

PROCJENA POTRAŽNJE ZA TOPLINSKOM ENERGIJOM

Prilog D.T2.2. Smjernice za planiranje
područnih sustava grijanja

Verzija 1
09 2020





Sadržaj

1. Uvod.....	2
1.1. Procjena potražnje za toplinskom energijom korištenjem postojećih javno dostupnih GIS alata	2
Pan-European Thermal Atlas 4 (Peta4)	2
THERMOS	2
Hotmaps	3
1.2. Procjena godišnje potražnje za toplinskom energijom temeljem kategorije zgrade	3
1.3. Procjena godišnje potražnje za toplinskom energijom korištenjem vrijednosti stupanj dani grijanja (SDG)	4
Definicija stupanj dana grijanja (SDG)	4
Izračun potražnje za toplinskom energijom korištenjem SDG-a	5
1.4. Procjena potražnje za toplinskom energijom za pripremu potrošne tople vode (PTV)	6
Reference	6

1. Uvod

Ovaj dokument sažima neke relevantne izvore podataka (alati, baze podataka) i jednostavne metode za procjenu godišnje potražnje za toplinskom energijom u zgradama. Dokument sadrži kratki opis GIS alata i podataka koji su lako dostupni (vidi poglavlje 1.1), primjer baze podataka s vrijednostima godišnje potražnje za toplinskom energijom koje se uglavnom temelje na tipologijama zgrada i godini izgradnje (vidi poglavlje 1.2), jednostavne metode izračuna na temelju mjerenja stupanj dana grijanja (SDG) (vidi poglavlje 1.3) i sažetak predloženih vrijednosti za procjenu potražnje za pripremu tople vode iz različitih izvora podataka (vidi poglavlje 1.4).

1.1. Procjena potražnje za toplinskom energijom korištenjem postojećih javno dostupnih GIS alata

Pan-European Thermal Atlas 4 (Peta4)

Pan-European Thermal Atlas 4 je online karta izrađena u okviru projekta Heat Roadmap Europe 4 (HRE4) čiji je glavni cilj mapiranje relevantnih informacija za tržište toplinske energija ('Pan-European Thermal Atlas 4.3', n.d.). Sadrži informacije o potražnji za toplinskom energijom i hlađenjem, kao i potencijalu suviška toplinske energije i obnovljivih izvora topline za 14 europskih zemalja, među kojima su Italija, Poljska, Njemačka i Austrija. Detaljniji opis korištene metodologije, pretpostavki, podataka i alata dan je u (Persson, Möller, & Wiechers, 2015).

Gustoća potražnje za toplinskom energijom na karti je dostupna u mreži rezolucije jednog hektra. Specifične vrijednosti ćelija nisu dostupne, no dane su u četiri intervala: < 50 TJ/km², 50 - 120 TJ/km², 120 - 300 TJ/km² i > 300 TJ/km². Napomena: 1 TJ/km² je približno 277,8 kWh/m². Sažetak ključnih značajki, kratki opis dostupnih informacija u PETA4, kao i primjer potencijalne primjene je dan u (Persson, Möller, Wiechers, & Rothballer, 2015).

THERMOS

THERMOS je besplatni *open-source software* čiji je cilj pružanje podataka lokalnim vlastima za optimalan projektiranje novih ruta područnog grijanja ili proširenja postojećeg sustava. Softver je prvenstveno namijenjen predprojektiranju sustava područnog grijanja, a ne procjenama potražnje za toplinskom energijom, no sadrži podatke o potražnji za toplinskom energijom na razini zgrade koji se mogu koristiti za definiranje područja velike gustoće. Podaci o potražnji toplinske energije temelje se na sljedećim informacijama: trodimenzionalni oblik/veličina zgrade, unutarnje temperature zgrade i temperatura vanjskog zraka, toplinska učinkovitost zgrade i drugi referentni modeli (npr. potreba za grijanjem vode). Detaljnije informacije možete pronaći u (*Accelerating the development of low-carbon heating & cooling networks. Capacity Building and Train-the-trainer programme Module 2: Energy System Mapping and Modelling with THERMOS*, n.d.).

