

Izračun grijanja

ALEKSANDAR HATZIVELKOS¹

1. Uvod

Jedna od aktualnih tema ove zime svakako je cijena grijanja. Već je najesen bilo najavljeno podizanje cijena grijanja za kućanstva koja se griju preko HEP-Toplinarstva, što je aktualiziralo temu ugradnje toplinskih razdjelnika. Time bi se, navodno, cijena grijanja počela plaćati prema osobnoj potrošnji. No, je li uistinu tako? Proteklih mjeseci u medijima nalazimo tekstove i priloge o računima za grijanje koji su rasli usprkos ugradnji razdjelnika topline i usprkos smanjivanju potrošnje. Je li to moguće? Plaća li se uvođenjem razdjelnika stvarna potrošnja? Odgovori na ta pitanja nalaze se u matematičkoj analizi formule za izračun cijene grijanja, što je izvrstan primjer upotrebe matematike u svakodnevnom životu.

2. Formula

Detaljnije objasnimo problem. Kućanstva mogu (ako se s time složi više od polovice stanara koji pripadaju zajedničkom HEP-ovom brojilu) u svoje stanove ugraditi razdjelnike topline koji na svakom radijatoru odbrojavaju impulse kojima se mjeri količina utrošene topline. Stanari koji to ne žele, ne moraju ugraditi razdjelnike. Time se kreiraju dvije vrste potrošača – u prvoj su grupi potrošači s ugrađenim razdjelnicima, a u drugoj potrošači koji se i dalje griju bez upotrebe razdjelnika topline.

Formula o kojoj danas pišemo je formula koja iz dostupnih (mjerenih) parametara određuje koliko će koji od tih potrošača platiti grijanje. Podaci koji se koriste u izračunu su sljedeći:

- ukupna količina energije očitana na zajedničkom brojilu, koju ćemo u tekstu, u skladu sa službenim zapisom, označavati s E_{ZT}
- površine stanova, ili u službenoj terminologiji „grijane površine samostalnih uporabnih cjelina”, koje ćemo označavati s P_i . Indeksom $i \in \{1, \dots, k\}$ indeksiramo sve stanove. Bez smanjenja općenitosti pretpostavit ćemo da je prvih m stanova ugradilo razdjelnike topline.

¹Aleksandar Hatzivelkos, Veleučilište Velika Gorica

- ukupan broj impulsa očitanih na svim radijatorima u nekom stanu, koji ćemo označavati s BI_i . Indeksom $i \in \{1, \dots, m\}$ indeksiramo sve stanove koji imaju ugrađene razdjelnike topline.

To su osnovni parametri na osnovi kojih treba odrediti cijenu grijanja za svaki pojedinačni stan. Iako zadatak izgleda prilično jednostavno, tj. naizgled imamo sve potrebne parametre da bismo točno odredili kolika je potrošnja svakog pojedinačnog stana, to ipak nije tako. Osnovni problem je u interpretaciji broja impulsa, BI_i . Naime, broj impulsa je veličina bez mjere – pomoću njega se ne može očitati točna potrošnja toplinske energije, već ga se može upotrebljavati isključivo kao *relativnu* veličinu koja daje *omjer* potrošnje određenog stana prema drugim potrošnjama izraženima istim indeksom.

Razlog za to je tehničke prirode (primjerice, indeks kao takav nije normiran, tj. nemamo veličinu prema kojoj bismo mogli odrediti koliko točno potrošnje predstavlja jedan impuls) pa ovim tekstom ne namjeravamo ulaziti u, zapravo nematematičku, argumentaciju može li se ili mora taj indeks upotrijebiti i kao apsolutna veličina. Pretpostavka ovog teksta, kao matematičke analize modela, jest prihvaćanje zadanih pretpostavki, a interpretacija broja impulsa po tom je pitanju ključna, te ćemo, shodno tome, veličinu BI_i uvijek upotrebljavati kao relativnu, tj. u omjeru.

Na tim je temeljima Ministarstvo gospodarstva propisalo formulu za izračun dijela toplinske energije koji se pripisuje svakoj „samostalnoj uporabnoj cjelini“, odnosno stanu:

Veličine za izračun:

- P_{SSUC} – grijane površine svih samostalnih uporabnih cjelina na zajedničkom mjerilu toplinske energije, tj.

$$P_{SSUC} = \sum_{i=1}^k P_i$$

- P_{SSR} – grijane površine svih samostalnih uporabnih cjelina na zajedničkom mjerilu toplinske energije s ugrađenim razdjelnicima, tj.

$$P_{SSR} = \sum_{i=1}^m P_i$$

- P_{SSBR} – grijane površine svih samostalnih uporabnih cjelina na zajedničkom mjerilu toplinske energije bez ugrađenih razdjelnika, tj.

$$P_{SSBR} = \sum_{i=m+1}^k P_i$$

- U_{ST} – korekcijski faktor ukupno isporučene toplinske energije u obračunskom razdoblju na zajedničkom mjerilu toplinske energije za sve uporabne cjeline koje

nemaju ugrađene uređaje za lokalnu razdiobu troškova isporučene toplinske energije ($U_{ST} = 25$).

