

PRIVREDA ZASNOVANA NA VODONIKU

Danas se 90% vodonika proizvodi i troši interno u preduzećima za proizvodnju amonijaka, metanola ili u rafinerijama nafte, a jedina njegova stalna upotreba kao goriva je za vasijske letilice (space shuttle). Međutim, mnoga industrijska preduzeća, uključujući najveće svetske naftne kompanije i proizvođače vozila, rade na koncepciji tzv. "privrede zasnovane na vodoniku" po kojoj će centralizovano snabdevanje energijom iz tradicionalnih velikih elektrocentrala preko kompleksne elektrodistribucione mreže biti u budućnosti zamenjeno decentralizovanim snabdevanjem iz uređaja male veličine koji se nalaze na ili blizu mesta potrošnje. Po ovoj koncepciji, investicioni troškovi po postrojenju su mali, postoji mala potreba za transmisijom i distribucijom infrastrukture, a kako svet postaje sve više kompjuterizovan i digitalan, ona pruža mogućnost dobijanja visokokvalitetne električne energije potrebne za digitalne uređaje i odgovara prirodni njihovog rada. Ova koncepcija podstaknuta je razvojem gorivih ćelija, za koje je neophodna potrošnja vodonika, proizvedenog najčešće u malim postrojenjima na velikom broju mesta ili direktno u vozilima. U današnjim gorivim ćelijama električna i toplotna energija se stvaraju reakcijom između kiseonika i vodonika, za koju u principu postoji više mogućnosti snabdevanja, među koje spadaju:

- prenos zemnog gasa gasovodom, ugljovodonika iz rafinerija nafte tankerima ili metanola iz proizvodnih postrojenja do mesta za proizvodnju vodonika parnim reformingom ili parcijalnom oksidacijom uz reakciju konverzije vodenog gasa,

- centralni parni reforming, parcijalna oksidacija zemnog gasa ili gasifikacija uglja i potom prenos dobijenog gasa gasovodom do mesta za lokalnu proizvodnju vodonika,

- centralizovana proizvodnja vodonika i njegov transport do mesta potrošnje gasovodom ili tankerima; vodonik se može transportovati i skladištiti kao gas, kriogena tečnost ili hidrid.

Sklopovi gorivih ćelija mogu se snabdevati vodonikom ili njegova proizvodnja može da bude integrisana u sam sklop (npr. iz zemnog gasa, drugih ugljovodonika ili metanola).

Dok koncepcija uglavnom predviđa proizvodnju vodonika u stacionarnim ili prenosivim gorivim ćelijama, ili drugim uređajima, npr. u stanbenim i poslovnim zgradama, gorive ćelije za pogon vozila predstavljaju najveće potencijalno tržište, a njihova prva stalna primena predvi-

đa se za autobuse i druge vozne parkove. Predviđa se da će se vozila snabdevati vodonikom do oko 2002, kasnije metanolom za proizvodnju vodonika u vozilu, a oko 2007. mogu da se pojave vozila sa korišćenjem ugljovodonika za proizvodnju H₂. Privatna vozila (ne vozni parkovi) mogu da prevladaju za oko 10 godina, ali je potreban značajan napredak snabdevanja i skladištenja vodonika.

Do 2010. moglo bi biti 22.000 autobusa pokretnih vodonikom, za koje bi bilo potrebno 400 t/dan. Radi poređenja firma "Air Products", koja navodi da na američkom tržištu neinterne upotrebe vodonika učestvuje sa preko 50%, proizvodi manje od 3.600 t/dan, a navedene potrebe odnose se samo na vozila, tako da je potreban mnogo veći proizvodni kapacitet. Za vozila vodonik treba da bude raspoloživ pod pritiskom do 600 bara da bi moglo da se skladišti u vozilu dovoljno za realističan predviđeni put (do potrebe ponovnog punjenja). Za punjenje u automobile u trajanju od 5 min. potreban je protok vodonika od oko 700 m³/h, a za autobuse u trajanju od 10 min oko 3.500 m³/h, što je daleko više od sada korišćenih u hemijskim fabrikama; pored toga potrebni su oprema za merenje i rukovanje. Iako to sve izgleda futuristički, skladište za snabdevanje vodonikom autobusa u Chicagu radi već 2 godine, a demonstracione pumpne stanice za snabdevanje automobila, koje je izgradio "Ford", postoje u Detroitu, Hamburgu i Minhenu. Za određeni gradski region najbolja infrastruktura za snabdevanje vodonikom zavisi od broja vozila, a teškoću predstavlja i potreba manjih proizvodnih postrojenja za vodonik na samim pumpnim stanicama, jer sadašnja ekonomična postrojenja za reforming metana i konverziju vodenog gasa proizvode oko 28.000 m³/dan.

Za stacionarne gorive ćelije postoji takođe više mogućnosti za snabdevanje vodonikom, među kojima su: upotreba sadašnjih malih postrojenja za primene iznad 1 MW, razvoj "vodoničnog voznog parka" u kojoj centralizovana proizvodnja služi za više korisnika gorivih ćelija, razvoj manjih lokalnih generatora (već u toku) za primene iznad 50 kW i postavljanje gorivih ćelija na određenim mestima pored postojećih cevovoda.

Na internacionalnoj Konferenciji o istraživanju i razvoju vodonika, održanoj 2001, koja će postati stalna manifestacija Evropske asocijacije za vodonik, usvojeno je da korišćenje energije vodonika u privredi preko gorivih ćelija nije više daleka vizija, već postoje njegove nebrojne primene. Vodonik će ostati značajna sirovina za hemijsku industriju, ali ima

veću budućnost kao sredstvo za proizvodnju, potrošnju i skladištenje energije, te izgleda da je došao kraj eri privrede zasnovane na ugljeniku, koji će se koristiti kao materijal za tehničke konstrukcije. Gorive ćelije su lakše od akumulatora, znatno efikasnije, a korišćenje vodonika kao goriva predstavljaće takođe rešenje za smanjenje emisije CO₂ u atmosferu.

VOZILA SA GORIVIM ĆELIJAMA

Američka firma "Millenium Cell" razvila je, po sporazumu sa hemijskom kompanijom "Air Products & Chemicals", praktičniju alternativu za snabdevanje gorivih ćelija u vozilima vodonikom od korišćenja metalnih hidrida i komprimovanog vodonika. U postupku nazvanom "vodonik po potrebi" on se dobija iz vodenog rastvora sa oko 30% borhidrida i 1-5% NaOH kao stabilizatora. Rastvor se pumpa preko katalizatora na bazi rodijuma ili kobalta i dolazi do egzotermne reakcije u kojoj natrijum-borhidrid prelazi u vodonik i natrijum-borat, koji može da se reciklira. Kompanija "Daimler Chrysler" proizvela je prototip automobila sa gorivim ćelijama, u kojem se za potreban vodonik koristi postupak "Millenium Cell", a koji može da pređe sa jednim punjenjem 480 km najvećom brzinom od 128 km/h, a ne emituje štetne gasove. "Daimler Chrysler" je 1994. proizveo svoj prvi eksperimentalni auto sa gorivim ćelijama nazvan NECAR, a 2000. model NECAR 5 u kojem se za ćelije koristi metanol.