Važno je napomenuti da je alat prvenstveno namijenjen projektiranju optimalnog sustava područnog grijanja. U tu svrhu, vrijednosti potražnje za toplinskom energijom na razini zgrade mogu se ažurirati detaljnijim podacima, ako su dostupni. Na temelju definiranih ekoloških, ekonomskih i tehničkih graničnih uvjeta, alat može izračunati optimalan sustav područnog grijanja za odabrano područje.

Hotmaps

Glavni cilj projekta Hotmpas ('Hotmaps project', n.d.) je razvoj *open source* alata za mapiranje i planiranje grijanja/hlađenja za EU28 područje na nacionalnoj i lokalnoj razini. Hotmaps alat je javno dostupan i sadrži podatke u različitim rezolucijama, gdje je 1 hektar najfiniji element mreže, a površina državne najkrupniji element ('Hotmaps toolbox', n.d.). Korisna opcija alata je mogućnost odabira određenih područja (npr. nekoliko hektara ili cijele regije) i dobivanje sažetih rezultata za odabrano područje (npr. godišnja potražnja za toplinskom energijom, gustoća toplinske energije).

1.2. Procjena godišnje potražnje za toplinskom energijom temeljem kategorije zgrade

Potražnja za toplinskom energijom fonda zgrada može se procijeniti na temelju često besplatnih dostupnih podataka (npr. u zemljišnim knjigama), kao što su godina izgradnje zgrade i tipologija zgrada. Cilj dva provedena EU projekta, TABULA i EPISCOPE ('IEE Project EPISCOPE', nd; 'IEE Project TABULA', nd) je bio razviti tipologije stambenih zgrada za 13 europskih zemalja. Svaka nacionalna tipologija sastoji se od klasifikacijske sheme koja grupira zgrade prema njihovoj veličini, dobi i ostalim parametrima te primjera tipova zgrada. Slijedeći metodu opisanu u EN ISO 13790, izračunata je potražnja za toplinskom energijom za grijanje prostora i pripremu potrošne tople vode za svaki od ovih tipova zgrada, a za više informacija o primijenjenim metodama pogledajte (Loga & Diefenach, 2013).

Zbog nedostatka podataka o stvarnim uvjetima korištenja i točnim toplinskim svojstvima postojećih zgrada mogu se očekivati odstupanja između dobivenih rezultata s modelom i izmjerene potrošnje. Zbog ove nesigurnosti, dobiveni rezultati dopunjuju se drugom vrstom izračuna, koja uglavnom primjenjuje empirijski faktor prilagodbe na dobivene rezultate. Ipak, projekt TABULA može poslužiti zajedno s podacima iz zemljišnih knjiga kako bi se okarakterizirala potrošnja toplinske energije određenog područja. Vrijednosti za specifičnu potražnju toplinske energije mogu se dobiti izravno iz web alata ili pomoću MS Excel dokumenta "TABULA.xls" (slobodno dostupna na zahtjev). Primjer rezultata alata prikazan je u tablici niže. Potražnja za toplinskom energijom za pripremu tople vode za domaćinstvo (PTV) nije uključena u tablicu.

Tablica 1: Podskup rezultata koji se odnosi na specifičnu potražnju za toplinskom energijom za grijanje prostora u kWh/(a.m²) iz ('TABULA WebTool', n.d.) za različite tipove zgrada i razdoblja izgradnje u Sloveniji. Podaci su preuzeti u srpnju 2019.