Na ovome se mjestu uvodi korekcijski faktor U_{ST} . U situaciji u kojoj energetska vrijednost impulsa nije normirana, ne postoji način utvrđivanja ukupnog dijela energije koji su potrošili stanovi sa (i stanovi bez) razdjelnika topline. Ministarstvo gospodarstva je stoga propisalo tu mjeru uvođenjem korektivnog faktora pomoću kojeg se sada računa:

$$E_{SSBR} = E_{ZJ} \cdot \frac{P_{SSBR}}{P_{SSUC}} \cdot \left(1 + \frac{U_{ST}}{100} \right) \quad (1)$$

$$E_{SSR} = E_{ZJ} - E_{SSBR} \quad (2)$$

Formulom (1) određena je ukupna energija pripisana svim stanovima koji nemaju ugrađene razdjelnike (E_{SSBR}), a formulom (2) ukupna energija pripisana svim stanovima koji imaju ugrađene razdjelnike (E_{SSR}). Ono što treba uočiti je da ti iznosi ni na koji način ne ovise o broju očitanih impulsa, nego isključivo o (relativnoj) površini i propisanom korektivnom faktoru. Nakon što su definirani ukupni iznosi energije pripisani grupama stanova sa i bez ugrađenih razdjelnika, formula u drugom dijelu daje izračun za pojedini stan.

U slučaju stanova bez ugrađenih razdjelnika, računica je jednostavna - njima je pripisana količina energije (od ukupne energije pripisane stanovima bez razdjelnika) razmjerna površini:

$$E_i = E_{SSBR} \cdot \frac{P_i}{P_{SSBR}} \quad i = m+1, \dots, k \quad (3)$$

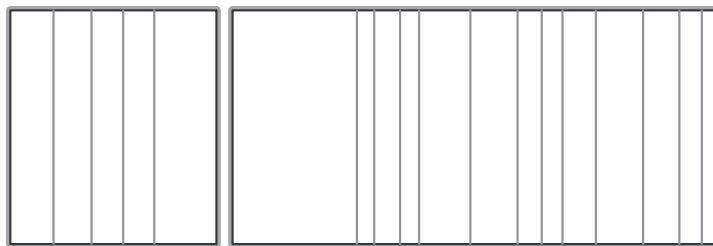
Konačno, cijena na računu dobiva se množenjem pripisane energije E_i s tarifnim iznosom, odnosno cijenom energije.

Za izračun udjela energije pripisanog stanovima s ugrađenim razdjelnicima uvodimo još jedan faktor – U_{POV} . Radi se o postotnom udjelu (koji, prema propisu Ministarstva gospodarstva, mora biti manji od 50) koji određuje udio raspodjele energije koji se određuje prema površini stana. Iznos tog faktora dogovorom određuju stanari. Svaka zgrada ima određene gubitke u prijenosu topline koji nastaju nakon prolaska kroz brojilo, pa je smisao ovog faktora taj gubitak energije na cijevima (npr. u stubištu) jednoliko rasporediti među stanarima (proporcionalno površini stanova).

$$E_i = E_{SSR} \cdot \left[\left(1 - \frac{U_{POV}}{100} \right) \cdot \frac{BI_i}{BI} + \frac{U_{POV}}{100} \cdot \frac{P_i}{P_{SSR}} \right] \quad i = 1, \dots, m \quad (4)$$

U ovom izrazu BI predstavlja sumu svih očitanih impulsa, tj. $BI = \sum_{i=1}^m BI_i$. Kako izraz u zagradi predstavlja (fiksiranu) konveksnu kombinaciju dvaju brojeva, $\frac{P_i}{P_{SSR}}$

(koji je također nepromjenjiva veličina) i $\frac{BI_i}{BI}$, odgovornim za rezultate prikazane u sljedećem poglavlju pokazat će se upravo potonji. Vizualno, formulu koju je propisalo Ministarstvo gospodarstva mogli bismo prikazati kao na Slici 1.: prvo se (administrativno) ukupna količina energije podijeli na dva dijela (označeno crnom bojom). Potom se u jednom dijelu energija stanovima raspodijeli proporcionalno prema površini, dok se u drugom dijelu energija stanovima (pretežno) raspodijeli u skladu s omjerom broja potrošenih impulsa prema ukupnom broju impulsa, $\frac{BI_i}{BI}$ (označeno sivom bojom).



