јефтини уређаји широко се користе у кућама Јапана, северо-западне Аустралије, у "Сунчаном појасу" САД.

За претварање соларне енергије у електроенергију постоје два начина - термални и фотоелектрични. У оба постоји суштински недостатак - сунчев сјај није константан. Зато је важан проблем хелиоенергетике акумулирање енергије. ТЕРМАЛНЕ СТАНИЦЕ раде на принципу концентрације сунчевих зрака, уз помоћ система огледала, за загревање радног тела које покреће турбину. Разликују се станице типа "сунчев басен", "сунчева кула" и параболичних жлебова. Први "сунчев басен" изграђена је 1979 г. у Израелу на обали Мртвог мора. Израелци су такву станицу пројектовали и у САД, у пустињи Мохаве (Данби Лејк), снаге 48 MW (највећа на свету, али није завршена). У станицама типа "сунчеве куле" систем огледала, којих може бити више хиљада, фокусира сунчеве зраке на котао који се налази на врху стуба (куле) и загрева специјалну течност у њему. Таква станица изграђена је у пустињи Мохаве код града Барстоу (Калифорнија) снаге 10 MW. Знатно мање снаге су станице Солнце и Мисовоје у ЗНД, Темис у Француској, ЦЕСА-1 у Шпанији, Саншајн у Јапану, Еурелиос у Италији, Пелворм (Северна Фризијска острва) у Немачкој, и многе друге. Немци су пројектовали хибридно соларно-гасну електрану Гаст (1600 часова ради као соларна а 1400 као гасна термоелектрана) снаге 200 MW. Француска гради експерименталне станице у Пиренејима и у Сенегамбији. Експерименталне станице постоје на југу Украјине (на Криму, у региону Алуштиа), у средњој Азији (Кизил Кум), на Кавказу (Јереван), у Подмосковљу, и чак у Сибиру. Најсевернију хелиостаницу изградили су Финци у граду Инко.

Концентратори у виду параболичних жлебова фокусирају сунчеве зраке на пријемне цеви дуж жлеба, кроз које тече уље. Компанија "Луз Инжењеринг" гради низ соларних станица тога типа близу Харпер Лејка у пустињи Мохаве, укупне снаге око 600 MW. Цена струје у таквим

станицама је двоструко нижа него у "сунчевим кулама", али је још увек двоструко виша него у конвенционалним термоцентрама. Седамдесетих година било је изграђено неколико опитних станица с покретним хелиостатима, у виду удубљених огледала. Такве су 10-мегаватна станица "Сунце-1" (Solar One) у Даџету (Калифорнија) и 5-мегаватна станица у Алмерији (Шпанија). Европски пројекат "Фобос" (Phoebus)- 30-мегаватна станица која ће се градити у Јордану, обнавља наде у такав систем. Интересантан је нови тип сунчаних електростаница које користе ефекат "сунчаних језера" – ефекат јачег загревања доњих слојева воде у затвореним басенима, који садрже веће концентрације соли.

ФОТОЕЛЕКТРИЦИТЕТ се производи непосредно из сунчеве енергије, када фотони (честице светлости) које упија полупроводник (на бази силицијума или галија/арсенида галија), стварају електрични ток. Истраживања су почела у вези за потребама космичке технике, а затим и за цивилне потребе. То је најбољи електрични извор - без загађења, буке, покретних конструкција, не захтева воду ни обимнију радну снагу, може функционисати у сваком размеру и у скоро сваком поднебљу што омогућује да се локализује непосредно код потрошача. Ограничење је висока цена и велика површина коју заузимају фотоелектрични системи. Да би се њима огрејала кућа у САД, треба 40-50 хиљ. долара и простор од 50-80 m<sup>2</sup>. Цена фотоелектричне енергије опада услед техничких усавршавања, али је још око 5 пута виша од цене из традиционалних извора. Светска производња фотоелектричне енергије је мала - око 50 MW. Интензивна истраживања фотоелектричних система врше се у Јапану (на острву Рокко), у Италији, Шпанији, а такође у Доминиканској Републици, Саудијској Арабији, на острвима Грчке и Француске Полинезије. У Немачкој су произвели цреп с уграђеним модулима фотоелектричних елемената. Хибридни систем мале снаге, који се састоји из фотоелектричних панела, акумулатора и дизел генератора, опслужује насеље од 100 људи на Кокосовом острву у Торесовом пролазу (између Аустралије и Нове Гвинеје). У Русији ради више фотоелектричних станица укупне снаге око 100 kW. Јапан планира да до 2010. године обезбеди помоћу "сунчевих батерија" 3% потребне електричне енергије. Има идеја да се слични системи употребе у пустињама Аустралије за десалинизацију морске воде, и у Африци за производњу водоника као енергетског извора.

