Delo - Sobotna priloga

Država: Slovenija

Stran: 12

Površina: 2.499 cm^2

17.01.2026
Sobota

1 / 4

Andrej Kitanovski in Katja Klinar

BORUT TAVČAR
LEON VIDIC

Kako ujeti toploto, ki jo industrija danes spušča v okolje

Raziskovalca pri Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani prof. dr. Andrej Kitanovski in doc. dr. Katja Klinar sta z mednarodno ekipo oziroma s strokovnjaki iz Kitajske, Španije, Hrvaške in Velike Britanije objavila prelomno raziskavo v ugledni reviji *Nature Energy*. V raziskavi so prvič celovito predstavili potencial alternativnih tehnologij visokotemperaturnih toplotnih črpalk, ki lahko industrijo in energetiko osvobodijo neučinkovitega kurjenja fosilnih goriv in električnega uporovnega segrevanja ter bistveno zmanjšajo rabo energije, izpuste in toplotno obremenitev okolja.

V prestižni reviji *Nature Energy* ste objavili analizo visokotemperaturnih toplotnih črpalk. Kakšen je vaš vložek in katere so primerne tehnologije?

Andrej Kitanovski: Naš vložek je zelo velik, ideja je bila najina s sodelavko, nato sva povabila k sodelovanju še tuje strokovnjake. Na fakulteti za strojništvo, v laboratoriju za hlajenje in daljinsko energetiko, že dvajset let razvijamo alternativne tehnologije toplotnih črpalk, predvsem kalorične in termoelektrične. Namesto tekočih hladiv te uporabljajo trdne materiale, kot so keramika, kovine in polprevodniki, ki omogočajo segrevanje in hlajenje brez kompresorjev oziroma gibljivih delov. Ta pristop napoveduje večjo energetsko učinkovitost in manjši vpliv na okolje. Današnje tržne rešitve za visokotemperaturne toplotne črpalke so praviloma omejene na temperature približno do 250 stopinj Celzija, številni industrijski procesi pa zahtevajo tudi več kot 1000 stopinj Celzija. V raziskavi so zato sistematično predstavljeni in primerjani alternativni pristopi, ki bi lahko omogočili preboj tudi za energetsko učinkovito gretje pri temperaturah, višjih od 250 stopinj Celzija: to so kalorične, termoelektrične, termoakustične tehnologije ter mehanski procesi na podlagi Stirlingovega in Braytonovega krožnega procesa.

Nazadnje so strokovnjaki rekli, da nekaterih industrijskih procesov ni mogoče opravljati z elektriko, da ne gre brez plina. Vi bi odpravili oboje?

Andrej Kitanovski: Že danes lahko marsikateri proces kurjenja ali

Objave so namenjene interni uporabi v skladu z odločbami ZASP in se brez soglasja imetnika pravic ne smejo prosto razmnoževati in distribuirati!

Toplota predstavlja večino energije, uporabljene tako v energetiki kot v industriji, z visokotemperaturnimi toplotnimi črpalkami pa bi lahko odpravili uporabo fosilnih goriv in izboljšali učinkovitost obnovljivih virov. Toda toplotne črpalke ignorirajo tudi najbolj cenjene svetovalne družbe, čeprav bi lahko z njimi bolj zmanjšali izpuste, kot če bi popolnoma razogljičili promet.

uporovnega električnega gretja nadomestimo z bolj učinkovito tehnologijo – to so toplotne črpalke. Običajno ljudje poznajo toplotne črpalke za ogrevanje objektov in sanitarne tople vode. Na trgu so dosegljive tudi toplotne črpalke za visokotemperaturno gretje, recimo v industriji. Takšne črpalke dosegajo temperature do 250 stopinj Celzija, več pa ne, saj jih omejujejo delovna sredstva in delno tudi tehnologija parne kompresije. Alternativne tehnologije visokotemperaturnih toplotnih črpalk, ki smo jih obravnavali, presegajo 250 stopinj Celzija in omogočajo gretje celo do 1200 stopinj Celzija. S tem lahko resnično nadomestijo marsikateri do danes nenadomestljiv proces kurjenja plina ali električnega uporovnega gretja.