Godina izgradnje	Tip zgrade			
	Obiteljska kuća	Kuća s terasom	Višeobiteljska građevina	Stambeni blok
... 1945	245,1	91,4	122,4	140,6
1945 ... 1970	117,9	100,8	105,5	141,8
1970 ... 1980	93,7	86,4	112,6	117
1981 ... 2001	92	75,1	100,6	101
2001 ... 2008	58,9	74,5	78,2	48,3
2009 ...	77	72,7	52,2	57,1

1.3. Procjena godišnje potražnje za toplinskom energijom korištenjem vrijednosti stupanj dani grijanja (SDG)

Vrijednosti stupanj dana grijanja mogu se koristiti za procjenu godišnje potražnje za toplinskom energijom pomoću vrlo jednostavnih metoda. Ovo poglavlje uključuje kratki opis definicije SDG-a i dvije jednostavne metode za procjenu godišnje potražnje za toplinskom energijom.

Definicija stupanj dana grijanja (SDG)

Pretpostavka SDG-a je ako prosječna vanjska dnevna temperatura zraka padne ispod određene vrijednosti T_{th} (potrebno definirati), raste potražnja za toplinskom energijom.

SDG se računa kao zbroj razlike prosječne vanjske dnevne temperature zraka T_m^i i referentne temperature T_{ref} (vidi Formula 3 i Formula 4). Dnevni prosjek može biti izračunat iz satnih temperature. Dodatne metode izračuna stupanj dana su dostupne ovdje: (Mourshed, 2012).

$HDD = \sum_{i=1}^{n=365} \Delta T^i$	Formula 1
$\Delta T^i = \begin{cases} T_{ref} - T_m^i & \text{for } T_m^i \leq T_{th} \\ 0 & \text{for } T_m^i > T_{th} \end{cases}$	Formula 2

SDG se može izračunati korištenjem lokalnih vremenskih podataka i određivanje referentne temperature i temperature praga. Za prvu aproksimaciju mogu se koristiti vrijednosti SDG-a iz Eurostat baze podataka ('Eurostat database', n.d.). Mjesečne i godišnje vrijednosti SDG-a izračunate su pomoću $T_{ref} = 18 \text{ °C}$ i $T_{th} = 15 \text{ °C}$ na nacionalnoj razini, kao i za lokalne regije kako je definirano u Uredbi Europske komisije ('COMMISSION REGULATION (EC) No 105/2007', 2007). Podskupina godišnjih i mjesečnih vrijednosti SDG-a za nekoliko ciljnih zemalja projekta ENTRAIN sažete su u Tablici 2 i Tablici 3.

Table 2: Godišnji SDG za nekoliko EU država za različite godine i prosjeke temperature. SDG je izračunat za $T_{ref} = 18 \text{ °C}$ i $T_{th} = 15 \text{ °C}$. Izvor podataka je Eurostat baza podataka.

Država		Godina										Prosjek 2009 - 2018
Kod	Naziv	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	
AT	Austrija	3.196	3.503	3.419	3.322	3.125	3.640	3.547	3.394	3.907	3.511	3.456
DE	Njemačka	2.776	2.964	3.005	2.909	2.661	3.288	3.130	2.872	3.630	3.081	3.032
HR	Hrvatska	2.148	2.331	2.273	2.250	1.894	2.301	2.364	2.370	2.529	2.279	2.274
IT	Italija	1.754	1.878	1.762	1.810	1.635	1.940	1.954	1.864	2.070	1.942	1.861
PL	Poljska	3.125	3.290	3.286	3.113	3.095	3.504	3.550	3.315	3.920	3.449	3.365
SI	Slovenija	2.584	2.833	2.757	2.700	2.342	2.867	2.833	2.821	3.135	2.779	2.765

Table 3: Mjesečni SDG za nekoliko EU država za 2018. SDG je izračunat za $T_{ref} = 18 \text{ °C}$ i $T_{th} = 15 \text{ °C}$. Izvor podataka je Eurostat baza podataka.