Фотоелектрицитет је економичан у местима удаљеним од линија електричне мреже, за мале потрошаче - куће, војне објекте, истраживачке станице, системе комуникација, обалске сигналне уређаје за навигацију, пумпе иригационих система. Јапанске фирме "Санио", "Шарп" и "Фуџи"

су лидери у производњи фотоелемената за прибор у домаћинству - калкулаторе, играчке, сатове, светиљке на соларне батерије. САД су ипак сачувале водећу улогу у продаји фотоелектричне опреме, посебно танких плочица за производњу електричне енергије (у томе је водећа компанија "АРКО Солар"). Идеје о изградњи соларних електрана у пустињама, или на вештачким сателитима или чак на Месецу, с обзиром на врло високе трошкове и потребу нових техничких решења - за сада су нерелне.

Постоји низ еколошких, техничких и економских фактора који отежавају широку примену хелиоенергетике. Техничке тешкоће настају услед ниске густине сунчеве радијације која доспева на Земљину површину (у најповољнијим регионима  $1 \text{ kW/m}^2$ ), неправилан режим сунчевог сјаја на површини планете услед ротације и револуције Земљине и облачности, низак коефицијент преображаја соларне енергије у топлотну итд. Периодичност, неравномерност дотока сунчеве радијације, висока цена оптичког система чине соларну електроенергетику веома скупом. Осим тога, соларне електростанице покривају велике површине земљишта, што доводи до смањивања температуре ваздуха и тла. Велика постројења те врсте могу изазвати поремећај топлотног биланса, изменити ружу ветрова, карактеристике тла и биљног покривача широк простора. Осим тога, хелиоцентралне испуштају 2 пута више топлоте у околну средину него термоцентралне исте снаге које користе органско фосилно гориво. Средина утиче повратно – прашина, хемијска једињења и падавине смањују ефикасност и век трајања хелиостата.

### **Еолска енергетика**

Ветар настаје услед неравномерног загревања површине Земље и атмосфере, што ствара разлику у атмосферском притиску. Локални ветрови зависе и од особености рељефа. Ветрови на Земљи располажу са 2,7 трлн. kW енергије, од чега је могуће освојити око 40 млрд. kW али чак и то је 10 пута више од хидроенергетског потенцијала планете. Ветроенергетика има два суштинска недостатка: Први - ветрови дувају непостојано, што захтева изградњу акумулатора а то поскупљује цену струје, и други - енергија ветра је просторно расејана. За изградњу ветроелектрана потребно је имати у виду не само снагу и трајање ветра, него и ружу ветрова. Инсталације ветрењача имају смисла једино при сталним, јачим ветровима. Те инсталације су доста скупе и захтевају високе технологије.

Економичност ветроенергетике зависи од цене станице и од локалне цене струје. Цена струје из ветростаница приближна је цени из термоцентрала, с тим што се ветрењаче брже граде и исплаћују се за 5-10 година. Сезонска колебања брзина ветра и њихове максималне величине су важни фактори за оцену потенцијала ветрене енергије територије, пошто доступна енергија делимично зависи од просечних брзина ветра. Утврђено је да су најповољнији услови за ветроенергетику ако се просечна годишња брзина ветра креће у дијапазону 8-20 m/s а број часова рада ветроелектране прелази 2000. При удвострученој брзини ветра производња електроенергије расте за 8 пута. Већина система је предвиђена да ради при брзинама ветра 4 - 30 m/s. Снага генератора је пропорционална 1/3 снаге ветра. Потенцијална производња енергије зависи такође од површине, коју описује сваки обртај ротора турбине: при увећавању површине за два пута производња електроенергије се такође удвостручава. Што је већи ротор тиме су мања улагања по јединици снаге, пошто се више енергије може произвести са мањим бројем станица. Ветроенергетика је погодна за снабдевање електричном енергијом мањих, распршених потрошача.

Еколошке карактеристике су доста повољне – ветроенергетика је релативно чиста и не угрожава околину - изузев буке и сметњи у радио и ТВ пријему и телекомуникацијама (у случају челичних лопатица), опасности за птице, плашења мањих животиња и нарушавања естетике пејзажа. Због буке ветрењаче се граде даље од насељених места, или се ноћу искључују. На ветрењачама снаге преко 250 kW крајеви лопатица достижу надзвучне брзине, тако да стварају инфразвук који је штетан за животиње и људе. За ветроелектрану је потребно пет пута више простора него за соларну електрану исте снаге, с тим што се земљиште може користити за пољопривреду. Велика концентрација ветрењача успорава брзину ветра, утуче на топлотни биланс, мења нека својства микроклиме и педолошког покривача. Такође, штетан за околину је хаваријски метални или пластични отпад.