Slika 1. Vizualni prikaz formule Ministarstva gospodarstva

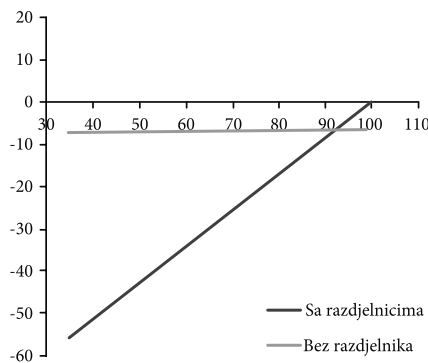
3. Analiza formule

Sada kada smo opisali formulu, možemo se posvetiti analizi njezinih rezultata. Prvo pitanje koje moramo postaviti je – što nas zapravo zanima? Budući da formula opisuje djelovanje funkcije koja na temelju $m + k + 3$ (površine stanova, brojevi impulsa, dva varijabilna korektivna faktora i ukupna potrošnja) varijable daje kao rezultat k -mjesni vektor računa (ili pripisane količine energije), u analizi se, da bi imala ikakvog smisla, moramo ograničiti na usporedbu samo nekih parametara.

Najprirodniji je interes za usporedbu kretanja iznosa računa (odnosno pripisanih energija) prije i nakon uvođenja razdjelnika topline. To je bez premca krajnjim potrošačima najvažniji i „najopipljiviji” rezultat. Kao što smo već napomenuli, očitani impulsi nemaju svoju energetska interpretaciju, pa je stoga nemoguće točno utvrditi koliko je pojedini potrošač štedio. Utoliko je iz samog broja očitanih impulsa nemoguće eksplicitno utvrditi koliki je postotak (od uobičajene potrošnje) kućanstvo uštedjelo, pa je iz samih očitanih impulsa nemoguće dobiti taj podatak. No, to ograničenje ne odnosi se na simulacije, budući da u njima možemo ciljano kontrolirati postotak potrošnje, te potom i vršiti usporedbu.

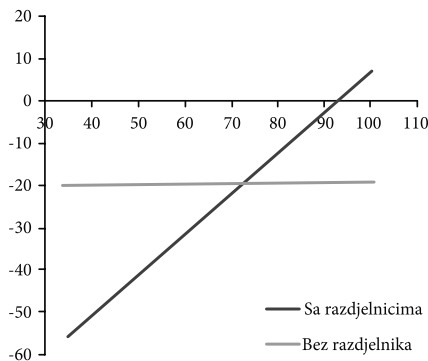
U tu svrhu provodimo nekoliko simulacija. U prvoj seriji simulacija, potrošnja je svih stanova sa razdjelnicima, osim jednog, fiksirana na nekoj postotnoj razini od uobičajene potrošnje (sa svim radiatorima uključenima do maksimuma). Za taj posljednji stan potrošnju variramo, te promatramo promjene računa (energije) kako

za taj stan, tako i usporedno za stan(ove) bez ugrađenih razdjelnika. Uz pretpostavku da je broj utrošenih impulsa razmjernan površini stana, lako se pokazuje da faktor promjene iznosa na računu (dakle, i postotak) ne ovise o površini promatranog stana budući da se u tom kvocijentu površine u obje cijene (staroj i novoj) mogu izlučiti i pokratiti. Naravno, to je idealizirana pretpostavka budući da potrošnja ovisi i o energetske učinkovitosti stanova. Takva vrsta analize ostaje materijal za buduću obradu, prvenstveno na podacima prikupljenima na stvarnim stambenim objektima. Simulacija je dala zanimljive rezultate.