Nemačka firma BMW uputila je krajem 2001. grupu vozila sa gorivim ćelijama snabdevanih vodonikom na svetsku turneju po S. Americi, Aziji i Evropi radi njihovog prikaza, jer ih smatra za vozila budućnosti. Rezultati su tehnički i politički vrlo pozitivni, firma smatra da korišćenje alternativnih goriva nije važno samo iz ekoloških razloga, radi sprečavanja negativnih klimatskih promena, a istraživanje i razvoj u ovoj oblasti omogućiće nemačkoj industriji obezbeđenje tehnološkog napretka.

ENERGETSKA POLITIKA VELIKE BRITANIJE DO 2050.

Vlada V. Britanije je od svoje "Ustanove za produktivnost i inovacije" zatražila 2001. izradu detaljne studije njene energetske politike do 2050 i strategije da se oni postignu. U izradi studije konsultovano je oko 400 pojedinaca i organizacija, a osnovana je posebna grupa za izveštaj o energetskim istraživanjima u V. Britaniji koji će biti sastavni deo studije. S obzirom na postavljani dugi vremenski period, studija ne iznosi specifični plan već daje samo smerne energetske politike, ali smatra da je postavljeni period neophodan

SOLARNA GORIVA

Na prostoru Sahare, sunčeva svetlost koja obasjava 5% njene ukupne površine (500 x 500 km) mogla bi korišćenjem solarnih kolektora ograničene efikasnosti (20%) da zadovolji celu sadašnju svetsku potrošnju energije ($1,2 \times 10^8$ GWh). To je, naravno, praktično nemoguće, jer sunčeva radijacija koja stiže na zemlju ima ozbiljne nedostatke: vrlo je razblažena (samo 1 kW/m^2), povremena (samo u toku dana i sa nebom bez oblaka) i nejednako raspoređena (uglavnom u blizini ekvatora). Međutim, ovi nedostaci bi se mogli prevazići pretvaranjem solarne energije u solarna goriva, koja se mogu duže vreme skladištiti i prenositi na velika rastojanja, od sunčanih predela zemlje do industrijalizovanih i gusto naseljenih oblasti, koje troše velike količine energije. Solarna goriva sagorevaju dajući toplotu, koja se može prevesti u električnu ili mehaničku energiju ili direktno koristiti za dobijanje električne energije u gorivim ćelijama ili baterijama.

Postoje 3 metode za dobijanje solarnih goriva iz solarne energije:

- solarno–elektrohemijska – dobijanje električne energije pomoću fotogalvanskih ili solarnih termičkih sistema praćeno elektrolitičkim procesom,

- solarno–fotohemijska – direktno korišćenje energije fotona,

- solarno–termohemijska – dobijanje toplote solarnom energijom praćeno termohemijskim procesom.

Moguća je kombinacija sve 3 metode, ali solarno–petrohemijska ima termodinamičkih prednosti, te je kao najinteresantnija izabrana od grupa naučnika švajcarske Federalne tehničke visoke škole (ETH) i izraelskog Weizmanovog naučnog instituta.

Bitni za solarno–termohemijsku metodu su parabolični reflektori, koji do 500 puta koncentrišu sunčevo zračenje i reflektuju ga do solarnog prijemnika. Prijemnik ga apsorbuje i visokotemperaturnu toplotu prenosi hemijskom reaktoru, gde se endotermnom reakcijom proizvodi solarno gorivo koje energiju skladišti unutar svojih hemijskih veza. Što je temperatura reakcionog procesa veća, veći su efikasnost konverzije energije, ali i gubici reradijacijom iz solarnog prijemnika, tako da za datu solarnu koncentraciju postoji optimalna temperatura za maksimalnu efikasnost. Tako je za solarnu koncentraciju od

5.000 optimalna temperatura solar-nog prijemnika 1500 K, što predstavlja maksimum teorijske efikasnosti od 75% (solarna energija koja u principu može da se konvertuje u hemijsku energiju goriva). Velika efikasnost znači manju površinu za sakupljanje solarne za istu količinu hemijske energije i, usled toga, manje troškove.

Primer termohemijskog procesa za dobijanje goriva korišćenjem koncentrovane solarne energije je termička redukcija metalnih oksida na visokim temperaturama. Dobijeni metal može da se koristi za direktno dobijanje energije iz baterije metal–vazduh, gorivih ćelija ili za reakciju sa vodom radi dobijanja vodonika, koji potom može da se koristi za dobijanje toplotne ili električne energije. U oba slučaja, sporedni proizvod je polazni metalni oksid koji se recikluje u solarni reaktor. Ciklus je potpuno zatvoren, te nema emisija u okolinu. U navedenim institutima ispituje se, na temperaturama iznad 2000 K, solarna termička disocijacija ZnO u njegove elemente, izabranog zbog potencijalno velike efikasnosti i pristupačnosti.

U drugom petrohemijskom procesu, poznatom kao hemijska toplotna pumpa sa zatvorenim sistemom, visokotemperaturna solarna energija se koristi za reverzibilnu endotermnu reakciju metana sa CO₂, kojom se dobije sintezni gas, smeša vodonika i CO, a ovaj se može skladištiti na normalnoj temperaturi i prenositi do mesta potrošnje. Reversnom egzotermnom reakcijom oslobađa se toplota, koja se može koristiti za bilo koju svrhu, a nastali proizvodi, metan i CO₂, reciklovati u solarni reaktor u kome se proces ponavlja. Isti proces može se koristiti u otvorenom sistemu, u kojem se dobijeni sintezni gas koristi kao "poboljšano solarno gorivo", jer je njegova toplotna vrednost dovođenjem solarne energije povećana u odnosu na metan. Slično tome, fosilna goriva se mogu "solarno poboljšati" endotermnim procesom, kao što su solarni reforming ili krek-ing zemnog gasa ili solarna gasifikacija uglja, u kojima fosilna goriva ne sagorevaju već služe isključivo kao reaktanti za proces koji vrši koncentrovana solarna energija. Ovakvim "solarnim poboljšanjem" fosilnih goriva ona se konzervišu, a eliminišu se gasovi staklene bašte. "Hemijska hibridizacija" solarne i fosilne energije može se smatrati za most između

današnje tehnologije, na bazi fosilnih goriva, i sutrašnje solarne hemijske tehnologije.