Развој ветроенергетике у зони западних ветрова (Западна Европа, запад САД) је успону. Према инсталисаној снази ветроелектоцентрала на првом месу су САД (2000 MW), затим Немачка, Индија (800 MW), Данска и Холандија. Удео ветроенергетике у производњи електричне енергије износи у САД око 2%, у Данској и Холандији око 10% а тај удео планирају да достигну у Европској Унији до 2030. године. У Данској ради преко 4000 ветроелектана мање снаге, од којих су неке изграђене на мору, 1,5 – 3 км од обале. У Финској, која заузима једно од водећих места у свету по потрошњи електричне енергије по становнику, ради 26

ветроелектроцентра, а планирана је изградња нових у арктичким областима и на острвима, иако оне неће бити рентабилне. У Индији ради 120 ветроелектроцентра (800 MW), претежно у приморским областима.

Већина ветрених турбина у САД размештена је на три планинска превоја у северној Калифорнији: Алтамонт-Пасс, Сан-Горгонио и Техачапи. Број ветрених турбина у Калифорнији достиже (1987 г.) 16769, укупне снаге 1463 MW (просечне снаге 87 kW). Од тога више од 1/2 је у Алтамонту, зато што ту максимална брзина ветра преовлађује у летње време, када је потрошња електроенергије у "Сунчаном појасу" највећа. "Ветрени бум" у Калифорнији изазван је углавном повољном пореском политиком и високим ценама струје.

Највећа у свету ветрењача изграђена је у Шведској у региону града Трелеборга. Крила од плексигласа дужине 40 m, достижу 25 обртаја у минути. Њена снага износи 3 MW и ради при снази ветра од 6-21 m/s. Већина савремених турбина има снагу 150-750 kW. Без обзира на негативна искуства, западноевропске земље развијају идеју коришћења великих турбина. Нови тип генератора с вертикалном осовином омогућује коришћење ветра из различитих праваца. Данска се оријентисала углавном на 55-киловатне фармерске станице за индивидуално коришћење, које су прикључене на енергетску мрежу.

### **Енергија биомасе**

Појам "биомаса" односи се на материју биљног и животињског порекла. Биомаса је директно или индиректно створена фотосинтезом. Основа биомасе су органска једињења угљеника, која у процесу спајања с кисеоником при сагоревању или услед природног метаболизма ослобађају топлоту. Стварање биомасе у биосфери иде брзином око  $250 \times 10^9$  т/год. При томе годишње се везује око  $100 \times 10^9$  т угљеника. Енергија потрошена при фотосинтези чини око  $2 \times 10^{21}$  J/год. ( $0,7 \times 10^{14}$  W). Стварање биомасе географски је неравномерно, зависно од локалних услова, и 2 пута веће по јединици површине копна него мора. Биомаса се може претворити у гасовито, течено или чврсто гориво, а такође у електро енергију. Примарни извори биомасе су шуме, отпад дрвопрерађивачке индустрије, пољопривреде и сточарства, а такође специјалне "енергетске" културе. За добијање енергије користи се мање од 1% годишњег прираста биомасе, али она обезбеђује око 15% светске потрошње енергије, више него хидроенергија (6%).

Основни начини добијања горива из биомасе су:

- 1) Термохемијски процеси - директно сагоревање и пиролиза (загревање без присуства ваздуха). Пиролитички процес за добијање запаљивог гаса назива се - гасификација;
- 2) Биотехнолошка прерада - ферментација шпиритуса, анаеробна прерада (добијање биогаза путем ферментације без присуства кисеоника), биофотолиза (разлагање воде на водоник и кисеоник под дејством светлости и микроорганизама);
- 3) Агрохемијска екстракција угљоводоника сличног каучуку, из коре дрвета Хереја (из рода Еуфорбија), који се користи као замена за бензин.