Zakaj menite, da lahko imajo toplotne črpalke tako pomembno vlogo pri trajnostni rabi energije?

Andrej Kitanovski: Toplota je srce energetskega problema: za ogrevanje in hlajenje uporabimo približno 50 odstotkov končne rabe energije, hkrati se približno polovica končne rabe energije pretvori v odpadno toploto, ki jo danes pogosto odvržemo v okolje prek hladilnih stolpov, kondenzatorjev hladilnih naprav, segrevanja rek ali morja in drugih izpustov. Z raziskavo smo pokazali, da lahko visokotemperaturne toplotne črpalke to odpadno toploto učinkovito zajamejo in nadgradijo na bistveno višje temperature, primerne za najzahtevnejše industrijske procese.

Če pogledamo svetovno rabo energije, gre te v industrijo približno 32 odstotkov, od tega je približno 75 odstotkov samo toplota. Za proizvodnjo te toplote uporabljamo premog, zemeljski plin, naftne derivate ali elektriko. Dvaindvajset odstotkov te toplote presega 150 stopinj, 48 odstotkov pa 400 stopinj Celzija. Če bi hoteli zamenjati plin ali elektriko, vidimo, da še nimamo tehnologije, s katero bi to lahko naredili.

Pri tehnologijah, ki jih raziskujemo, bi lahko šli do 1200 stopinj Celzija. Glavna prednost visokotemperaturnih toplotnih črpalk je njihova energijska učinkovitost. Namesto da bi industrija ustvarjala toploto z neposrednim kurjenjem ali uporovnim električnim ogrevanjem, lahko obstoječo odpadno toploto ponovno uporabi in jo dvigne na višjo temperaturno raven. Raba energije in izpusti bi se pri visokotemperaturnih procesih vsaj zmanjšali za polovico v primerjavi z danes razširjenimi pristopi.

Toplotne črpalke pri ogrevanju delujejo tako, da nekje vzamejo toploto na nižji temperaturi, tej prek delovnega procesa zvišajo temperaturo in to nato oddajo drugam.

Katja Klinar: Da, omenjene tehnologije delujejo različno, rezultat pa je enak, toplota na višji temperaturi. Parna kompresija je stara več kot sto let in izpopolnjena, nadaljnje izboljšave bodo manjše. Termoelektrične tehnologije spadajo med trdninske tehnologije in že dolgo obstajajo, ampak danes se večinoma uporabljajo za hlajenje manjših naprav pri sobnih temperaturah. Hladilna torba je tipičen primer. Lahko pa zasledimo nekatere primere, pri katerih termoelektrika služi za proizvodnjo elektrike iz toplote. Druga vrsta trdninskih tehnologij obsega kalorične tehnologije, ki uporabljajo posebne materiale, ki se ogrejejo ali ohladijo ob prisotnosti spremenljivega magnetnega ali električnega polja oziroma sile, tlaka. Odziv materiala, da se hladi ali ohlaja zaradi zunanjega vpliva, imenujemo kalorični efekt. Raziskovalci so že v 19. stoletju v nekaterih funkcionalnih materialih odkrili t. i. kalorične efekte. V 20. stoletju so ugotovili, da lahko z magnetokaloričnimi materiali dosežejo zelo nizke temperature, tudi nižje od pet stopinj Kelvina (−268,15 stopinje Celzija). V tej niši je magnetokalorična tehnologija tržno dostopna. Z odkritjem t. i. velikega magnetokaloričnega pojava pri sobni temperaturi v devetdesetih letih so se začele intenzivne raziskave materialov in naprav za hlajenje v okolici sobne temperature. Raziskovalci so odkrili še elektrokalorični pojav in začeli razvijati elektrokalorične naprave, spet za rabo okrog sobnih temperatur. Pojavilo se je še več tehnologij, denimo mehansko stiskanje ali raztegovanje posebnih materialov – mehanokalorika. Vse omenjene tehnologije so trdninske, pri katerih je delovno sredstvo v trdnem stanju. Za razliko od mehanskega obremenjevanja materialov druge trdninske tehnologije ne potrebujejo gibljivih delov, kar je ena izmed njihovih prednosti, saj ni obrabe.

