



Institut »Jožef Stefan«
Center za energetska učinkovitost

Foto: IJS-CEU

STROKOVNE PODLAGE IN IZBIRA NAJPRIMERNEJŠEGA NAČINA ZA IZRAČUNAVANJE FAKTORJEV PRIMARNE ENERGIJE IN IZPUSTOV OGLJIKOVEGA DIOKSIDA ZA SISTEME DALJINSKEGA OGREVANJA IN HLAJENJA

Poročilo, Ver. 1.0 – Osnutek Metodologije
Ljubljana, marec 2022

DELOVNO POROČILO IJS: IJS DP 13780

ŠT. POGODBE: 971-P-0014/2022

NAROČNIK: Agencija za energijo Republike Slovenije

ODGOVORNA OSEBA NAROČNIKA: Aleš Žurga, mag. inž. str.

SODELUJOČI S STRANI NAROČNIKA: Aleksander Trupej, univ. dipl. inž. str.
mag. Marko Senčar
mag. Mojca Španring

IZVAJALEC: **Institut »Jožef Stefan«**
Center za energetska učinkovitost

ODGOVORNA OSEBA IZVAJALCA: mag. Stane Merše

AVTORJI: Marko Đorić, univ.dipl. inž. elektrotehnike.
mag. Damir Staničić
Matjaž Česen, univ. dipl. inž. meteo
Dr. Gašper Stegnar
(vsi IJS CEU)

VERZIJA POROČILA: 1.1 Osnutek Metodologije

SLIKA NA PRVI STRANI: IJS-CEU

KOPIJE POROČILA: Naročnik (po pogodbi)
Knjižnica IJS
Arhiv IJS CEU

NASLOV POROČILA:

**STROKOVNE PODLAGE IN IZBIRA NAJPRIMERNEJŠEGA NAČINA ZA IZRAČUNAVANJE
FAKTORJEV PRIMARNE ENERGIJE IN IZPUSTOV OGLJIKOVEGA DIOKSIDA ZA SISTEME
DALJINSKEGA OGREVANJA IN HLAJENJA**

VSEBINA

1	POVZETEK	7
2	UVOD	8
3	METODOLOGIJA DOLOČANJA FAKTORJEV PRIMARNE ENERGIJE SDO	9
3.1	FPE VHODNIH ENERAGENTOV	10
3.2	ENOSTAVNI SDO	12
3.3	KOMPLEKSNI SDO.....	13
3.3.1	<i>Soproizvodnja</i>	13
3.3.2	<i>FPE virov DT</i>	16
3.3.3	<i>FPE SDO</i>	19
4	METODOLOGIJA DOLOČANJA UČINKOVITOSTI SDO	21
4.1	DOLOČANJE DELEŽA TOPLOTE IZ OVE	21
4.2	DOLOČANJE DELEŽA ODVEČNE TOPLOTE	22
4.3	DOLOČANJE DELEŽA TOPLOTE IZ SOPROIZVODNJE	23
4.4	KONČNI IZRAČUN UČINKOVITOSTI SDO	24
5	METODOLOGIJA DOLOČANJA KAZALNIKA SPECIFIČNIH EMISIJ CO₂ SDO	25
5.1	ENOSTAVNI SDO	27
5.2	KOMPLEKSNI SDO.....	27
6	IZRAČUN KAZALNIKOV ZA SDO V SLOVENIJI	29
7	KAZALCI SISTEMOV DALJINSKEGA HLAJENJA.....	34
8	ZAKLJUČKI IN PRIPOROČILA	37
9	LITERATURA.....	38

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Uporabljeni FPE energentov v izračunih	10
Tabela 2:	FPE ter specifični izpusti CO ₂ iz osnutka PURES	11
Tabela 3:	Primer izračuna FPE za enostavni SDO	12
Tabela 4:	Primerjava različnih metod za delitev goriva med električno energijo in toploto v PN SPTE (<i>Vir: IJS-CEU</i>)	14
Tabela 5:	Primer izračuna FPE DT za PN SPTE	16
Tabela 6:	Primer izračuna FPE DT za PN SPTE	18
Tabela 7:	Primer izračuna DOVE _{SDO} za SDO z več viri DT	22
Tabela 8:	Primer izračuna DSPTES _{SDO} za kompleksen sistem z dvema enotama SPTE (na zemeljski plin ter zemeljski plin in biopljin) ter kotlom na zemeljski plin	24
Tabela 9:	Značilne neto kalorične vrednosti in emisijski faktorji za leto 2021 (vir: ARSO)	26
Tabela 10:	Uporabljeni emisijski faktorji CO ₂ energentov v izračunih študije	26