Шуме се највише користе као биоенергетски извор - преко 1/2 годишње сече дрвета се ложи за добијање енергије. Највећи произвођачи дрвоног горива (по реду величине) су - Индија, Бразил, Кина, Индонезија, САД, Нигерија. У Индији око 40% енергије потиче од спаљивања дрвета, у Португалији око 7,5%. Доступни енергетски потенцијал шума и отпада дрвопрерађивачке индустрије највиши је у САД и Канади. У САД (претежно у Калифорнији) раде "дрвне" термоцентралне укупне снаге око 1,5 мил. kW. Крајем 70-их година на Филипинима је планирано 17 дендротермалних електростаница јединичне снаге 3 хиљ. kW свака на сировини са плантажа Леусаена. Иако су Велика Британија и Француска доставиле сву опрему, само 4 од њих су пуштене у року и само 2 поуздано функционишу. Тај амбициозни пројекат базирао се на преувеличаним оценама гајења шумске културе на маргиналном земљишту.

Производња биогаза из дрвета и пољопривредних производа је перспективнија. Биогаз је производ безоксидног распада који се састоји од 60% метана и 40% оксида угљеника. Његова топлотна способност достиже 0,6 до 0,8 условног горива. Према шведским искуствима, брзо растуће дрвеће (јова, тополе, врбе) може дати 20 t/ha дрвета слабијег квалитета, што када се претвори у биогаз са 50% метана, је енергетски еквивалентно 8 т нафте. Биогаз се може добити из отпада прехрамбене индустрије, у безоксидним условима, вредности 60-80% метана. Станице за производњу биогаза размештају се, по правилу, у регионима великих градова, центара прераде пољопривредних сировина. Остатак после издвајања биогаза користи се као ђубриво. Недостатак коришћења биогаза је могући конфликт на релацији енергија-средина, јер биогаз узрокује веће загађење него добро пречишћен земни гас.

Електроцентралне које сагоревају остатке шећерне трске раде на Хавајима (укупне снаге 150 хиљ. kW) и у континенталном делу САД - Калифорнији, Флориди, Луизијани (80 хиљ. kW). Сличне би се могле

изградити у тропским земљама Карипског басена - у Барбадосу, на Куби, у Доминиканској Републици, Гватемали, Гујани и Хондурасу. У Тајланду, другом произвођачу шећера, из трске би се могло произвести 300 хиљ. kW електроенергије, што би покрило 1/4 његових потреба. Парне турбине раде на пиринчану љуску у Индији, Малезији, Филипинима, Суринаму, Тајланду и САД. На пет тона пиринча долази једна тона љуске, која има топлотну способност као дрво. Индија годишње располаже са 18 мил. т пиринчане љуске, што оправдава инвестиције у градњу електроцентрала снаге до 500 хиљ. kW које раде на том гориву.

У два допунска извора биомасе спадају прехранбени вишкови и биљке које се специјално гаје за производњу енергије. Бразил и САД имају највеће у свету програме за биотехнолошку производњу етиловог шпиритуса из биомасе. У Бразилу је 1986. године из шећерне трске, гајене специјално за производњу горива, добијено 10,5 млрд. литара етиловог алкохола, што је чинило око 1/2 аутомобилског горива у тој земљи. Већина аутомобила ради на бензинско-шпиритусовој смеси, која садржи 20% шпиритуса, а око 30% од 11 мил. аутомобила у тој земљи користи као гориво чист етилов шпиритус. Сада 10% гајења шећерне трске тамо одлази у шећеране, а 90% се претвара у алкохол. Цена 1 барела етанола сада је виша него бензина, те његову производњу дотира бразилска влада. Инвестиције у програм прераде трске у алкохол коштале су око 8 млрд. долара, а биле су мотивисане смањивањем увоза нафте и стварањем око 475 хиљ. радних места у пољопривреди и индустрији и још 100 хиљ. у непривредној сфери непосредно или посредно везаној за тај програм. За одржавање једног аутомобила потребно је толико земље на плантажама шећерне трске, колико 16 породица користи за обраду за властите потребе. У Бразилу је за "енергетске културе" издвојено око 7 мил. хектара. Да би производњу учинили рентабилнијом, Бразилци граде мале дестилерије продуктивности 1-10 хиљ. литара алкохола, да би смањили цене превоза сировина. Недостаци тога система производње енергије су у томе што заузима велике површине и ангажује пољопривредну радну снагу. С обзиром на сложену прехранбену ситуацију у свету и дефицит сетвених површина, тај пут не треба сматрати оптималним.

САД, напротив, стављају акценат на вишкове кукуруза и других житарица, који дају 90% од 3 млрд. литара етиловог шпиритуса (1987. године). Етилов шпиритус меша се с бензином у односу 1:9 (бензошпиритус), као замена за олово, ради повећавања октанског броја. Бензошпиритус добија у САД све већу подршку као мера за смањивање загађености атмосфере. Ниске цене шећера и других прехранбених култура, недостатак девизних средстава, тежња ка енергетској независности - подстичу развој програма за коришћење шпиритуса као горива и у другим земљама.