Andrej Kitanovski: Obstaja še eno področje, to je domena alternativnih tehnologij, ki kot delovno sredstvo uporabljajo okolju prijazne pline, delovanje naprav pa temelji na t. i. plinskih procesih. Plini so pri tem lahko helij, zrak, ogljikov dioksid, argon, dušik in drugi. Eno izmed področij plinskih procesov obsega termoakustiko. Predstavljajte si, da se udeležite zabave z visokozmogljivimi zvočniki, na kateri čutite, kako ritem glasbe vibrira skozi vaše telo – ta občutek izvira iz nihajočih valov zračnega tlaka, ki ga ustvarja zvočnik. To so v bistvu zvočni oziroma akustični valovi. Stiskanje in raztezanje plina, ki sta povezana s prenosom toplote, je mogoče uporabiti tudi za črpanje toplote. Od tod termoakustične tehnologije toplotnih črpalk brez gibljivih delov. Podoben proces, pri katerem kombiniramo prenos toplote ter stiskanje in raztezanje plina s pomočjo bata, se imenuje Stirlingov proces. Ta proces je pravzaprav različica procesa motorjev z zunanjim zgorevanjem in je starejša od danes znanih motorjev z notranjim zgorevanjem. Pri koncentrirani sončni svetlobi danes uporabljajo Stirlingove motorje za proizvodnjo električne energije pri zelo visokih temperaturah, od 600 do 800 stopinj Celzija.

Pomislili smo: če so možni procesi proizvodnje elektrike pri visokih temperaturah, ni razloga, da ne bi mogla biti enaka tehnologija prilagojena visokotemperaturnim toplotnim črpalkam. Izpostaviti moramo še en očiten primer. Na svetu so zelo dobro razvite plinske turbine oziroma plinski motorji, denimo letalski motor. Če takšno napravo zasnujemo nekoliko drugače, lahko postane toplotna črpalka. Materiali v motorju zdržijo zgorevanje goriva, torej bodo zdržali tudi visoke temperature pri delovanju toplotne črpalke.

Katja Klinar: Imamo veliko tehnologij toplotnih črpalk za različne aplikacije in različne velikosti, raziskavo, ki smo jo objavili, imamo za začetek celotnega sklopa razvoja visokotemperaturnih toplotnih črpalk in hkrati pobudo, da se razvoj usmeri v ta pomembna področja – tako na materialih kot napravah.

Zelo visoke temperature ste omenili v članku za energetsko najzahtevnejše industrijske procese.

Andrej Kitanovski: Opozorili bi radi na priložnosti, ki jih prinašajo omenjene tehnologije in jih družba za zdaj ignorira. Študija energijskih virov prihodnosti znane svetovalne družbe Engie v načrtih za prihodnost upošteva toplotne črpalke le nekje do 150 stopinj Celzija. Nad temi temperaturami vidijo zgolj kurjenje vodika in bioplinov in koncentriranje solarne toplote. Toplotnih črpalk, ki delujejo pri višjih temperaturah, v njihovih načrtih ni. Z našo raziskavo upamo, da bomo prepričali njih in druge, da so glavna tehnologija za dekarbonizacijo in energetsko učinkovite ogrevalne procese v industriji. Izmed obravnavanih tehnologij smo najbližje trgu s tako imenovanimi plinskimi procesi, saj ni težko preobraziti plinske turbine ali plinskega motorja v toplotno črpalko. Zelo preprosto bi verjetno temperature spravili do 500, 600 stopinj Celzija. Potencial teh tehnologij je dejansko velik.