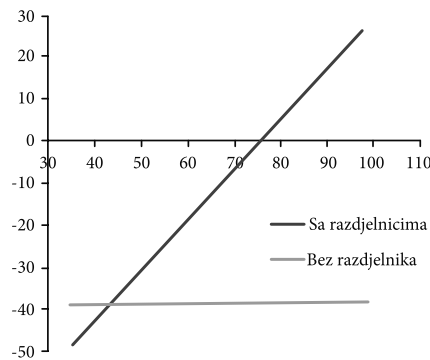
Slika 2. Usporedba promjene računa na 80% potrošnje

Podaci prikazani na Slici 2. prikupljeni su na simulaciji sa 100 stanova, od kojih je 80 ugradilo razdjelnike topline. Svi stanovi sa razdjelnicima, osim jednog, za 20% smanjili su potrošnju. Na x-osi nalaze se vrijednosti potrošnje za taj posljednji stan s ugrađenim razdjelnicima, dok se na y-osi nalazi postotna razlika između računa koji su pojedini stanovi plaćali prije uvođenja razdjelnika. S grafa vidimo da stan bez ugrađenih razdjelnika ima oko 7% manji račun (crvena linija). Plava linija pak pokazuje da stan s ugrađenim razdjelnicima plaća oko 50% manji račun ukoliko troši 60% manje energije. No, rezultat postaje zanimljiv kako ušteda stana s razdjelnicima pada, pa će stanari u tom stanu platiti veći račun od stanara koji uopće nisu ugradili razdjelnike ako uštede manje od 5% energije. Ta anomalija postaje još uočljivija u sljedeća dva grafa



Slika 3. Usporedba promjene računa na 50% potrošnje

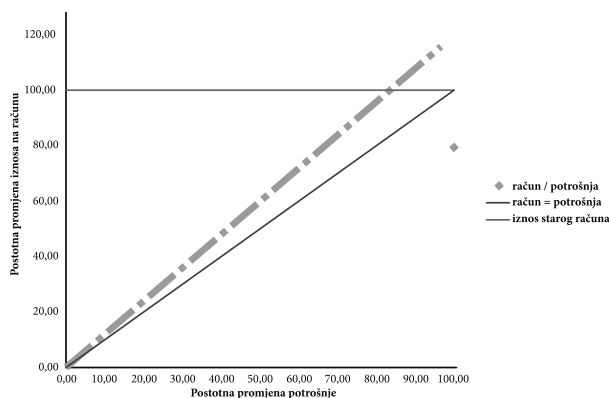
U situaciji kada je prosječna ušteda energije među stanovima s razdjelnicima (Slika 3.) 50% - što nije tako nevjerojatan scenarij - potrošač koji uštedi „tek“ 20% energije plaća veći račun od potrošača koji bez upotrebe razdjelnika uopće ne šteti. Ukoliko, pak, iz nekog razloga taj mjesec uopće ne šteti, platit će 9% veći račun nego li ga je plaćao prije uvođenja razdjelnika! Opća ušteda od 70% energije daje još ekstremniji rezultat (Slika 4.). U tom će slučaju potrošač s razdjelnicima plaćati veći račun od susjeda bez razdjelnika (koji uopće ne šteti) čak i ako je prepolovio potrošnju! U slučaju pune potrošnje, račun će mu biti 30% veći nego bi bio da nije ugradio razdjelnike.



Slika 4. Usporedba promjene računa na 30% potrošnje

Zašto se to događa? Ključni razlog je struktura formule, vizualno prikazana Slikom 1. Naime, kao što je već opisano, ukupni dijelovi energije koji se moraju pripisati grupi stanova *sa* i grupi stanova *bez* ugrađenog razdjelnika, administrativno je određen, i ni na koji način ne ovisi o broju očitanih impulsa. Broj impulsa se potom isključivo koristi za podjelu propisanog dijela energije među potrošačima s ugrađenim razdjelnicima. No, ukoliko se dogodi da velik broj tih potrošača učini značajne uštede, razmjerni dio BI_i / BI potrošača koji nije uštedio u istoj mjeri može *neograničeno* narasti do 100%, što u konačnici može premašiti i iznos koji je taj potrošač plaćao prije uvođenja razdjelnika – pa čak i ako šteti, kao što zorno ilustriraju slike 3. i 4. Postignuti ekstrem u gornjoj simulaciji je iznos računa 16 puta (1600%) veći od računa koji je plaćan prije uvođenja razdjelnika.

Sve iznesene analize napravljene su na kontroliranom modelu kako bi se istaknule anomalije, odnosno njihov uzrok. No, pitanje je kako se formula ponaša u nekontroliranim uvjetima. U ovakvoj analizi nije moguće adekvatno simulirati uvjete određene energetsom učinkovitošću stanova, no mogu se simulirati različite razine potrošnje. U tu svrhu promotrimo simulaciju na kojoj je potrošnja simulirana nasumičnim (uniformnim) odabirom vrijednosti između 0% i 100%. Zanima nas korelacija između dviju veličina: postotnog udjela u (staroj) potrošnji i postotnog udjela (starog) iznosa na računu izračunanom za nove vrijednosti.