## Геотермална енергетика

Теоријски обновљива геотермална енергија, доступна за директно коришћење, процењује се на  $2,9 \times 10^{24}$  J (џула), што је око 10 хиљ. пута више од једногодишње укупне потрошње примарне енергије у свету данас. Као што је познато, на 100 m дубине температура расте просечно за око  $3^{\circ}$  C, или на 33 m за  $1^{\circ}$  C (тзв. геотермички градијент). У просторима где је магма ближа Земљиној површини раст температуре је бржи - у Алзасу градијент износи око 7 m, у околини Будимпеште око 14 m, у околини Бакуа око 20 m. Има и обрнутих појава, где је градијент већи - у северној Пољској износи око 90 m, у ЈАР око Кимберлиа 112 m.

У Земљиној кори издвајају се три врсте геотермалних региона:

1. ХИПЕРТЕРМАЛНИ - где температурни градијент прелази  $80^{\circ}$  C/km. Налазе се у тектонским зонама на контакту континенталних плоча, где је појачано међудејство Земљине коре и мантије. Примери су "ватрени појас" Пацифика, Исланд и Источна Африка (Кенија и Етиопија). Готово све геотермалне електране су географски везане за хипертермалне регионе.
2. ПОЛУТЕРМАЛНИ - где је температурни градијент  $40 - 80^{\circ}$  C/km. У вези су с дубинском циркулацијом воде дуж пукотина и раседа, у областима млађе тектонске активности (Југославија, Бугарска, Грчка, Турска).
3. НОРМАЛНИ - где је температурни градијент испод  $40^{\circ}$  C/km, нису погодни за геотермалну енергетику.

Техника извлачења топлоте може бити на принципу:

- а) природне хидротермалне циркулације - кроз бушотине се непосредно користе природни подзмени колектори геотермалних региона. Тај метод се користи у Гејзерима (код Сакраманта у Калифорнији) и Вајракеју (Нови Зеланд) где у бушотинама постоји знатан притисак.
- б) вештачког загревања - у вези с хлађењем полурастопљене магме, у виду лаве. Прва геотермална станица на том принципу изграђена је на Хавајима 1982. године, снаге 3 MW;
- в) хлађења сувих ужарених слојева стена (углавном гранита) - кроз бушотине се убацује вода у те хоризонте, а кроз друге се добија водена пара или прегрејана вода, до  $250^{\circ}$  C. Прва централа на том принципу ради у месту Каса Дијабло (САД) снаге 7500 kW.

Стене у дубини Земље могу достићи температуру до близу  $1500^{\circ}$  C. Ако топлота из унутрашњости прелази  $150^{\circ}$  C, тада има смисла говорити о њеном претварању у електричну енергију. На

високотемпературним изворима раде електране са сувом (засићеном) паром, као што је Вајракеј. На средње и нискотемпературним изворима раде (за сада експериментално у САД и Кини) станице с бинарном течностју (са секундарном радном течностју ниске тачке кључања, као амонијак, фреон). Највећа бинарна станица ради у Калифорнији, снаге 65 MW, од чега 25 MW сама троши.

Претварање геотермалне енергије у електроенергију почело је 1904. године у месту Лардарело (недалеко од Пизе, Тоскана). Ту је 1913. изграђена прва геотермална електрана, а 1914. године још три. Користи се пара из унутрашњости Земље температуре  $140-230^{\circ}\text{C}$  и под притиском 5-30 atm. која служи за загревање котлова. У њима се из чисте воде ствара кружни ток паре који покреће турбогенераторе. С обзиром на мали притисак паре, не могу се градити велике електране. Највећа је Лардарело снаге 275 MW. Пара ту долази са дубине око 1000 m кроз 270 бушотина, с температуром до  $+183^{\circ}\text{C}$  и притиском 4 atm.