Kako se odzivajo industrijski partnerji ali univerze, s katerimi sodelujete?

Andrej Kitanovski: Pri sodelovanju z industrijskimi partnerji je pomembno, da si poleg ideje in zasnove sposoben to v določenem času realizirati in demonstrirati delovanje. Sam članek in teoretična študija brez realizacije fizične naprave ne bosta pritegnila investitorjev niti industrije. Zato se pripravljamo na nove projekte, ki se nanašajo tudi na predstavljene visokotemperaturne toplotne črpalke. Treba je omeniti, da smo prosti čas žrtvovali za razvoj prototipne naprave visokotemperaturne toplotne črpalke, hkrati se ukvarjamo tudi z drugimi. V laboratoriju smo sistematično in strateško zasnovali poti razvoja na posameznih področjih različnih vrst toplotnih črpalk, seveda tudi visokotemperaturnih, s ciljem razvoja prototipnih naprav, ciljanih tržnih niš in industrijskih partnerjev.

Današnje tržne rešitve visokotemperaturnih toplotnih črpalk so praviloma omejene na temperature približno do 250 stopinj Celzija, številni industrijski procesi pa zahtevajo več – tudi več kot 1000 stopinj Celzija.

– ANDREJ KITANOVSKI

Andrej Kitanovski

Letnik 1971. Je predstojnik katedre za toplotno in okoljsko tehniko na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani. Njegovo raziskovalno delo vključuje izboljšave in razvoj novih tehnologij na področju hladilne tehnike, ogrevanja, toplotnih črpalk in daljinske energetike. Leta 2004 je soustanovil Mednarodni inštitut za hlajenje (IIR), ki pripravlja mednarodne konference o raziskavah in razvoju na področju kaloričnega hlajenja, toplotnih črpalk in tehnologij za proizvodnjo električne. Kitanovski ta inštitut vodi, dobil je tudi več priznanj za odličnost v znanosti, tako v Sloveniji kot v tujini. Na Fakulteti za strojništvo UL je diplomiral (1977), magistriral (2000) in doktoriral (2003).

Katja Klinar

Letnik 1992. Fizičarka in strojna inženirka prihaja iz Gorij in je bila leta 2022 ena od treh prejemnic štipendije L'Oréal-Unesca *Za ženske v znanosti*. V okviru doktorskega študija je raziskovala uporabo toplotnih stikal in toplotnih diod v sistemih s cikličnim spreminjanjem temperature. Zaposlena je kot raziskovalka in pomočnica profesorja na katedri za toplotno in okoljsko tehniko, natančneje v laboratoriju za hlajenje in daljinsko energetiko na Fakulteti za strojništvo UL.

Objave so namenjene interni uporabi v skladu z odločbami ZASP in se brez soglasja imetnika pravic ne smejo prosto razmnoževati in distribuirati!

Ideja je zdaj zunaj in vsakdo se je lahko loti. Če ne bo razvita v Evropi v nekaj letih, jo bodo vsekakor razvili Kitajci, saj se že ukvarjajo s tem.
– KATJA KLINAR

Katja Klinar: Seveda, sodelovanje s strokovnjaki je ključno za napredek. Poleg tega potrebujemo partnerje, ki nam bodo pomagali pri implementaciji v industrijske procese, demonstraciji delovanja prototipnih naprav v realnem okolju. Industrijski procesi so področje, na katerem imamo največji potencial za številne aplikacije.