Slika 5. Korelacija između potrošnje i iznosa na računu

Kako bi relevantna korelacija došla do izražaja, u ovoj smo simulaciji korektivni faktor U_{POV} izjednačili s nulom, tako da iznos na računu teži ka nuli kada i potrošnja (broj impulsa) teži ka nuli. Sa Slike 5. vidimo kako su cijene na računu uvijek iznad linije koja predstavlja potpunu korelaciju, te da, štoviše, određen broj potrošača plaća račune veće od prijašnjih. To je posljedica normativne propisanosti formule provedene u prvom koraku računa, kojim se zapravo pokušava *pogoditi* kolika će biti prosječna ušteda. Ukoliko je prosječna ušteda veća od pretpostavljene, računi, paradoksalno, postaju (razmjerno prema potrošnji) veći. Daljnja analiza pokazuje da se točke spuštaju ispod linije potpune korelacije tek kada prosječna ušteda kućanstava s razdjelnicima iznosi manje od 25%. Vrijedno je istaknuti da jedina točka na Slici 5., koja se nalazi ispod linije potpune korelacije, predstavlja kućanstva koja nisu ugradila razdjelnike. U ovoj simulaciji oni jedini profitiraju u omjeru potrošenog i plaćenog - troše isto, a plaćaju značajno manje.

4. Nova formula

Opravdano je pitanje: mogu li se anomalije iz prethodnog poglavlja izbjeći? Može li se, na osnovi raspoloživih parametara, složiti nova formula s boljim svojstvima? U ovom ćemo poglavlju pokazati da može. Predstaviti ćemo novi izračun koji će osigurati da potrošač s ugrađenim razdjelnicima uvijek plaća iznos manji od iznosa koji je plaćao prije uvođenja razdjelnika, te da uvijek plaća iznos manji od susjeda sa stanom iste površine, a koji nije ugradio razdjelnike. Formula je izgrađena oko odnosa izraženih sljedećim izrazom:

$$\sum_{i=1}^m E_i + \sum_{i=m+1}^k E_i \quad (5)$$

Prva suma predstavlja sumu energija pripisanih stanovima s ugrađenim razdjelnicima, dok u drugoj sumi imamo sumu energija pripisanih stanovima bez ugrađenih razdjelnika. Cilj je definirati koeficijente koji određuju ove udjele na način da su

(relativno, obzirom na površinu) udjeli energije pripisani stanovima s razdjelnicima uvijek manji od onih pripisanih stanovima bez razdjelnika.

Osim do sada opisanih, koristimo još sljedeće veličine:

- $BI_i^p = \frac{BI_i}{P_i}$, *ponderirani indeks*, koji nam daje relativnu mjeru broja očitanih impulsa samostalne uporabne cjeline prema njenoj površini, gdje je $i \in \{1, \dots, m\}$.
- $BI_{\max}^p = \max_i BI_i^p$, *maksimalni ponderirani indeks*, koji nam daje maksimalnu vrijednost ponderiranog indeksa među svim samostalnim uporabnim cjelinama s ugrađenim razdjelnicima
- $U_i = \frac{BI_i^p}{BI_{\max}^p}$ korektivni indeks za određivanje udjela enegrije pripisanog samostalnoj uporabnoj jedinici s ugrađenim razdjelnikom. Tim je indeksom utvrđena mjera broja očitanih impulsa (relativno s obzirom na veličinu samostalne uporabne cjeline) s obzirom na maksimalan broj očitanih impulsa među samostalnim uporabnim cjelinama.

Raspisujemo izraz (5):

$$\sum_{i=1}^m \left[E_{ZJ} \cdot \frac{P_i}{P_{SSUC}} \cdot \left(\frac{U_{POV}}{100} + \left(1 - \frac{U_{POV}}{100} \right) \cdot U_i \right) \right] + \sum_{i=m+1}^k \left[E_{ZJ} \cdot \frac{P_i}{P_{SSUC}} \cdot \left(1 + \frac{U_{ST}}{100} \right) \right] \quad (6)$$

Izrazom (6) dani su osnovni odnosi između energija pripisanih pojedinim samostalnim jedinicama. Udio energije koji se pripisuje stanovima prije ugradnje razdjelnika topline, $E_{ZJ} \cdot \frac{P_i}{P_{SSUC}}$, kod obje je grupe samostalnih jedinica pomnožen faktorom.

Za samostalne jedinice koje nisu ugradile razdjelnike topline taj je faktor jednak $1 + \frac{U_{ST}}{100}$, dakle ti su udjeli povećani za unaprijed propisani korektivni faktor $1,25^2$. Napomenimo da je svaki udio pojedinačno povećan za taj faktor, a ne svi udjeli zajedno, kao kod sada korištene formule.