Највећи произвођачи електричне енергије на бази геотермалне енергије су САД (у експлоатацији је 17 налазишта), Кина (11), Јапан (9) а за њима следи око 20 земаља. Укупна снага геотермалних електроцентрала у САД данас прелази 2000 MW. Највећа електрана те врсте у свету је Гејзери, северно од Сан Франциска. То је заправо скуп од 19 електрана инсталисане снаге око 1000 MW. Велике су електране на острву Хаваји (200 MW), Империал Вали у Калифорнији (200 MW), Валдез Калдер у држави Њу Мексико и Русевелд Спрингс у држави Јута. Захваљујући повољним геолошким условима геотермална енергетика се у неким земљама брзо развија - на Филипинима, у Кенији, Салвадору, Мексику, Индонезији. Прва геотермална централа у Русији је Паужетскаја на Камчатки, изграђена 1967. године. Тамо су такође почели градити Мутновскиј геотермални комплекс и Паратунски систем. Укупна инсталисана снага геотермалних електрана у свету прелази 5000 MW, што чини 1% светске производње електричне енергије.

Геотермална енергетика има своје предности и недостатке. Недостаци су у ограниченем притиску паре у изворима, који уз то опада с временом, у зависности од интензивности његове експлоатације. Рок трајања једне бушотине ограничен је на 15-20 година. За то време може дати до 5 мил. kWh електричне енергије. Топлоту није лако преносити на растојања већа од 30 km, па се мора користити близу извора. Најдужи геотермални топловод, дужине 64 km, изграђен је на Исланду 1981. године. Енергетски агрегати обично нису већи од 100 MW - највећи у САД

има снагу 135 MW. Трошкови бушења се експоненцијално повећавају с дужином. Пошто се производња електричне енергије повећава с растом температуре, а температура се повећава с дужином, као и трошкови, оптималном се сматра дубина бушотине око 5 km, али већина их не прелази 3 km. Најдубље бушотине достижу 12 km а технички су изводљиве до 15-20 km, али дубине до којих је рентабилно користити топлоту не прелазе 5-10 km. Сигурност геотермалних централа је знатно смањена зато што се оне по правилу налазе у вулканским и сеизмичким регионима. Могуће су такође појаве отровних гасова, клижења и слегања терена услед експлоатације подземних вода. Сепарирана вода може бити јако минерализована (до  $25 \text{ kg/m}^3$  соли) што захтева њено враћање у земљу а не испуштање у реке или акумулације. Та операција повећава цену електране, али има и допунску корист - подржава и појачава притисак у извору. Осим тога, геотермална електрана захтева 4-5 пута више воде за хлађење и испушта 2-3 пута више топлоте у атмосферу него традиционална термоелектрана исте снаге. Предности геотермалних централа у односу на термоцентралне, састоје се у већој сигурности, технолошким, економским и еколошким карактеристикама, а у односу на друге видове нетрадиционалне енергетике у нижим капиталним улагањима и ценама производње електричне енергије.

Непосредна примена (без претварања у електроенергију) геотермалне топлоте еквивалентна је 3 мил. t нафте годишње. Први градски систем топловода с геотермалном водом основан је 1930. г. у Рејкјавику (Исланд). Данас геотермална вода загрева пет главних градова - Адис Абебу, Пекинг, Будимпешту, Париз и Рејкјавик. Прва примена геотермалног грејања стакленика такође је остварена на Исланду 20-их година нашег века. Данас у томе предњачи Мађарска, где се око 2 мил.  $\text{m}^2$  стакленика греје геотермалном енергијом, што је еквивалентно енергији око 600 хиљ. t нафте годишње. У Македонији око 500 хиљ.  $\text{m}^2$  стакленика користи геотермалну воду. Прво у свету индустријско коришћење геотермалне паре започето је 50-их година XX века у целулозно-папирној фабрици на Новом Зеланду.

Највећи светски потрошач геотермалне топлоте је Јапан. Преко 90% топлотне енергије овде се користи за бање и базене, а остало за рибање, стакленике, грејање кућа и фарми, топљење снега и подгревање технолошких процеса. Други потрошач је Исланд - око 85% енергије користи за топлификацију, остало за индустрију (сушење морског биља, прераду рибе, производњу соли и прање вуне) и стакленике. Трећи потрошач је Мађарска, где око 45% геотермалне енергије иде за бање и

купатила, 35% за повртарство, 10% за индустрију и 10% за топлификацију. Те три земље могу се сматрати пионирима директног коришћења геотермалне енергије, као што су Италија, Нови Зеланд и САД пионери у генерирању електроенергије на бази геотермалне паре. Најважнији нови потрошачи директне геотермалне енергије су Француска (Париски и Аквитански басен) и Кина (Тјенцин и Пекинг). Ту се још сврставају Италија, Нови Зеланд, Румунија, ЗНД, Турска, САД а у мањој мери и Аустралија, Канада, Колумбија, Данска, Немачка, Мексико, Филипини, Пољска, Швајцарска, Тајван. Низ земаља у развоју нема финансијске и кадровске могућности за коришћење геотермалне енергије те своје изворе уступа за експлоатацију међународним компанијама, као и нафтне резерве.