Glede na delo laboratorija verjetno dobro sodelujete z industrijo?
Andrej Kitanovski: Odlično sodelujemo z več industrijskimi partnerji, a z njimi danes ne razvijamo visokotemperaturnih toplotnih črpalk, saj sodelujemo na drugih področjih. Z Danfossom in Kronotermom na primer razvijamo majhne toplotne črpalke za napredne nizkotemperaturne sisteme daljinske energetike, ki bodo nujne za dogrevanje, saj je v EU 75 odstotkov objektov zgrajenih pred letom 1990, njihova energetska obnova zato predstavlja omejitve. Dolgoročno sodelujemo tudi s podjetjem Gorenje in nekaterimi velikimi tujimi podjetji. Sodelujemo še s podjetji daljinske energetike, konkretno s Komunalnim podjetjem Velenje na področju dekarbonizacije sistema daljinskega ogrevanja v Šaleški dolini, pa tudi uvedbe toplotnih črpalk, ki bi bodisi izkoriščale toploto iz jezer bodisi odpadno toploto. V Velenju so že zasnovali idejo izkoriščanja odpadne toplote iz čistilne naprave. Glede na vse nam znane dejavnosti bo verjetno Šaleška dolina vzorčni primer zelenega prehoda sistemov daljinskega ogrevanja v Sloveniji.

Med manjše sodi vaša toplotna črpalka, ki bi jo lahko vgradili v radiatorje.
Andrej Kitanovski: Razvijamo tudi toplotne črpalke v okolici sobne temperature. Ta, ki jo omenjate, je termoelektrična podporna toplotna črpalka in ima pol kilovata grelne moči, z enostavno modularnostjo pa to lahko povečamo. Ta toplotna črpalka lokalno in energetsko učinkovito dviga temperaturo v nizkotemperaturnem ogrevalnem sistemu, pred vstopom v radiator, in tako zagotavlja ustrezno temperaturno raven, višjo temperaturo, kot je temperatura vira ogrevanja. Takšna rešitev je uporabna v starejših stavbah, ki zamenjajo vir ogrevanja z nizkotemperaturnim virom, torej obnovljivimi viri ali odpadno toploto, a ohranijo obstoječe radiatorje, saj večji poseg v staro infrastrukturo ni mogoč.
Rešitev je v postopku patentne zaščite, od Univerze v Ljubljani smo za to prejeli sredstva v okviru inovacijskega sklada. Naša rešitev je veliko bolj učinkovita kakor neposredna raba elektrike, saj dobimo pri tem iz ene enote elektrike tudi trikrat več toplote. Nasploh vidimo priložnosti za različne aplikacije in ogromno potenciala tako za odcepljeno podjetje kot za širše slovensko gospodarstvo.

Odpadno toploto ste omenili tako pri visokotemperaturnih toplotnih črpalkah kot na splošno.
Andrej Kitanovski: Da, odpadna toplota predstavlja kar petdeset odstotkov končne energije, ki jo porabimo. Danes večino te toplote zavržemo v okolje. V naši jedrski elektrarni bodisi kuhamo ribe v Savi ali spuščamo toploto v zrak. Podobno je Teš večino toplote zavrgel v zrak prek hladilnega stolpa. V Ljubljani poleti potrebujemo samo deset odstotkov zimskih potreb. Če ljubljanska občina energetske naprave na polno žene v poletnem času, to pomeni, da gre veliko toplote, ki ji pravijo odpadna, v Ljubljanico. Podobno bo verjetno s sežigalnico odpadkov, ki je na obzorju. Energetika ni samo električna energija, veliko večji del predstavlja toplota. Načrtovanje velikih energetskih projektov zahteva celostni pristop, ki upošteva izkoriščanje vseh produktov. Hkrati mora tak načrt presegati meje energetike in posegati v celovit načrt razvoja regije, ki ne sme temeljiti samo na gradbenih delih pri postavitvi in delovnih mestih pri obratovanju elektrarne. Še enkrat omenjam novo jedrsko elektrarno, čeprav sem zagovornik jedrske energije. Kam bo šla vsa toplota, ki bo predstavljala slabi dve tretjini energije iz elektrarne?
Če bi država smelo načrtovala izrabo toplote, bi morda v okolici Krškega nastal eden od večjih rastlinjakov v EU, ki bi se lahko kosal z Nizozemci. Na to bi bila vezana tudi živilskopredelovalna industrija. Drug primer je vsa naša industrija, v kateri se prav tako pretaka odpadna toplota na različnih temperaturah. Ogromno te toplote je žal neizkoriščene, njen potencial v Sloveniji ni ustrezno raziskan, predvsem z vidika povezave industrije in drugih sektorjev. Toplotne črpalke so idealna rešitev v veliko primerih, ker lahko izrabijo toploto, ki ostane iz enega procesa, za drug proces. Take primere lahko najdemo v prehrambni industriji, farmaciji in papirnicah. Za visoke temperature, ki smo jih obravnavali v raziskavi, lahko najdemo primere v industriji kovin, nekovin in nekovinskih mineralnih proizvodov, steklarstvu, kemijski industriji in rafinerijah.