Kod samostalnih jedinica s ugrađenim razdjelnikom topline, dodijeljeni udio energije pomnožen je faktorom $\frac{U_{POV}}{100} + \left(1 - \frac{U_{POV}}{100} \right) \cdot U_i$. Faktor U_i definiran je kao kvocijent pripadnog ponderiranog indeksa potrošnje u odnosu prema maksimalnom

²s tim da je potrebno naglasiti da se iznos faktora UST u potpunosti može prilagoditi odluci kojom regulator ili zakonodavac želi destimulirati neugradnju razdjelnika. Dakle, izbor veličine je stvar političke odluke, i ne utječe presudno na ostale odnose determinirane formulom.

ponderiranom indeksu potrošnje među svim samostalnim jedinicama koje imaju ugrađene razdjelnike. Slijedi da je $0 < U_i < 1$. Kako cijeli izraz predstavlja konveksnu kombinaciju, slijedi da za cijeli faktor vrijedi isto, tj. $0 \leq \frac{U_{POV}}{100} + \left(1 - \frac{U_{POV}}{100}\right) \cdot U_i \leq 1$. Također napominjemo da se ovom korekcijom određuje veličina svakog udjela pojedinačno (a ne svih udjela samostalnih jedinica zajedno, kao kod formule koja je sada u upotrebi).

Tim su faktorima određeni relativni odnosi između dijelova energije pripisanih samostalnim jedinicama - budući da se one iz grupe bez razdjelnika množe faktorom većim od 1, a one iz grupe s razdjelnicima faktorom manjim (ili jednakim) 1. Stoga je udio pripisan svakoj samostalnoj jedinici bez razdjelnika uvijek najmanje za $U_{ST}\%$ veći od udjela pripisanog samostalnoj jedinici iste površine s ugrađenim razdjelnikom.

Naravno, ovako definirana suma u zbroju ne mora (i u pravilu to ne radi) dati iznos jednak ukupno isporučenoj energiji očitanoj na zajedničkom brojilu, E_{ZJ} . Stoga je potrebno izvršiti još jednu korekciju. Sumu iskazanu izrazom (6) označimo s E_1 . Izlučivanjem zajedničkih faktora u sumama u izrazu (6) slijedi:

$$E_1 = \frac{E_{ZJ}}{P_{SSUC}} \cdot \left[\sum_{i=1}^m \left(\frac{U_{POV}}{100} + \left(1 - \frac{U_{POV}}{100}\right) \cdot U_i \right) \cdot P_i + \left(1 + \frac{U_{ST}}{100}\right) \cdot P_{SSBR} \right] \quad (7)$$

Potom odredimo još jedan korektivni faktor:

$$U_{ZJ} = \frac{E_{ZJ}}{E_1}$$

Konačne udjele pripisane samostalnim jedinicama tada dobivamo množenjem svakog odgovarajućeg pribrojnika u izrazu (6) s korektivnim faktorom U_{ZJ} čime smo osigurali da ukupan zbroj udjela bude točno jednak ukupno isporučenoj energiji.

Dakle, za samostalne jedinice bez ugrađenih razdjelnika udio energije računamo prema formuli:

$$E_i = E_{ZJ} \cdot \frac{P_i}{P_{SSUC}} \cdot \left(1 + \frac{U_{ST}}{100}\right) \cdot U_{ZJ} \quad i \in \{m+1, \dots, k\} \quad (8)$$

Udio energije pripisan samostalnim jedinicama s ugrađenim razdjelnicima računamo prema formuli:

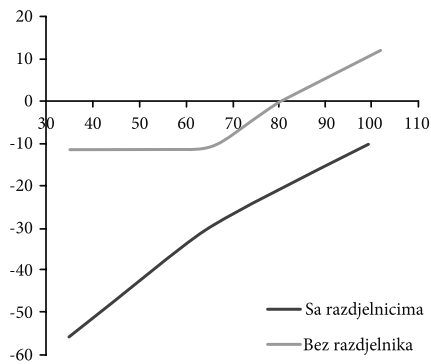
$$E_i = E_{ZJ} \cdot \frac{P_i}{P_{SSUC}} \cdot \left(\frac{U_{POV}}{100} + \left(1 - \frac{U_{POV}}{100}\right) \cdot U_i \right) \cdot U_{ZJ} \quad i \in \{1, \dots, m\} \quad (9)$$

Poslužimo li se vizualnim prikazom kao kod Slike 6., konstrukciju bismo prikazali na sljedeći način:

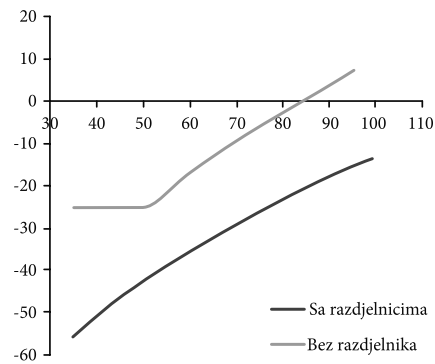


Slika 6. Vizualni prikaz nove formule

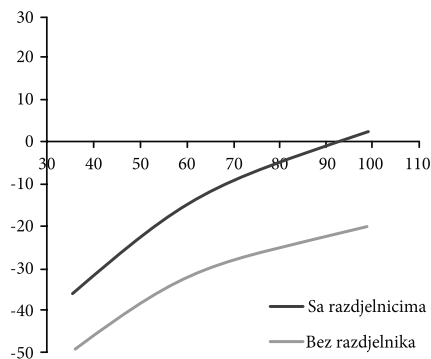
Ovaj su put prvo formirane veličine (energije pripisane kućanstvima) u odgovarajućem međusobnom omjeru (označeno crnom bojom), pa su se potom zadane veličine množenjem korektivnim faktorom U_{zj} proširile (ili u nekim situacijama sažele) do potrebne veličine (E_{zj}), čuvajući pritom međusobne omjere (označeno sivom bojom). Usporedimo sada rezultate nove formule s rezultatima formule u upotrebi, prikazanima na slikama 2., 3. i 4.



Slika 7. Usporedba promjene računa za novu formulu na 80% potrošnje

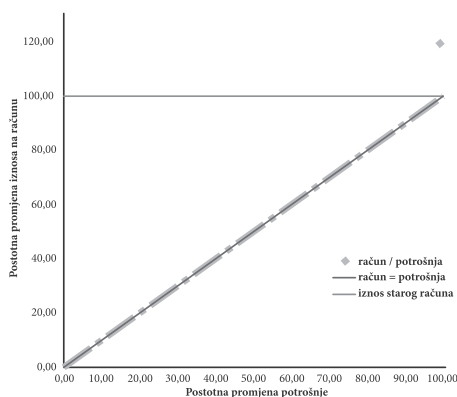


Slika 8. Usporedba promjene računa za novu formulu na 50% potrošnje

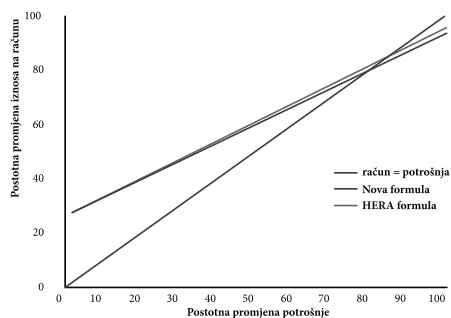


Slika 9. Usporedba promjene računa za novu formulu na 30% potrošnje

Na slikama 7., 8. i 9. sada vidimo da su izbjegnute prije uočene anomalije – postotna promjena iznosa računa za stanove s ugrađenim razdjelnicima nikada nije veća od promjene njihovih susjeda. Pored toga, novi računi su manji od računa koje su plaćali prilikom ugradnje razdjelnika. Sve je to posljedica konstrukcije formule koja je konstruirana upravo kako bi poštivala takve odnose. Promotrimo i graf (Slika 10.) koji prikazuje korelaciju između potrošnje i iznosa računa.



Slika 10. Korelacija između potrošnje i iznosa na računu za novu formulu



Slika 11. Korelacija između potrošnje i iznosa na računu za novu formulu uz najnepovoljniju razdiobu impulsa

Pokazuje se da je korelacija gotovo savršena. Takav visok stupanj korelacije posljedica je konstrukcije formule u kojoj se broj utrošenih impulsa u kućanstvu ne uspoređuje s ukupnim brojem impulsa (kao kod aktualne formule), već s maksimalnim (ponderiranim) brojem impulsa utrošenih u nekom kućanstvu. Dovoljno je da u samo jednom kućanstvu potrošnja bude stopostotna (ili bliske vrijednosti), pa da je korelacija gotovo potpuna. Stopostotnom potrošnjom kućanstvo zapravo daje referentnu točku za broj (ponderiranih) impulsa, te se formulom računa upravo cijena u ovisnosti o potrošnji.