### **Енергија океана**

ПЛИМСКЕ ЕЛЕКТРАНЕ са гледишта технологије сличне су хидроелектранама. Само су скупе, мало рентабилне и могу се градити тамо где висина плиме прелази 10 m, с тим да обалска линија омогућује градњу бране и да плимски талас улази у дубоки дуги залив. Данас у свету раде четири плимске електричне централе на три континента. Једна од њих је индустријска у естуару реке Ранс (Француска) снаге 240 MW, а три су експерименталне – Кислогубскаја на полуострву Кола (Русија) снаге 0,4 MW, Цзјансјан (Кина) 3,2 MW и Анаполис (Канада) 20 MW. Прва плимска електроцентрала изграђена је 1961-66 г. на реци Ранс у заливу Сен Мало у Нормандији (Француска). Брана која одваја естуар од отвореног мора дуга је 750 метара. Електрана у њој састоји се од 24 "булове" турбине које могу да раде при кретању воде у оба супротна правца. Лопатице турбине су покретне и могу се окренути зависно од правца кретања воде. Свака турбина је повезана с генератором снаге 10 MW - укупно 240 MW. Електрана није баш рентабилна - запошљава велики број људи (50) и ради само 4-8 часова на дан, али даје око 500 мил. kWh електричне енергије годишње. Плимски таласи носе колосални енергетски потенцијал - 3 млрд. kW. Услови рентабилности коришћења плимских електрана су велика плима и добро разуђена обала. Такви услови су повољни на неким деловима обале Ла Манша, Ирског, Баренцовог, Белог и Охотског мора, Северне Америка и Аустралије. У пројекту су моћне плимске електране Мон-Сен-Мишел (Француска) – 12 500 MW, залив Фанди (Канада) - 6 000 MW, у Мезенској Губи Белог Мора (Русија) - 15 000 MW за коју ће бити потребно изградити брану дугу 100 km, Пенжинској Губи Охотског мора (Русија) - 100 000 MW.

ЕНЕРГИЈА МЛАТА почела се користити у Норвешкој. Експерименталне електране раде на принципу воденог стуба - вода снагом удара (млата) подиже се на одређену висину а затим се обрушава вртећи лопатице турбине. То су електране мале снаге, али се могу у већем броју повезати у систем.

ЕНЕРГИЈА ВАЛОВА приближно је једнака енергији плиме. По прорачуну, енергија 1 m фронталне линије вала висине 3 m, који се креће брзином 50 km/час, достиже 50 kW. При том се може реално користити 4-5 kW. Таласна станица ради у Монаку, за потребе акваријума океанографског музеја. У акваторији светског океана инсталисано је преко 1000 светлећих плутања које користе енергију таласа. Експерименталне станице испитују се у Јапану, Румунији итд.

ЕНЕРГИЈА МОРСКИХ СТРУЈА чини 5-8 млрд. kW. Постоје идеје за њено коришћење, које још нису реализоване.

ЕНЕРГИЈА ТЕМПЕРАТУРНИХ РАЗЛИКА површинских и дубинских слојева воде светског океана оцењује се на 20-40 трлн. kW. По идеји физичара Жака де Арсонвала, старој више од века, изграђено је више експерименталних електрана - 1929. године у заливу Метанзас (Куба), 1949. године близу Обале Слоноваче, али без већег успеха. Тек 1980. године близу Хаваја укотвљен је специјални број с електраном ОТЕС-1 (Ocean Thermal Energy Conversion) у којој је први пут добијен вишак енергије од 12 kW. Принцип рада је следећи: Топла морска вода с површине ( $26,5^{\circ}\text{C}$ ) усмерава се у размењивач топлоте, где се течни амонијак претвара у пару, која покреће енергетски блок снаге 1 MW, затим доспева у кондензатор с хладном водом ( $4,4^{\circ}\text{C}$ ). Затим се циклус понавља. Хладна вода долази са дубине око 800 m, кроз титанске цеви пречника 2,5 cm. Прва комерцијална електрана тога типа пуштена је 1981. г. код острва Науру, а затим у регионима Рика, Флориде, Хаваја. Добијена електроенергија може се преносити на обалу подводним каблом, а може се користити на месту за добијање минералних сировина са дна или из морске воде. Разлика у температури морске воде је стабилан извор енергије али мале снаге. Електроцентралне се због тога састоје из већег броја енергоблокова, снаге око 10 MW. Недостатак таквих електрана је њихова географска привезаност за тропске ширине.