Tabela 11:	Primer izračuna kazalnika $f_{CO_2,SDO}$ za kompleksen SDO s tremi viri DT ter sončno elektrarno za delno pokrivanje lastne rabe električne energije za delovanje SDO.	29
Tabela 12:	Shematski prikaz izračuna kazalnikov in zajema potrebnih podatkov za izračun	30
Tabela 13:	Primer izračuna kazalcev učinkovitosti za DHS Velenje	34
Tabela 14:	Podatki o obratovanju in kazalcih treh PN SPTE v Šoštanju	34
Tabela 15:	FPE virov – obe HN	34
Tabela 16:	Specifični kazalci emisij CO ₂ in učinkovitosti SDH	35
Tabela 17:	Tipični parametri PN SPTE ter izračun FPE vira glede na uporabljeno gorivo	38

KAZALO SLIK

Slika 1:	Prikaz DT_{IZH} vira DT	17
Slika 2:	Shematski prikaz izračuna FPE treh virov DT, ki z DT oskrbujejo dva SDO	18
Slika 3:	Shematski prikaz končnega izračuna FPE SDO dveh SDO, ki se oskrbujeta z DT iz treh virov DT.....	20
Slika 4:	Primer izračuna $DOVE_{DT}$ za kotel na lesno biomaso	21
Slika 5:	Specifične emisije CO ₂ pri končni rabi električne energije v Sloveniji (vir: IJS-CEU)	25
Slika 6:	FPE SDO – obnovljivi in obnovljivi del	31
Slika 7:	Deleži obnovljive, odvečne in toplote proizvedeni v sproizvodnji ter specifične emisije CO ₂ SDO v Sloveniji	31
Slika 8:	Razponi FPE posameznih tehnologij v SDO	32
Slika 9:	Razponi specifičnih emisij CO ₂ po posameznih tehnologijah v SDO.....	33

SEZNAM KRATIC

CC	kombiniran cikel
DOLB	daljinsko ogrevanje na lesno biomaso
DOVE	delež toplote iz obnovljivih virov (OVE) [%]
DT	daljinska toplota
ELKO	ekstra lahko kurilno olje
f	faktor, kazalnik
f_P	faktor primarne energije (skupni, obnovljivi ali neobnovljivi) – splošni zapis
f_{PS}	skupni faktor primarne energije
f_{POVE}	faktor primarne obnovljive energije ali obnovljivi del faktorja primarne energije
f_{PNOVE}	faktor primarne neobnovljive energije ali neobnovljivi del faktorja primarne energije
FPE	faktor primarne energije
FPE _{EL}	faktor primarne energije pri oskrbi električne energije
FPE _{DT}	faktor primarne energije pri proizvodnji daljinske toplote (na ravni vira oz. proizvodne naprave)
FPE _{SDO}	faktor primarne energije sistema daljinskega ogrevanja
EVH	poraba energenta (spodnja kurilna vrednost) (MWh)
Iz _{KT}	toplotni izkoristek
Iz _{EL}	električni izkoristek
ICE	plinski motor na zemeljski plin (angl. Internal Combustion Engine)
JE	jedrsko elektrarno
LB	lesna biomasa

LCA	metoda življenjskega cikla (angl. Life Cycle Assessment)
neOVE	neobnovljivi del
ORC	organski Rankinov cikel (angl. Organic Rankin Cycle)
OT	odvečna toplota
OVE	obnovljivi vir energije
ParT	parna turbina
P	primarne
PE	primarna energija
PM	plinski motor
PN	proizvodna naprava
PR	premog
SDO	sistem daljinskega ogrevanja
SDOH	sistem daljinskega ogrevanja in hlajenja
SE	sončna elektrarna
SPE	soproizvodnja toplote in električne energije
TČ	toplotna črpalka
TE	termoelektrarna
UNP	utekočinjen naftni plin
VE	vetrna elektrarna
ZP	zemeljski plin