Država		Mjesec											
Kod	Naziv	Pro	Stu	Lis	Ruj	Kol	Srp	Lip	Svi	Tra	Ožu	Velj	Sij
AT	Austrija	543	392	219	88	24	20	47	88	164	504	593	515

Država		Mjesec											
Kod	Naziv	Pro	Stu	Lis	Ruj	Kol	Srp	Lip	Svi	Tra	Ožu	Velj	Sij
DE	Njemačka	433	371	200	73	11	3	22	63	150	470	543	435
HR	Hrvatska	447	264	96	38	2	0	6	12	70	376	465	371
IT	Italija	344	188	57	16	5	4	10	39	97	298	371	325
PL	Poljska	513	400	225	71	6	10	29	53	144	548	594	531
SI	Slovenija	506	316	147	51	7	0	6	27	106	443	530	444

Izračun potražnje za toplinskom energijom korištenjem SDG-a

Nakon što je poznat SDG, moguće je izračunati potražnju za toplinskom energijom (MWh/god) korištenjem dva različita pristupa, „Upotreba ukupnog koeficijenta gubitka topline UA“ i „Ekstrapolacija potražnje za toplinskom energijom“. U oba pristupa pretpostavlja se da je potražnja za toplinskom energijom proporcionalna SDG-u.

Upotreba ukupnog koeficijenta gubitka topline UA

Kako je opisano u (Kalogirou, 2014) potražnja za toplinskom energijom, izražena u MWh/god, može bit izračunata korištenjem Formule 5. Ukupni koeficijent gubitka topline UA, izražen u W/K predstavlja infiltraciju zraka i gubitke prijenosa topline kroz ovojnicu zgrade. Potrebno je napomenuti da metoda ne uključuje unutarnje dobitke topline i dinamičke karakteristike zgrade, tj. toplinski kapaciteti se zanemaruju.

$\text{Potražnja ta toplinskom energijom} = \frac{86.400}{2,7e^{10}} \cdot UA \cdot SDG$	Formula 3
--	------------------

UA vrijednost je potrebno definirati, a može se procijeniti na temelju građevinskih podataka, izvedenih nakon poznavanja geometrije ovojnice i građevinskih materijala, ili izvedenih iz instalirane snage grijanja Q_{inst} . Može se pretpostaviti da su sustavi grijanja prilagođeni specifičnim unutarnjim i vanjskim temperaturama zraka prema Formuli 6.

$UA = \frac{Q_{inst}}{(T_{unutrašnja} - T_{vanjska})}$	Formula 4
--	------------------

Ekstrapolacija potražnje za toplinskom energijom

SDG se može koristiti za normalizaciju potrošnje toplinske energije zgrade, kako je prikazano i u Formuli 7.

$\text{Potrošnja toplinske energije}_{normalizirano} = \frac{\text{Potrošnja toplinske energije}}{SDG}$	Formula 5
---	------------------

Normalizirana potrošnja topline definirana u jednadžbi 7 obično se koristi za usporedbu potrošnje topline između zgrada u različitim regijama ili godinama. Stoga se normalizirana potražnja za toplinskom energijom također može koristiti uz pomoć jednadžbe 8 za ekstrapolaciju potražnje za toplinskom energijom odabrane zgrade (ili skupine zgrada) na drugu klimu, tj. na drugo mjesto. Poznata potražnja za toplinskom energijom sličnih zgrada u drugim regijama može se normalizirati i ekstrapolirati u novo područje. Ova metoda može biti korisna kada nisu dostupne informacije o potrošnji topline zgrada u regiji.

Potražnja za toplinskom energijom_{nova lokacija}

$$= SDG_{nova lokacija} \cdot Potražnja za toplinskom energijom_{normalizirana}$$

Equation 6

1.4. Procjena potražnje za toplinskom energijom za pripremu potrošne tople vode (PTV)

Na temelju preko 2 milijuna podataka, provedenih anketa, dostupne literature i podataka iz specijaliziranog softvera co2online, moguće je precizno procijeniti potražnju za toplinskom energijom za pripremu potrošne tople vode, što je i učinjeno u projektu „Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden“ (Offermann et al., 2017). Na temelju podataka tvrtki *Techem i Brunata*, potrošnja tople vode po korisnoj površini iznosi između 9 i 13 kWh/(god.m²) za višeobiteljske zgrade. Na temelju podataka tvrtke *ista*, prosjek potrošnje tople vode je 11,1 kWh/(god.m²) i 10 kWh/(god.m²) za višeobiteljske kuće. Na temelju 331 skupa podataka za obiteljske kuće prikupljene internetskim istraživanjem, prosjek potrošnje toplinske energije za pripremu PTV-a iznosi 9,2 kWh/(god.m²).