## Улога обновљивих извора енергије

У периодима енергетских криза, високих цена енергије - повећавао се интерес за обновљиве алтернативне изворе енергије. На обновљиве изворе долази око 21% светске потрошње енергије, од тога 15% на удео енергије добијене из биомасе, 6% на удео хидроенергије. Највећи пораст снаге у хидроенергетици у последње две деценије имале су Бразил, Кина и Колумбија. Неке земље су се оријентисале на градњу великих хидроелектрана, друге – много малих. Тако је 1991. године било у свету 113 брана које прелазе 150 m висине. С друге стране, снага малих хидроелектрана које нису прикључене на електричну мрежу, достиже око 30 мил. kW. Велики део тих централа је у Земљама у развоју. Изузетак чини СР Немачка, која има преко 3000 малих хидроелектрана. Индија има пројекат градње 3000 брана у долини Нармада (Централна Индија).

Бразил и Норвешка до 60% своје енергије производе из обновљивих извора, Индија око 50%. Бразил је први у свету по производњи шпиритусног горива, други - дрвеног горива, четврти - хидроенергије. Чак развој црне металургије и аутомобилског саобраћаја базира на тим изворима. Око 1/3 производње челика у Бразилу производи се на основу дрвеног угља, који се добија од врсте брзорастућег еукалиптуса на плантажама. Индија такође широко користи дрвено гориво, у енергетској политици приоритет даје ветреним турбинама, коришћењу биомасе а помоћни значај малим хидроелектранама, соларним станицама и коришћењу биогаса. Грчка улаже знатна средства у истраживања разноврсних обновљивих извора. Шведска је водећа по улагањима за таква истраживања по становнику, при чему основна ставка иде за коришћење биомасе - дрвета, енергетских култура, пољопривредних вишкова. Данска и Холандија полажу наде у еолску енергетику, Израел - у соларну, Јапан - фотоелектричну, геотермалну, плимску енергетику. Италија, Шпанија, Немачка и Швајцарска такође усмеравају снаге на истраживања соларне енергије. Перспективе развоја геотермалне енергетике су повољне у многим земљама. Дугорочно, зависно од усавршавања технолошких решења, перспективни су соларни колектори, фотоелектрични елементи, ветрене турбине, биохемијско претварање биомасе, системи на принципу температурног градијента.

Алтернативна енергетика се споро развија због низа нерешених проблема, који очекују решења. То су:

1. Висока капитална интензивност и улагања у нове технике и технологије;

2. Висока материјална интензивност - за плимске електране су потребне огромне количине метала и бетона, за хелиоцентралне велика количина скупих материјала, за производњу биогорива велике количине биомасе;
3. За соларне и ветрене станице као и за "енергетске културе", потребно је отуђивање знатних површина земљишта или морске акваторије;
4. За развој алтернативне енергетике потребни су одговарајући специјалисти, научно-истраживачки институти и слично.

Решавање тих проблема захтева комплексан приступ на националном и међународном нивоу. Инструменти за остваривање ефикасне енергетске политике могу бити тржишне снаге, субвенције, порези, одговарајући стандарди и базе података. Свака од тих мера може бити ефикасна и... неефикасна. Ипак без снижавања цена производње алтернативна енергетика неће донети решење енергетског проблема. У ширењу постојећих и освајању нових извора енергије ће значајну улогу играти елементи географске средине. Земље у зони повратника ће појачавати коришћење енергије ветра, планинске земље енергије вода с великим падом, тропске земље могућност претварања биомасе у гориво, пустињске земље обиље сунчеве енергије, земље у зонама вулканизма геотермалне енергије. Те активности могу повећати просторну диференцијацију извора енергије и реструктурирање конвенционалне енергетике.

### Литература

**Бусаров В.:** *Нетрадиционална енергетика: нове возможности.* Евразия, екологический мониторинг, № 3, Москва, 1996.

**Грчић М.:** *Индустријска географија*, "Научна књига", Београд, 1994.

**Твајделл Дж., Ујир А.:** *Возобновляемы источники энергии.* М. 1990.

**Малик К. Л.:** *Проблемы развития нетрадиционной энергетики.* Известия РАН, Серия географическая, № 4, Москва, 1999.

*International Energy Agency, Renewable Sources of Energy*, Paris, OECD, 1987.

*A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society (dir. Brown Lester), State of the World 1999.*, W W Norton & company, New York, London, 1999.

*Instituto geografico de Agostini, Calendario Atlante de Agostini 2002*, Novara.2001.