Iako je takav scenarij vrlo vjerojatan u situacijama u kojima se na jednom HEP-ovom brojilu nalazi stotinjak kućanstava, treba analizirati i slabe strane predložene formule. Kako se u formuli potrošnja impulsa stavlja u omjer s maksimalnim iznosom, najnepovoljnija raspodjela potrošnje je ona u kojoj sva kućanstva uštede jednako. Tada je indeks U_i u formuli (9) jednak 1, pa je stoga i cijeli faktor $1 - \frac{U_{POV}}{100}$ jednak 1. Dakle, udio $E_{Zj} \cdot \frac{P_i}{P_{SSUC}}$ množi se uvijek istim faktorom, bez obzira troše li svi primjerice 20% ili 100% energije. Jedinu razliku čini faktor U_{Zj} koji ovisi o ukupnoj potrošnji.

Za primijetiti je da u ovom scenariju - kada sva kućanstva s ugrađenim razdjelnicima štede jednako - iznos faktora U_{POV} uopće ne utječe na konačnu vrijednost.

No, isto se događa i u formuli koja se trenutno koristi. Ukoliko svi potrošači s ugrađenim razdjelnicima uštede jednako (tj. razmjerno površini svog kućanstva), u faktoru $\left(1 - \frac{U_{POV}}{100}\right) \cdot \frac{BI_i}{BI} + \frac{U_{POV}}{100} \cdot \frac{P_i}{P_{SSR}}$ u formuli (4), izrazi $\frac{BI_i}{BI}$ i $\frac{P_i}{P_{SSR}}$ postaju jednaki, pa se nakon izlučivanja faktor U_{POV} poništi. Utoliko je legitimna usporedba stupnja korelacije iznosa koji daju obje formule s potrošnjom u kućanstvima s ugrađenim razdjelnicima, budući da na oba izračuna ne utječe niti jedan drugi faktor do li stupanj uštede tih kućanstava. Te su korelacije prikazane na Slici 11.

Lako je uočiti da iznos pripisane energije (tj. iznos računa) za kućanstva znatno odstupa od stupnja potrošnje (i to na njihovu štetu) kod velikih ušteda, odnosno malih iznosa potrošnje – primjerice, na razini od 20% prijašnje potrošnje, plaća se 40% prijašnjeg iznosa na računu. No, u isto vrijeme pokazuje se da formula koja je sada u upotrebi daje gotovo identično odstupanje. Zaključujemo da i u ovakvom, izrazito nevjerojatnom scenariju u kojemu sva kućanstva štede jednako, a koji predstavlja najnepovoljniju razdiobu za novu predloženu formulu, rezultat ne odstupa od onoga koji se danas koristi. Tu treba istaknuti da ni u toj najnepovoljnijoj razdiobi za predloženu formulu cijene grijanja za stanove s ugrađenim razdjelnicima ne rastu u usporedbi s cijenama prije uvođenja razdjelnika (što je vidljivo na grafu sa Slike 11. budući da graf ne prelazi vrijednost od 100 (%) na y-osi).

5. Zaključak

U ovom smo tekstu analizirali matematička svojstva i rezultate formule za obračun grijanja u sustavima u kojima dio kućanstava ima ugrađene razdjelnike topline, a dio nema. Neizbježan je zaključak, nažalost, da formula u upotrebi u izglednim scenarijima nekim kućanstvima pripisuje račune veće od prijašnjih, unatoč štednji energije. Štoviše, neka od kućanstva s ugrađenim razdjelnicima, nakon ugradnje i unatoč štednji, moraju plaćati račune veće od svojih susjeda (s kućanstvima istih površina) koji nisu ugradili razdjelnike topline i ne štede energiju. Takav je rezultat izrazito nepovoljan budući da demotivira daljnju ugradnju razdjelnika - potrošačima treba osiguranje da ugradnjom razdjelnika neće plaćati veće račune od onih koje su plaćali prije ugradnje.

Iz tog razloga, i s tim motivom, predstavljen je novi način izračuna kućanstvima dodijeljenih energija koji koristi iste ulazne parametre, s istim interpretacijama kao i formula koja je u upotrebi. No, struktura nove formule je takva da osigurava da svako kućanstvo s ugrađenim razdjelnicima plaća manji iznos (s obzirom na površinu) od kućanstva koje nema ugrađene razdjelnike, i isto tako iznose koji su manji od onih prije ugradnje razdjelnika. Štoviše, ukoliko među kućanstvima s razdjelnicima barem jedno troši gotovo svu raspoloživu energiju, nova formula daje gotovo savršenu korelaciju između iznosa računa i potrošnje – što je rezultat koji formula u upotrebi gotovo da ne može ostvariti.