Drugi hibridni fosilno–solarni energetski proces je karbotermička redukcija metalnih oksida u kojoj se fosilno gorivo koristi kao redukcionni agens. Primer je ponovo dobijanje cinka iz ZnO u prisustvu čvrstog ugljeničnog materijala, npr. koksa, ili gasovitih ugljovodonika, npr. zemnog gasa, kao redukcionnih agenasa. Oni omogućuju redukciju oksida na nižoj, tehnički ostvarljivoj temperaturi (oko 1300 K), od one za čistu termičku disocijaciju, a redukcionni agens može da se dobije i iz biomase, pri čemu ne dolazi do emisije CO₂ u okolinu. Ako se za endotermnu ili karbotermnu redukciju koriste nisko-kvalitetna goriva, npr. lignit, škriljac ili rezidualno ulje, nastaju gasoviti proizvodi koji se mogu efikasnije koristiti za proizvodnju električne energije nego njihovo sagorevanje.

Korišćenje zemnog gasa kao redukcionnog agenasa kombinuje proces, nazvan SynMet, istovremene redukcije ZnO i reforminga metana, dajući kao proizvode cink i sintezni gas. Prednosti ovog postupka su:

- reforming metana vrši se bez katalizatora i, odgovarajućom optimizacijom, može se dobiti visoko kvalitetni sintezni gas sa molarnim odnosom vodonika i CO od 2:1 koji je naročito pogodan za sintezu metanola, potencijalne zamene benzina,

- nastali gasovi su dovoljno vredni da opravdaju njihovo sakupljanje, čime se izbegava emisija CO₂ iz tradicionalne karbotermijske redukcije ZnO,

- koncentrisanjem toplote solarnog procesa izbegava se ispuštanje gasova staklene bašte nastalih sagorevanjem fosilnih goriva, što je naročito značajno jer su sadašnji industrijski procesi za dobijanje cinka i sinteznog gasa ekološki izuzetno nepovoljni. Nedavna ispitivanja uobičajenih procesa za dobijanje cinka elektrolizom i sinteznog gasa reformingom zemnog gasa ukazuju da je ukupna emisija gasova staklene bašte preko 2 kg ekvivalenta CO₂ po kilogramu primarnog cinka i 0,8 kg po kilogramu zemnog gasa (količine CH₄ i N₂O emitovane u toku celog procesa konvertovane su u ekvivalente CO₂ koristeći faktor za potencijal globalnog zagrevanja od 21 za CH₄ i 310 za N₂O). SynMet proces može znatno da smanji ili potpuno eliminiše ove emisije.

Termohemijski solarni procesi imaju povoljnu dugoročnu perspektivu jer sprečavaju ili smanjuju troškove za uklanjanje CO₂ i zaštitu od zagađenja. Njima se dobijaju obnovljiva goriva i proizvodi potrebni za isporuku čiste i održive energije, a krajnji cilj razvoja je zamena fosilnih solarnim gorivima. Međutim, za to je neophodan kontinualni program istraživanja, razvoja i tehničkih rešenja da bi se postiglo korišćenje solarnih hemijskih tehnologija u industrijskom obimu. Troškovi ovih programa bi se vratili sledećoj generaciji u obliku obnovljivih izvora energije za održivi svetski razvoj.

ISTRAŽIVANJA U OBLASTI GORIVIH ČELIJA

Kompanija "Shell" osnovala je 1999. firmu "Shell Hydrogen" i više zajedničkih preduzeća i alijansi sa proizvođačima gorivih ćelija i drugim firmama radi razvoja gorivih ćelija i sistema za proizvodnju, skladištenje i isporuku vodonika. Firma smatra da će dugoročno vodonik postati gorivo za vozila i proizvodnju energije.

Nemačka firma "Celanese", nastala odvajanjem od "Hoechsta" proširuje svoju aktivnost na lukrativno tržište gorivih ćelija sa primenom polimidazola, koji je otporan na temperature do 200^o, te je pogodan za sklopove membranskih elektroda visoko-temperaturnih ćelija na kojima vodonik reaguje sa kiseonikom iz vazduha i dobijaju se električna i toplotna energija i voda. Stručnjaci predviđaju da će ove ćelije, potencijalno manje, lakše, jeftinije i efikasnije od postojećih, u budućnosti biti korišćene za proizvodnju energije.

Francuska firma "Air Liquide" ugovorila je sa francuskom agencijom za nuklearna istraživanja CEA zajednički istraživački rad na razvoju gorivih ćelija. Partneri će kombinovati svoja istraživanja radi razvoja membranskih sistema za gorive ćelije i sistema za snabdevanje vodonikom.

"General Motors" i "Ope" povećali su svoje aktivnosti u oblasti gorivih ćelija i njihovi istraživački centri u Nemačkoj i SAD su isključivo odgovorni za razvoj pogonskih sistema sa gorivim ćelijama. Istovremeno, firme "Suzuki", "Hydrogenics" i "Giner" osnovale su stratešku alijansu sa glavnim ciljem integracije sistema gorivih ćelija u kompaktna i mala vozila "Suzuki"-a, u kojem "General Motors" ima 20% akcija. "Hydrogenics" će biti prioritetni partner za ra-

zvoj i optimizaciju gorivih ćelija i vršiće distribuciju zajednički osvojenih stacionarnih sistema. "Hydrogenics" je ranije vršila distribuciju sistema gorivih ćelija za prioritetne korisnike, kao što su bolnice, i jedan je od vodećih proizvođača uređaja za testiranje gorivih ćelija; "Giner" će pomoći "General Motorsu" u oblasti postupka za ponovno punjenje vozila vodonikom. "General Motors" je proizveo prototip vozila na gorive ćelije HydroGen 3 zasnovan na modelu Zafira, kao sledbenika sistema HydroGen 1 ranije ispitan na istom modelu. Kompanija čvrsto veruje u viziju da će, dugoročno posmatrano, vodonik biti izabran kao gorivo za transportna vozila i druge energetske izvore, a da ga treba proizvoditi iz obnovljivih izvora. Kompanija će iznositi vozila sa gorivim ćelijama na tržište, ali smatra, kao i drugi proizvođači vozila, da se globalna "privreda zasnovana na vodoniku" ne može razviti bez nekih ključnih učesnika, kao što su vlade država i energetske kompanije.

"DuPont" je objavio da povećava svoje ulaganje u membrane za protonsku razmenu, koje se koriste za gorive ćelije, i smatra da korišćenjem svog znanja o polimerima, prevlakama i elektrohemijskim procesima može da postane jedan od glavnih učesnika na ovom tržištu. Kompanija predviđa da do 2010. ovo tržište može dostići vrednost od 10 mlrd. dolara.