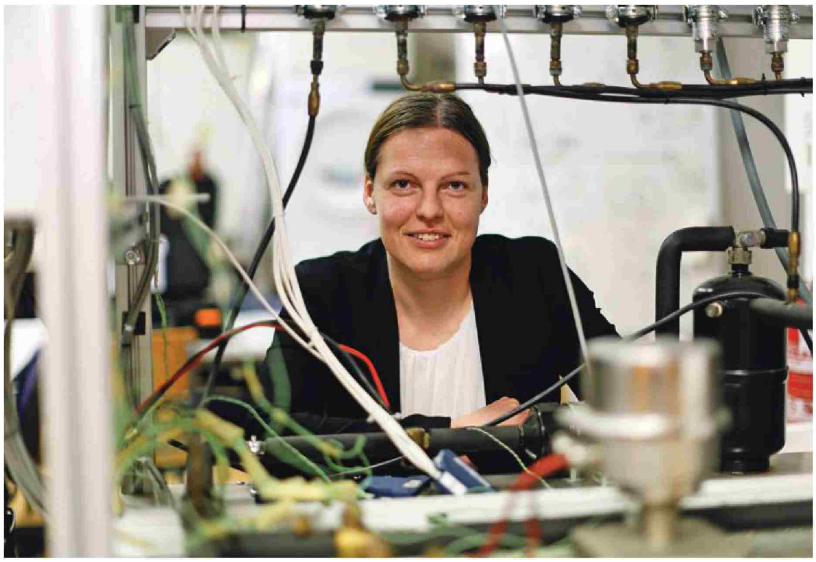
Mogoče bi to toploto uporabili za daljinsko hlajenje?
Andrej Kitanovski: Odpadno toploto vsekakor lahko uporabimo za hlajenje, če je temperatura toplote višja od 85 stopinj Celzija. Njena raba je resnično pogojena s tem, da gre za presežek in ne za odjem v termoelektrarni na račun zmanjšanja proizvodnje električne energije. S tem vplivamo tudi na ekonomsko upravičenost s toploto gnanega hlajenja. Načeloma si danes zaradi čim večje rabe obnovljivih virov in odpadne toplote želimo razvijati nizkotemperaturne sisteme daljinskega ogrevanja, v katerih je temperatura prenizka za pogon s toploto gnanih hladilnih procesov, ki so tržno dostopni.

Je sektor transporta zaradi res velike porabe in izpustov v različnih sektorjih bolj pomemben kot področje toplote?
Andrej Kitanovski: Sektor transporta je vsekakor pomemben, a nikakor ne bolj od področja toplote, saj ta obstaja v vseh sektorjih. Če bi za polovico zmanjšali porabo toplote v vseh sektorjih in si pri tem celo pomagali z odpadno toploto, kar je povsem realno, bi več prispevali z zmanjšanju izpustov kot celoten sektor kopenskega prometa. Torej enako, kot če bi celoten kopenski promet imel ogljični odtis enak nič, kar je seveda iluzija. Za toploto to ni iluzija, temveč dejstvo. Srčno upam, da bo to prebral tudi kdo od odločevalcev v politiki.