Na temelju srednjih vrijednosti iz analiziranih podataka, (Offermann et al., 2017) predlaže korištenje jednadžbe 9 za procjenu potražnje za toplinskom energijom za pripremu PTV po korisnoj podnoj površini E_{DHW} u kWh/(god.m²), gdje \tilde{A} , predstavlja medijan korisne površine stambenih jedinica zgrada.

$$E_{DHW} = (15 - (\tilde{A} \cdot 0,04))$$

Formula 7

Minimalno ograničenje za potražnju za toplinskom energijom za pripremu PTV je 7 kWh/(god.m²) te su stoga dobivene vrijednosti s jednadžbom 9 između 7 i 15 kWh/(god.m²). Dobivene vrijednosti su slične onima koje se koriste u ('TABULA WebTool', n.d.), 10 kWh/(god.m²) za obiteljske kuće i kuće u nizu i 15 kWh/(god.m²) za višestambene kuće i stambene blokove, ali manje od 20 kWh/(god.m²), što je vrijednost predložena u (Good et al., 2008).

Reference

Accelerating the development of low-carbon heating & cooling networks. Capacity Building and Train-the-trainer programme Module 2: Energy System Mapping and Modelling with THERMOS. (n.d.).

COMMISSION REGULATION (EC) No 105/2007. (2007). *Official Journal of the European Union*, 1-37. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0105&from=EN>

Eurostat database. (n.d.). https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/product?code=nrg_chdd_a

Good, J., Biedermann, F., Bühler, R., Bunk, H., Rudolf Gabathuler, H., Hammerschmid, A., ... Rakos, C. (2008). *QM-Planungshandbuch.* (C. A. R. M. E. . e. V. Straubing, Ed.) (2nd ed.).

Hotmaps project. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://www.hotmaps-project.eu/>

Hotmaps toolbox. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://www.hotmaps.hevs.ch/map>

IEE Project EPISCOPE. (n.d.). Retrieved 24 July 2019, from <http://episcopes.eu/iee-project/episcopes/>

IEE Project TABULA. (n.d.). Retrieved 24 July 2019, from <http://episcopes.eu/iee-project/tabula/>

Kalogirou, S. (2014). Solar Space Heating and Cooling. In *Solar Energy Engineering* (pp. 323-395). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397270-5.00006-6>

Krimmling, J. (2011). *Energieeffiziente Nahwärmesysteme Grundwissen, Auslegung, Technik für*



Energieberater und Planer. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

Loga, T., & Diefenach, N. (2013). *TABULA Calculation Method - Energy Use for Heating and Domestic Hot Water* -. Institut Wohnen und Umwelt GmbH.

Mourshed, M. (2012). Relationship between annual mean temperature and degree-days. *Energy and Buildings*, 54, 418-425.

Offermann, M., Manteufel vfel, von, B., Hermelink, A., John, A., Ahrens, C., Jahnke, K., & Zastrau, K. (2017). *Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden*. Bonn. Retrieved from https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-17-2017-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Pan-European Thermal Atlas 4.3. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://heatroadmap.eu/peta4/>

Persson, U., Möller, B., & Wiechers, E. (2015). *Methodologies and assumptions used in the mapping (D2.3)*.

Persson, U., Möller, B., Wiechers, E., & Rothballe, C. (2015). *Maps Manual for Lead-Users (D2.4)*.

TABULA WebTool. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <http://webtool.building-typology.eu/#sd>

Winter, W., Haslauer, T., & Obernberger, I. (2001). Untersuchungen der Gleichzeitigkeit in kleinen und mittleren Nahwärmenetzen. *Euroheat & Power*, 1-17.