Kanadska firma "Ballard Power Systems" otkupila je od firme "Textron Systems" sektor za ugljenične proizvode, uključujući 66 internacionalnih patenata za 14 istaknutih pronalazaka, koji razvija i proizvodi različite komponente za automobile i gorive ćelije. Firma je reorganizovala svoju kooperaciju sa "Fordom" i "Daimler Chryslerom" koje su povećali svoje imovinsko učešće u "Ballardu" na 23,6 odn. 19,5%, a uložiće u istraživačko-razvojni rad daljih 70 mil. dolara; "Daimler Chrysler" je poslednjih godina uložio u istraživanje gorivih ćelija ukupno 1,1 mlrd. evra. Partneri će zaključiti ugovor o novoj 20-godišnjoj alijansi za razvoj gorivih ćelija za vozila kao zamenu za postojeće. Prednost nove kooperacije za "Ballard" je da će moći razvijati ceo energetski sistem za vozila, što mu omogućuje da ga nudi i drugim proizvođačima, a za "Ford" i "Daimler Chrysler" izbegavanje paralelnog razvojnog rada.

Sekretarijat za energiju SAD (DOE) predvideo je fond od 27 mil. dolara u 2001. za finansiranje rada na 3 mala reformera za proizvodnju, skladištenje i korišćenje vodonika za vozila i male gorive ćelije. Jedan od korisnika fonda je firma "Hydrogen Burner Technology" koja planira u 2002. proizvodnju kompaktnog reformera kapaciteta 25 m³/h, a kasnije modela od 170 m³/h. Uređaj je autotermalni reformer, kombinacija parnog reformera metana i parcijalne oksidacije, u kojem metan, vodena para i vazduh reaguju u prisustvu niklenog katalizatora na 650–815^o i 15 bara dajući smešu sa preko 50% vodonika i oko 30% azota, 20% CO₂ i malo CO; čist 99,999% vodonik potom se dobija adsorpcijom sa promenom pritiska. Proces je projektovan da konkuriše dobijanju vodonika elektrolizom, od koje su troškovi 20–40% manji, ili isporuci tečnog ili komprimovanog vodonika iz velikih parnih reformera, gde cena zavisi od daljine prenosa gasa. Predviđeno je da se ovaj uređaj ispita u toku 2002. u jednom skladištu za snabdevanje autobusa gorivom. Druga 2 mala reformera, jedan autotermalni i jedan parni, treba da jednoj stanici za snabdevanje gorivom isporučiti firma "Air Products & Chemicals". Parni reforming treba da počne do kraja 2001. proizvodnju oko 56 m³/h vodonika, korišćenjem i adsorpcije sa izmenom pritiska, a iako ima vrlo mali kapacitet u odnosu na industrijska postrojenja, firma očekuje proizvodnju vodonika po konkurentnoj ceni. Za uređaj nisu dati detalji već je samo navedeno da integrisani projekat svodi na minimum proizvodnju suvišne vodene pare. Dobijeni vodonik će se koristiti za gorivu ćeliju sa membranom za izmenu protoka i kao gorivo za 6 gradskih autobusa smešom 30% vodonika i 70% zemnog gasa, koja ima bolje karakteristike sagorevanja i manju emisiju štetnih gasova od čistog gasa.

DOE je takođe zaključio ugovor sa firmom "Catalytica Energy Systems" za prerađivač snage 50 kW radi konverzije benzina i drugih goriva. Uređaj je namenjen za ugradnju u vozila sa gorivim ćelijama, kombinuje katalizator za reforming sastavljen od smeše metala sa katalitičkim postupkom sagorevanja Xonon ove firme. Postupak Xonon će biti korišćen za kontrolu procesa, a on se sada koristi u gasnim turbinama japanske firme "Kawasaki" u kojima sniženjem temperature sagorevanja smanjuje stvaranje NO_x gasova.

NOVI SOLARNI UREĐAJI

Istraživači japanskog Nacionalnog instituta za savremene industrijske i tehnološke nauke i Univerziteta nauka u Tokiju razvili su metodu razlaganja vode pomoću vidljive svetlosti što može predstavljati osnovu za veštačku fotosintezu. Dok je efikasna konverzija sunčeve svetlosti u hemijsku energiju vršena samo u uređajima za fotosintezu, njeno korišćenje za dobijanje hemijske energije u obliku vodonika za gorivu ćeliju predstavljao bi jeftin i obnovljiv izvor energije za transport i proizvodnju elektriciteta. Japanski istraživači razvili su novi mešoviti katalizator koji izdvaja energiju iz vidljive svetlosti od ispod 400 nm i razlaže vodu, dok je u ranijim eksperimentalnim metodama za razlaganje korišćena jača energija ultraljubičastog zračenja. U prethodnim eksperimentima japanski istraživači su postigli razlaganje vode UV-zracima korišćenjem sinergetskog efekta između 2 različita fotokatalizatora od titana suspendovana u vodenom rastvoru natrijum-jodida. Dejstvom UV-svetlosti, katalizator platina-titanat (mineral anatasa) izdvaja vodonik iz vode, dok kiseonik reaguje sa rastvorenim jodidom stvarajući jodat. Kad se vodonik odvoji, katalizator titan-dioksida (mineral rutil) dovodi do reverzije jodata u jodid uz izdvajanje kiseonika. U novim eksperimentima je uspelo isto stehiometrijsko razlaganje vode u vodonik i kiseonik korišćenjem kao energetskog izvora vidljive svetlosti umesto UV-zračenja što omogućuje korišćenje sunčeve svetlosti. U postupku sa vidljivom svetlošću koristi se mešoviti katalizator na bazi platina-tungstata i platina-stroncijum-titanata (iniciranog sa Cr-Ta); isti reagens na bazi joda koristi se za prebacivanje elektrona pri razlaganju vode. Istraživači sada rade na usavršavanju katalitičke smeše radi povećanja efikasnosti razlaganja vode vidljivom svetlošću, jer je kvantna efikasnost od 0,1% na 420 nm dosta niska te predviđaju njeno povećanje do oko 10%. Predviđa se razvoj postupka za fotokatalitičko razlaganje vode u toku sledećih 20–30 godina.

Holandska firma "Akzo Nobel" i "Shell Renewables", zajedničko preduzeće "Shella" i nemačke firme "Siemens Solar", zaključili su ugovor o zajedničkom razvoju jeftinog postupka za masovnu proizvodnju fleksibilnih solarnih ploča. Partneri smatraju da su sadašnji materijali za izradu

solarnih ploča, čist silicijum, metali i staklo, skupi i za proizvodnju troše mnogo rada. Firme će izgraditi pilot-postrojenje u kojem će koristiti metode masovne proizvodnje za praktično kontinualno nanošenje "prevlaka za solarne ćelije" (debljine 1/20 debljine ljudske dlake) na rolne fleksibilnih folija. "Shell" predviđa porast potrošnje solarne energije od 16–25% godišnje, a jeftine, fleksibilne ploče mogu da doprinesu razvoju tržišta.