Kaj mislite, kdo bo prvi naredil toplotno črpalko, ki bo omogočala 1000 stopinj Celzija?
Katja Klinar: Ideja je zdaj zunaj in vsakdo se je lahko loti. Če ne bo razvita v Evropi v nekaj letih, jo bodo vsekakor razvili Kitajci, saj se že ukvarjajo s tem. V našem laboratoriju te tehnologije hočemo razvijati in jih tudi bomo.
Andrej Kitanovski: Tako je, tudi v našem laboratoriju imamo ideje, znanje in ustrezne izkušnje, s katerimi bi v sodelovanju z raziskovalnimi ekipami in industrijo razvili take izdelke. Upam, da nam bo to uspelo.

Za prostorsko stisko na fakulteti za strojništvo iščete rešitve že dvajset let.
Andrej Kitanovski: Velika težava je prostorska omejitev na fakulteti za strojništvo. Težave imamo kljub različnim ukrepom in rešitvam, npr. v laboratoriju smo vse naprave, ki jih imamo, dali na vozičke, da jih lahko umaknemo, ko jih ne potrebujemo. Tudi številne pomembne prototipe, s katerimi bi se lahko pohvalili in jih uporabljali kot demonstratorje tehnologij, smo morali razstaviti, da imamo dovolj prostora za sprotne projekte. Vaje za študente izvajamo tako, da moramo raziskovalno delo prekiniti.
Katja Klinar: Da, tudi pri razvoju visokotemperaturnih toplotnih črpalk smo imeli velike težave. V trenutnem laboratoriju smo lahko delali meritve do 200 stopinj Celzija. Za karkoli več potrebujemo prilagojen prostor. Ni mogoče segrevati trdnin in tekočin na 500, 600 stopinj Celzija brez ustreznega prezračevanja in varnostnih ukrepov, medtem ko mimo naprav hodijo študenti. To je glavni razlog, da še nimamo prototipa toplotne črpalke,

Objave so namenjene interni uporabi v skladu z odločbami ZASP in se brez soglasja imetnika pravic ne smejo prosto razmnoževati in distribuirati!



ki bi dosegla 500 stopinj Celzija, čeprav vemo, kako jo izdelati.

Andrej Kitanovski: Če hočemo karkoli resnično izdelati, bomo, dokler ne bomo imeli ustrezne infrastrukture, morali najeti prostor zunaj fakultete. Če se želimo znotraj laboratorija še razvijati, je nujno, da imamo ustrezno urejen prostor. Trenutno lahko sodelujemo z industrijskimi partnerji, ki imajo majhne naprave, a tudi tukaj smo omejeni s količino sočasno obravnavanih naprav. Morda je prednost pomanjkanja prostora ta, da se bomo dobro naučili organizirati delo, ampak to je bolj slaba tolažba. Pri prototipu, ki smo ga pripeljali do 200 stopinj Celzija, smo imeli težavo z izhlapevanjem olja, ki smo ga uporabljali kot vir. Veliko smo morali prezračevati. Eksperimenti so lahko potekali le, ko v prostoru ni bilo študentov. Testiranje bi moralo trajati deset dni, a je zaradi tega trajalo dva meseca.

Kako članek pomaga pri pridobivanju projektov?

Andrej Kitanovski: Včasih se pojavijo težave, ko hočeš prijaviti projekt, a nimaš publikacij na področju projekta. Če nimaš publikacij, bo recenzent projekta izpostavil, da nimaš dokazov, da obvladaš področje. Je pa na nacionalni ravni podpora bistveno boljša kakor na evropski. Na evropski ravni so ocene recenzentov nepredvidljive, recenzenti so pogosto podpovprečni raziskovalci. Zato je težko vedeti, ali boš, tudi če imaš res dober projekt, prišel skozi sito. V industrijski projekt brez demonstratorja tehnologije skorajda ni mogoče vstopiti, torej potrebuješ prototipno napravo.