Američka firma "Energy Conversion Devices" osnovala je 1999. sa belgijskim proizvođačem žice "Bekaert" zajedničko preduzeće za proizvodnju solarnih ćelija "United Solar Systems", u koje je "Bekaert" uložio 84 od čega 63 mil. dolara za izgradnju u SAD postrojenja za njihovu proizvodnju. Za razliku od postojećih, teških nefleksibilnih ploča, uokvirenih u staklo, firma će proizvoditi tanke, fleksibilne solarne ploče koje se mogu postaviti na uobičajeni krov od ploča zalivenih asfaltom ili preko metalnog krova. Ćelije se proizvode nanošenjem 3 sloja amorfnog silicijuma, debljine 1µm, parnim taloženjem na kontinualni lim od nerđajućeg čelika debljine 125 µm. Svaki sloj je optimizovan da apsorbuje crvene, plave ili zelene fotone radi povećanja efikasnosti konverzije energije, u poređenju sa jednim slojem, a radi zaštite od UV-degradacije ćelija se stavlja između 2 polimerna sloja: etilen-vinilacetat-kopolimera i fluoropolimera Tefzel. Solarne ploče mogu da prevedu u elektricitet do 10,2% sunčeve svetlosti, što je mnogo više od konkurentnih solarnih ćelija. Postrojenje je predviđeno za godišnju proizvodnju solarnih ploča za dobijanje 25 MW energije, što je dovoljno za pokrivanje dnevnih vrhunaca potrošnje 12.500 kuća. To predstavlja malo, ali značajno, ulaganje u nezavisno snabdevanje energijom, a firma predviđa da će amortizacija kućnog električnog solarnog sistema iznositi 5–10 godina pri sadašnjim cenama struje. Predviđa se da će ploče raditi najmanje 10 godina, a firma daje garanciju za 20 godina. Međutim, firma smatra da solarna energije neće biti stvarno konkurentna sadašnjim gorivima dok se ne postigne ukupna proizvodnja ćelija od 100 MW godišnje. S druge strane, vrednost svetske potrošnje solarnih ćelija je oko 1 mlrd. dolara godišnje, a one su posebno korisne za zemlje u razvoju koje nemaju razvijenu elektrodistributivnu mrežu.

STAV VLADA POJEDINIH DRŽAVA U FINANSIRANJU UREĐAJA ZA KORIŠĆENJE SOLARNE ENERGIJE

Navodeći predviđanja "Shella" da obnovljivi izvori mogu do 2050. da zadovolje 50% svetske energetske potrošnje i da svetsko solarno tržište može do 2010. dostići vrednost od 150 mil. funti, britanska vlada je odredila 100 mil. funti kao daju podršku britanskoj industriji za obnovljivu energiju, uključujući i solarne fotogalvanske uređaje, što će unaprediti razvoj tehnologija nove generacije. Iako nije poznato koji deo ovih sredstava je namenjen fotogalvanskoj industriji i kako će ona biti tačno korišćena, svaka suma predstavlja podršku britanskom ambicioznom solarnom programu čiji je cilj dostizanje glavnih konkurenata. Ovi konkurenti su, verovatno, Nemačka i Japan, koji imaju dobro ustanovljene solarne programe, ali britanski industrijski eksperti su skeptični o sposobnosti V. Britanije da im konkuriše. Procenjuje se da su za postizanje tog cilja neophodna državna sredstva od oko 30 mil. evra godišnje u toku 10 godina, što je 3 puta više od ukupnog sadašnjeg iznosa.

Japanska vlada razmatra daju finansijsku podršku i davanje kreditnih garancija privatnim firmama koje koriste ili razmatraju korišćenje čistih obnovljivih izvora energije u zemlji.

Ministarstvo privrede je osnovalo Organizaciju za razvoj novih energetskih izvora i tehnologija (NEDO) koja je uključena u finansiranje primene alternativnih energetskih izvora podejenih u 9 kategorija, uključujući solarnu i energiju vetra. Među glavne oblasti rada NEDO je razvoj novih energetskih tehnologija, kao što je fotogalvanska, a dodatna sredstva su predviđena za male uređaje, uključujući nepokretne gorive ćelije i bojlere zagrevane pomoću solarnih ploča. Sve ove aktivnosti su predviđene da bi se ispunio zadatak iz Kyoto-sporazuma o smanjenju emisija CO₂ na nivo iz 1990.

Iako su finansijska sredstva američke vlade Sekretarijatu za energiju (DOE) za 2002. malo povećana u odnosu na 2001. sredstva za fotogalvanske programe smanjena su za preko 50% na 39 mil. dolara što predstavlja najveće smanjenje od 1982; najveća sredstva iznosila su 150 mil. dolara 1980. Unutar ovih programa sredstva za koncentrisanje solar-

ne energije smanjena su za skoro 86%, a za razvoj solarnih uređaja za zgrade za skoro 50%. Na račun razvoja korišćenja solarne energije, fondovi su usmereni na naftu i nuklearni sektor. U kritici smanjenja ovih sredstava navedeno je, da su mnoge tehnologije korišćenja obnovljive energije na pragu postizanja ekonomičnosti, a da je za to neophodna državna podrška. Smanjenjem sredstava fundamentalna znanja će biti očuvana, ali će programi biti skraćeni što će dovesti do smanjenja osoblja, koje će se osetiti u svakom vidu programa.

Vlada nemačke savezne države Baden-Württemberg predviđa da do kraja 2001. prekine sa svakim daljim finansiranjem solarnih uređaja jer smatra da je njihovo uvođenje na tržište završeno, da proizvođači mogu sami finansirati dalji razvoj bez državne pomoći, a cene uređaja su znatno opale. Dok su neke ekološke organizacije nazvale ovu odluku fatalnom greškom, vlada predviđa usmeravanje sredstava za druge programe korišćenja obnovljivih izvora energije, naročito za gorive ćelije za koje smatra da su pred uvođenjem na tržište, a do 2010. predviđa udvostručenje učešća obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije.

ELEKTRANA SA NUKLEARNOM FUZIJOM NE PRE 2050.

Naučni direktor nemačkog Max Planck instituta za fiziku plazme smatra da se elektrocentrala sa nuklearnom fuzijom ne može izgraditi pre 2050. jer je prethodno neophodna izgradnja laboratorijskog i demonstracionog uređaja. Pod pretpostavkom da će izgradnja laboratorijskog uređaja početi 2006. a eksperimentalni rad 2014, pozitivni rezultati omogućili bi početak izgradnje demonstracionog postrojenja 2024. Procenjujući trajanje ove izgradnje 10 godina, postrojenje može da se pusti u rad 2036. Pod pretpostavkom da će 5 godina rada biti dovoljno, izgradnja industrijskog postrojenja može da počne 2046 a proizvodnja elektriciteta oko 2050. Navedeno vreme dato je pod pretpostavkom da svi stupnjevi slede jedan drugog bez zastoja.

UREĐAJ ZA PROIZVODNJU VODONIKA IZ RAZNIH SIROVINA

Nemačka firma "Caloric Anlagenbau" realizovala je i patentirala postupak, nazvan HC Economy, za proizvodnju vodonika iz zemnog gasa, propana, metanola ili benzina u jednostupnom, katalitičkom parnom

reformingu, koji kombinuje prerforming, reforming i reakciju CO. U procesu se koristi specijalni nikel-katalizator, izvodi se na 400–600° i 0,2–1,0 bara, a vodonik čistoće 99,999% se potom dobija standardnom adsorpcijom sa promenom pritiska (PSA). Postupak se koristi za kapacitete 50–300 m³/h vodonika, investicioni troškovi su skoro 50% manji, u odnosu na standardni parni reforming, zbog niske radne temperature i pritiska, korišćenja vodene pare kao sirovine i eliminisanja konverzije CO. Novi postupak predstavlja ekonomičnu alternativu proizvodnji vodonika elektrolizom, dok su ranije veći investicioni troškovi uobičajenog parnog reforminga uticali na korišćenje elektrolize za proizvodnju do oko 300 m³/h vodonika. Smanjenje investicionih troškova omogućuje ekonomičnu proizvodnju čak i manje od 100 m³/h vodonika.

Tehnološki institut iz Tokija razvio je proces razlaganja metana u vodonik u ugljenik sa katalizatorom od nikla na silicijum-dioksidu kao nosaču. Vodonik se vezuje prolaskom kroz sloj metalnih oksida (redukcija oksida u metal), pa se kasnije rekuperiše oksidacijom metalnih hidrida vodenom parom na oko 300°. Institut radi na sniženju temperature oksidacije na ispod 200°.

RAZVOJ GORIVIH ĆELIJA

Američka firma "Fuel Cell Energy" razvija gorivu ćeliju za stacionarne primene, sa istopljenim karbonatom kao elektrolitom, koje radi na 650°. Do reforminga zemnog ili drugih gasovitih ugljovodonika dolazi pri dodiru sa elektrolitom, vodonik se troši elektrohemijski brzinom kojom nastaje, a visokotemperaturna otpadna toplota predstavlja sporedni proizvod postupka. Firma radi na razvoju neobičnog sistema za proizvodnju elektriciteta u kojem se goriva ćelija povezuje sa malom gasnom turbinom, koja pokreće električni generator, a koja se pokreće vazduhom zagrejanim otpadnom toplotom gorive ćelije; sistem postiže ukupnu energetska efikasnost od 75%. Ista firma ispituje zamenu električnih generatora pokretanih dizelom (npr. na udaljenim ostrvima) gorivim ćelijama koje mogu kao gorivo da koriste pare dizela posle njegove desulfurizacije.

Firma "Siemens-Westinghaus" ispituje za specijalne primene visokotemperaturne (950°) gorive ćelije

na zemni gas pod pritiskom, sa čvrstom oksidom kao elektrolitom, tubularne strukture, sa aksijalnim i anularnim tokom. Izvođenjem in-situ reforminga predviđa se velika energetska efikasnost (oko 60%), specijalno za slučajeve gde je pored električne potrebna i toplotna energija i trajnost od 100.000 h nasuprot 15.000 za ćelije sa membranama. Demonstraciono postrojenje snage 100 kW radi u Nemačkoj, a firma planira da do kraja 2003. u 9 preduzeća u SAD, Kanadi i više evropskih zemalja počne proizvodnju kombinovanih sistema za dobijanje električne i toplotne energije snage 250 kW za rad na atmosferskom pritisku.

Firma "Southern California Edison" ispituje tip gorive ćelije, koja radi pod pritiskom, u kombinaciji sa generatorom koga pokreće mikroturbina. Ako se ostvare planirani razvoj i proizvodnja, ovi kombinovani sistemi mogli bi biti na tržištu do 2003, a firma do 2006–2007. planira godišnju proizvodnju modula za 0,5 MW od ukupno 85 MW i predviđa da će do kraja dekade cena modula biti ispod 1000 dolara/kW.

Američka firma "United Technologies Power Systems" prodala je do sada preko 200 gorivih ćelija sa fosforom kiselinom kao elektrolitom. Ovi sistemi koriste se za vrlo različite primene kao što su: kontrola kreditnih kartica, tretman otpada, sortiranje poštanskih pošiljaka itd. Uprkos komercijalnoj primeni prodajna cena ćelije sa fosforom kiselinom od 200 kW je oko 4000 dolara/kW a firma predviđa sniženje njihove cene na oko 1500 dolara/kW. Firma je prikazala primenu svoje ćelije od 75 kW sa membranom za razmenu protoka u automobilu firme "Hyundai".

Nemačka firma OMG počela je sa kontinualnom proizvodnjom novih sklopova membranskih elektroda, koji se koriste za gorive ćelije, što predstavlja prvu kontinualnu proizvodnju ovih komponenata u Evropi. Za sklop se koriste membrane od polimera koji provode protone, elektrode od plemenitih metala i drugi delovi. Početni kapacitet postrojenja je 300.000 sklopova/god, a u planiranoj drugoj fazi predviđa se povećanje na više miliona.

Japanska firma "Uchiya Thermostat" radi na razvoju kasetnog sistema težine oko 70 kg i zapremine oko 10 l za skladištenje vodonika za vozila sa gorivim ćelijama, koji bi omogućio da pređeni put pre ponovnog punjenja premaši 500 km.

EFIKASNO POSTROJENJE ZA PREČIŠĆAVANJE INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA

Industrija kartona i materijala za pakovanje proizvodi za druge industrijske grane proizvode različitih veličina, a ukupna vrednost svetske prodaje procenjuje se na 200 mrd. dolara. Tipična količina otpadnih voda preduzeća ove industrijske grane iznosi od 2 m³/dan za male do 80 m³/dan za velike, a one sadrže mnogobrojne nečistoće kao što su neorganski i organski pigmenti, prijavština, mazivo ulje, skrob itd. Opšti ciljevi prečišćavanja ovih voda obuhvataju:

- efluent treba da po sastavu odgovara zakonskim propisima, a svi opasni materijali moraju se ukloniti da bi se omogućilo ispuštanje u komunalni kanalizacioni sistem,

- sadržaj čvrstih materija u mulju treba da bude što veći da bi se uštedeli troškovi transporta i odlaganje na specijalne deponije opasnih materijala, jer on obično sadrži opasne sastojke otpadne vode,

- prečišćavanje treba da bude kontinualno u automatizovano radi uštede radne snage,

- upotrebljena oprema treba da bude kompaktna i samostalna da bi se uštedeli prostor i fabrička infrastruktura, postigla bezbedna, čista i zaštićena od vremenskih uslova radna sredina, kao i mogućnost spoljne i unutrašnje montaže.