S takšnimi publikacijami si vsekakor utiramo pot do razvoja in raziskav. Objava znanstvenih člankov po drugi strani lahko pomeni tudi razkritje idej. Zato je pogosto treba žrtvovati veliko prostega časa za razvoj tehnologije vsaj do te mere, da je mogoča njena intelektualna zaščita. Seveda zaščita stane veliko in pomembno je, da skladno s tem toliko nadaljuješ razvoj tehnologije, da bo ta del produkta ali storitve na trgu nekega industrijskega partnerja.

Z visokotemperaturnimi toplotnimi črpalkami še niste šli v kakšen projekt?

Andrej Kitanovski: Vsekakor smo že poskusili pridobiti sredstva s švicarskimi in hrvaškimi raziskovalci, žal do danes neuspešno. To seveda ne pomeni, da tega ne bomo nadaljevali in razširili naše mreže na različne skupine sodelujočih, projektov in tehnologij. Projekti EU so pogosto omejeni pri tematikah in kreatorji teh tematik v EU žal v trenutnih programih niso predvideli, da bi lahko bile nove tehnologije visokotemperaturnih toplotnih črpalk za izrabo odpadne toplote koristne za EU.

V članku ste se lotili tudi temperaturne lestvice toplotnih črpalk. Zakaj?

Katja Klinar: Ko so se toplotne črpalke začele razvijati, so bile namenjene za ogrevanje stanovanj ali sanitarne tople vode. Logičen napredek je sledil temperaturam do 100, 120 stopinj Celzija in razvite so bile visokotemperaturne toplotne črpalke. V zadnjih letih so se pojavile toplotne črpalke, ki grejejo do 200 stopinj Celzija, poimenovali so jih ultravisokotemperaturne. Tako imamo pri 200 stopinjah Celzija v definiciji uporabljen maksimum. Prav tako so skoraj vse raziskave in publikacije usmerjene v parnokompresijske toplotne črpalke. Z novo lestvico smo predlagali, da bi bile upoštevane vse potencialne tehnologije toplotnih črpalk.

Prav tako smo predlagali novo definicijo temperaturne lestvice toplotnih črpalk od nič stopinj Kelvina (absolutna ničla, −273,15 stopinje Celzija) do 1600 stopinj Kelvina. Toplotne črpalke namreč na Zemlji delujejo v okvirih naših življenjskih potreb. Zunaj Zemlje so ti pogoji precej drugačni, toplotne črpalke pa so lahko prav tako pomembne. Če že postavljamo lestvico, jo dajmo dolgoročno. ●

Prelomna študija

Objava v reviji *Nature Energy* je pomembna tako na mednarodni ravni kot za slovensko znanost in industrijo. Z njo so avtorji postavili nove mejnike na področju visokotemperaturnih grelnih procesov in toplotnih črpalk, ki jih doslej še nihče ni obravnaval. Hkrati so znova opozorili na dejstvo, da v svetu in pri nas odpadno toploto obravnavamo kot neizkoriščen odpadek, ki ga enostavno odvržemo v okolje. Rešitve, ki so jih predstavili, za slovensko gospodarstvo ponujajo razvoj novih, globalno konkurenčnih izdelkov in storitev. Za slovensko politiko je to alarm, da je treba narediti popolno revizijo naših energetskih sistemov in industrije ter zagotoviti sodelovanje mednarodno priznanih in neodvisnih slovenskih strokovnjakov z različnih področij.

Objave so namenjene interni uporabi v skladu z odločbami ZASP in se brez soglasja imetnika pravic ne smejo prosto razmnoževati in distribuirati!