Izraelska firma "SDL Technologies" razvila je postupak za prečišćavanje industrijskih otpadnih voda HydroPac koji odgovara ovim ciljevima u postrojenjima iz raznih industrijskih grana kao što su proizvodnja kartona, dekorativnih boja, veštačkih smola i deterdženata. HydroPac je potpuno automatizovan i kompjuterizovan, samostalan sistem, montiran unutar standardnog kontejnera od 20 stopa (oko 6 m).

Kao primer korišćenja ovog postupka uzeta je fabrika za proizvodnju kartona za koju su razmatrane 3 alternative:

- flotacija i filter-presa - za ovo rešenje je zaključeno: potreban je veliki prostor, postoje 3 ciklusa punjenja i pražnjenja prese uz intenzivan rad obučenog osoblja u 3 smene, dolazi do stvaranja otpadne vode pri pranju filter-platna i potrebno je sakupljanje mulja, a postupak nije potpuno automatizovan i fleksibilan u odnosu na promene dotoka i dnevnog kapaciteta,

- filter-presa sa velikim procesnim cisternama - ima iste nedostatke i vrlo veliku i skupu opremu koja nema dovoljan sistem automatizacije,

- HydroPac postupak - zaključeno je da odgovara svim zahtevima.

Osnovni principi HydroPac-postupka su hemijski i fizički ali korišćeni na jedinstven način. Kao koagulansi se koriste razne metalne soli u kombinaciji sa polimernim organskim koagulansima, uglavnom poliaminima, čime se smanjuje količina nastalog mulja; pH proces se kontroliše optimalnim taloženjem bakra. Kao flokulansi se koriste različite količine standardnih tečnih ili granuliranih katjonskih ili anjonskih polimera, različitih molekulskih težina.

U postupku se otpadna voda sakuplja u visoko postavljenim sudovima od 30 m³ i ubacuje u HydroPac kontejner prethodno programiranim tokom. Ulazni tok se meša u cirkularnom koagulacionom sudu u koji se unose precizne količine koagulanasa i pH-korektor. Posle oko 10 min koagulirani rastvor se preliva u mali flokulator, u koji se dodaju odmereni flokulansi i dobijaju stabilne, povećane pahulje koje prelaze u Hydrosol-uređaj.

Hydrosol-uređaj, glavni deo postrojenja, smešten u standardni modifikovani kontejner, sadrži pokretnu traku sa kontinualnim radom i simultano bistri i filtrira flokulisanu tečnost i ugušćuje mulj. Njegovi najvažniji delovi su konstrukcija pokretne trake i način kontrole njenog opterećenja. Automatizovani kompjuterizovani uređaj obezbeđuje uniforman sloj mulja na traci promenom relativne brzine njenog kretanja u odnosu na trenutno opterećenje čvrstih materijalom, čime se postiže neprekidan rad nezavisan od promene opterećenja. Tako npr. ako doziranje koagulanasa ne odgovara programiranom, kontrolni uređaj automatski izaziva prekid rada i ispuštanje neprečišćene otpadne vode. Kontrolni uređaj može takođe, preko integrisanog kompjutera, da aktivira alarmni signal na svakom kontrolnom mestu, a obezbeđuje vrlo efikasnu filtraciju uz stvaranje taloga na gornjoj strani pokretne trake. Ugušćeni mulj obično dostiže isušenost od 8-20%, u zavisnosti od karakteristika otpadne vode, pa se struže sa trake i prenosi do sledećeg stupnja sušenja, obično male centrifuge, čime se održava kontinuitet postupka i

praćenje rada. Ceo postupak je kompjuterizovan i kontrolisan na PC-terminalu i MMI-programom, potpuno je zaštićen od smetnji, kao što su prekid dovoda energije ili nezadovoljavajuća prerada, kontrolni sistem može da izveštava i vrši daljinsku kontrolu.

Fabrika kartona, uzeta kao primer, proizvodi oko 100 kt/god kartona i 25 m³/dan otpadne vode, a standardi za prečišćavanje zasnovani su na izraelskim standardima za industrijske vode koje se ispuštaju u komunalno postrojenje za prečišćavanje sa aktiviranim muljem. Rad postrojenja sa standardnim HydroPac sistemom za preradu 25 m³/dan otpadne vode odobren je 1997. jer su bili ispunjeni svi standardi, pri čemu je mulj sa preko 30% isušenosti definisan, prema propisima, kao opasan, usled sadržaja teških metala. Od ovih metala najteže je bilo u svako vreme postići standard za molibden, iako je njegovo ukupno smanjenje bilo preko 90%, te je preduzeće bilo primorano da u štamparskoj boji pigment sa molibdenom zameni organskim pigmentom bez molibdena. Originalno postrojenje je bilo projektovano za 30 m³/dan otpadne vode ali je posle kratkog perioda rada utvrđeno da stvarna količina prelazi 40 m³/dan. Zahvaljujući potpuno kontinuiranom radu HydroPaca bilo je moguće relativno jedinstveno "rastegnuti" kapacitet na preko 40 m³/dan izmenom malog broja parametara. Drugu mogućnost povećanja kapaciteta pruža talog na Hydrosol separatoru koji postaje sve više suv u toku kretanja. Moguće je povećati brzinu kretanja trake, uz relativno malo smanjenje isušenosti taloga, i postići veliko povećanje kapaciteta sistema. Krajnji rezultat ovog podešavanja je bio povećanje kapaciteta postrojenja za 60% bez izmene opreme. Kako je mulj bio definisan kao opasan, troškovi njegovog odlaganja su se stalno povećavali, te je SGL ponudio kontinualni sušionik sa trakom, sa ulazom montiranim ispod izlaza iz centrifuge, projektovanim za povećanje osušenosti mulja iznad 60%. Princip uparavanja vode se sastojao od zagrevanja mulja keramičkim elementima, postavljenim iznad pokretne trake od materijala ojačanog Teflonom, a sušionik vrši i prenos suvog mulja u kontejner za odnošenje na deponiju. Količina mulja osušenosti 30% iznosi oko 300 kg/dan (iz 40 m³/dan otpadne vode sa 0,6%

č.m), te je za osušenost do 60% potrebno uparavanje viška vode od 160 l/dan, te sušionik sadrži grejač od 20 kW. Na osnovu izračunate godišnje uštede, fabrika je 1999. usvojila ovo rešenje i ugradila sušionik u postrojenje.

NOVI POSTUPCI ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Nemački Institut Fraunhofer razvio je membranski filtracioni sistem koji bi mogao smanjiti energetske troškove za 80–90% u odnosu na uobičajene membrane sa unakrsnim tokom. Filtar se sada ispituje u laboratoriji sa komunalnom otpadnom vodom, a namenjen je za separacije čvrsto-tečno i ulje-voda u procesnoj industriji. Sistem se sastoji od većeg broja kružnih, poroznih keramičkih ploča montiranih na vertikalnu, rotirajuću šuplju osovinu. Otpadna voda se dovodi na vrh uređaja i teče nadole preko membrana koje rotiraju stvarajući strujanje unutar otpadne vode. Podešavanjem brzine obrtanja (obično nekoliko stotina ob/min) taloženje čvrstog otpada na filtru može se regulisati tako da se spreči začepljenje. Filtrat prolazi kroz pore membrana i odvodi kroz šuplju osovinu. Staložene čvrste materije, koje centrifugalna sila odbacuje na zidove filtra, padaju nadole i uklanjaju se sa dna suda. Postupkom se izbegava korišćenje energetski-intenzivnih pumpi, potrebnih za pranje uobičajenih sistema.

Japanska firma "Hitachi" u saradnji sa Istraživačkom laboratorijom za superprovodljivost (Tokio) razvila je postupak korišćenja superprovodljivog magneta za separaciju koagulisanog otpada u postrojenjima za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda. Postupak je ispitan za protok 100 t/dan i postignuto je ukupno trajanje prečišćavanja od samo 4 min, nasuprot 2–3 h za uobičajene postupke koagulacija-taloženje, a zapremina mulja sa koagulisanim pahuljama smanjena je na 1/20 deo. U postupku se polialuminijum-hloridni i aluminijumski koagulansi zajedno sa prahom magnetita dodaju otpadnoj vodi. Nastale pahulje se pomoću membrana skupljaju na površini rotirajućeg bubnja, koji je delimično potopljen u vodu u kojoj rotira drugi bubanj u suprotnom smeru. Unutar drugog bubnja, na

mestu dodira između 2 bubnja, pričvršćen je magnet na bazi itrijuma koji je superprovodljiv na 50–70 K. Pošto pahulje sadrže magnetit, njih privlači drugi bubanj, a jednostavno se odvajaju pošto napuste magnetizovan deo. Potrošnja elektriciteta je mala, a očekuje se da troškovi za opremu i rad budu mnogo niži od onih za uobičajeni tretman.

Istraživači američke Geološke službe i Instituta za očuvanje zaliha sveže vode poboljšali su postupak korišćenja krečnjaka za neutralizaciju vode zagađene kiselim drenažom rudnika; postojećim postupkom smanjuju se kiselost (ispod 50 mg/l kao kalcijum-karbonat) i sadržaj gvožđa (ispod 5 mg/l) usled laganog rastvaranja krečnjaka. U postupku se krečnjak tretira u fluidizovanom sloju vodom u kojoj je rastvoren CO₂, čime se njegova brzina rastvaranja povećava, održavanjem pH niskim, i poboljšava njegovom reakcijom sa CO₂, kojom nastaje kalcijum-bikarbonat. Sa pilot-uređajem kapaciteta oko 27 m³/min vršena su terenska ispitivanja preko godinu dana, i postignuto povećanje pH ulazne vode od 2,5 do 7, a smanjenje kiselosti od 1000 mg/l CaCO₃ praktično na nulu. Smatra se da se postupak može primeniti i na industrijski kiseli otpad.

Japanska firma "Sanyo Electric" razvila je elektrolitički proces "velike brzine" za uklanjanje azotnih jedinjenja iz otpadnih voda; proces za samo 50 min prevede 90% nitrata u azot, za razliku od konverzije 80% za skoro 1 dan uobičajenim biološkim tretmanom. U postupku iz otpadne vode na katodi od bakarne legure nastaje vodonik, a na anodi od plemenitog metala kiseonik. Vodonik redukuje nitrate u amonijum-jone, a kiseonik oksidiše hlorne u hipohloraste jone, koji potom oksidišu amonijum-jone oslobađajući gasoviti azot. Predviđa se da će investicioni troškovi biti oko 1/10 i veličina nešto veća od 1/100 onih za biotretman, a potrošnje energije "skoro jednaka". Firma predviđa izgradnju postrojenja 2002. ili 2003.

Institut za tehnologiju životne sredine (ETI) iz Singapura razvio je postupak prečišćavanja komunalnog efluenta radi dobijanja vode za industrijske potrebe; Singapur inače najveći deo potrebne vode uvozi iz susedne Malezije. Postupak je kombinacija "NEWater" procesa, u kojem

se koristi mikrofiltracija, i reversne osmoze, i njom se postiže bolje prečišćavanje vode od standarda vode za piće Svetske zdravstvene organizacije. NEWater postrojenje kapaciteta 10.000 m³/dan radi od 2002. i postiže 80% rekuperacije vode. Dva postrojenja kapaciteta 13.500 i 18.000 m³/dan biće puštena u rad do kraja 2002, a voda iz njih biće cevovodom prebačena do dva industrijska kompleksa za proizvodnju poluprovodnika. U kompleksu će voda biti dalje prečišćavana novim postupkom ETI, koji obuhvata reversnu osmozu, sterilizaciju, kontinualnu elektro-dejonizaciju i jonsku izmenu. U pilot-testovima sadržaj ukupnog oksidabilnog ugljenika smanjen je ispod 1 ppb, broj čestica veličine 0,05 μm na ispod 400/l pri rekuperaciji vode od 75%. ETI navodi da je nivo čistoće vode dovoljan za proizvodnju poluprovodnika.

ETI je takođe razvio postupak reciklovanja otpadne, dejonizovane vode od krajnjeg ispiranja proizvoda neelektrolitičkog plitiranja, kombinovanjem membranske filtracije i jonske izmene. Ispitan u pilot-postrojenju kapaciteta 1,8 m³/h, postupkom se regeneriše dejonizovana voda koja ne sadrži teške metale, sa provodljivošću ispod 5 μS/cm, tako da se može ponovo koristiti za krajnje ispiranje. ETI navodi da će se u industrijskom postrojenju trošiti oko 50% energije potrebne za reversnu osmozu, uobičajen postupak za reciklovanje vode za ispiranje.

Američka firma "Sonoma Research" proizvodi novi sistem za prečišćavanje otpadnih voda elektrohemijom oksidacijom koja razara organske supstance i neorganske koje mogu da se oksidišu, kao cijanidi, sulfidi i azidi. U sistemu se koriste elektrode od titana, a specijalnom prevlakom za elektrohemijom oksidaciju, stvarajući nehidroksilne radikale koji brzo reaguju sa mnogim sastojcima. Postiže se npr. 99% razaranja aromatskih jedinjenja, olefina i cijanida za oko 2 min pri koncentracijama do 200 ppm. Firma navodi da je energetska efikasnost "mnogo veća" od sistema UV-peroksid, ali, pošto je uređaj mali i modularan, investicioni troškovi su deo onih za sistem UV-ozon. Za kontinualni rad mogu se serijski povezati 3–4 modula, a veći uređaji su u radu.