1 POVZETEK

- Kazalci učinkovitosti in specifičnih emisij CO₂ sistemov daljinskega ogrevanja in hlajenja (SDOH) so izredno pomembni pokazatelji stanja in uspešnosti delovanja SDOH, še posebej v luči dolgoročnih ciljev prehoda v podnebno nevtralnost.
- Zaradi velikega vpliva kazalnikov SDOH na skoraj nič energijske stavbe - maksimalna dovoljena letna primarna energija za delovanje sistemov stavb v kWh/m² ter doseganje zahtevanega 50 % deleža OVE v stavbah, je hitro izboljšanje kazalnikov obstoječih SDOH ključno za njihov uspešen nadaljnji razvoj.
- Določitev in redno osveževanje faktorjev primarne energije (FPE) in emisijskih faktorjev CO₂ goriv in proizvodnje električne energije v Sloveniji je nujni predpogoj za izračun kazalcev SDOH s strani Agencije za energijo RS (Agencija), ki ga mora zagotavljati pristojno ministrstvo.
- Predlagana metodologija določanja kazalnikov omogoča izračun kazalnikov že na podlagi sedanjega zbiranja podatkov o delovanju SDOH, ki ga izvaja Agencija. V vprašalniku za zbiranje podatkov je potrebno vključiti le zelo omejen nabor dodatnih podatkov, predvsem podatek o lastni rabi električne energije za delovanje SDOH.
- Predlagana metodologija z uporabo metode električnega bonusa za vrednotenje proizvedene električne energije v SDOH (soproizvodnji) je objektivna in enostavna, saj ne zahteva podrobnih podatkov o izkoristkih proizvodnih naprav, zato omogoča enostaven izračun kazalnikov s strani vseh upravljavcev SDOH.
- Predlagana metodologija kazalnikov temelji na določanju kazalnikov na ravni virov oz. proizvodnih naprav daljinske toplote (DT) in daljinskega hlada (DH), kar poleg spremljanja učinkovitosti na ravni sistema omogoča spremljanje učinkovitosti tudi na ravni proizvodnje DT in DH in s tem še bolj usmerjeno ukrepanje.
- Izvedba prvega cikla izračuna kazalnikov bo tudi pomemben učni proces, ki bo z ustrezno evalvacijo omogočil nadgradnjo oz. dopolnitev predlagane metodologije. Ustrezno pozornost pa bo potrebno nameniti tudi pravilni interpretaciji kazalnikov in na njihovi podlagi tudi primerljivost SDOH v Sloveniji.

2 UVOD

Skladno s prenovljeno evropsko Direktivo o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov¹ ter spremenjeno Direktivo o energetske učinkovitosti stavb², Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (ZSROVE)³ v 57. členu distributerjem toplote predpisuje obveščanje odjemalcev o učinkovitosti in izpustih CO₂ sistemov daljinskega ogrevanja in hlajenja (SDOH):

(1) Distributer toplote na svoji spletni strani objavi vrednosti kazalnikov, ki jih na podlagi poslanih podatkov za koledarsko leto za sistem daljinskega ogrevanja in hlajenja preračuna agencija, in sicer:

a) podatek o učinkovitosti sistema daljinskega ogrevanja in hlajenja: doseganje merila učinkovitosti, povprečni letni delež toplote iz obnovljivih virov energije, odvečne toplote in visoko učinkovite sproizvodnje v prodani toploti končnim odjemalcem;

b) vrednost faktorja primarne energije za sistem daljinskega ogrevanja in hlajenja za preteklo koledarsko leto in

c) vrednost izpustov ogljikovega dioksida na enoto dobavljene energije iz sistema daljinskega ogrevanja in hlajenja za preteklo koledarsko leto.

(2) Distributer toplote lahko na svoji spletni strani objavi medletne vrednosti kazalnikov iz prejšnjega odstavka, ki jih preračuna v skladu z aktom agencije.

(3) Distributer toplote letne podatke o učinkovitosti sistema, faktorju primarne energije in vrednosti izpustov ogljikovega dioksida brezplačno pošlje končnemu odjemalcu skupaj z letnim obračunom in na zahtevo.

(4) Agencija s splošnim aktom predpiše način za preračun vrednosti kazalnikov iz prvega odstavka tega člena.

Metodologija določanja kazalnikov ni predpisana, zato države članice same določajo ustrezno metodologijo, glede na okoliščine in usmeritve podnebno energetske politike. Kazalniki niso pomembni samo zaradi spremljanja učinkovitosti in trajnosti SDOH, temveč imajo izredno pomemben vpliv na odjemalce daljinske toplote in hladu, saj skladno s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES), določajo potrebne ukrepe investitorjev za doseganje zahtevane ravni učinkovitosti stavb (maksimalna dovoljena letna primarna energija za delovanje sistemov stavb v kWh/m²) ter doseganje zahtevanega 50 % deleža OVE v skoraj nič energijskih stavbah⁴.

Glavni namen študije je priprava strokovnih podlag za oblikovanje ustrezne metodologije določanja kazalnikov za sisteme daljinskega ogrevanja in hlajenja v Sloveniji, ki jih podajamo ločeno za oskrbo daljinske toplote in daljinskega hladu. Na podlagi izdelanih strokovnih podlag bo Agencija za energijo izdelal splošni akt, ki bo predpisoval način za izračun kazalnikov poročanja SDOH.

V poročilu je razvoj metodologije kazalnikov predstavljen najprej za v Sloveniji prevladujoče sisteme daljinskega ogrevanja (SDO) in oskrbo daljinske toplote (DT), izdelana metodologija pa je neposredno uporabna oz. jo lahko preslikamo tudi na sisteme daljinskega hlajenja (SDH) in oskrbo daljinskega hladu (DH), kar je povzeto na koncu poročila.

¹ DIREKTIVA (EU) 2018/2001 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 11. decembra 2018 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov.

² DIREKTIVA (EU) 2018/844 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 30. maja 2018 o spremembi Direktive 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb in Direktive 2012/27/EU o energetske učinkovitosti.

³ <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO8236>

⁴ Novi pravilnik PURES je v pripravi in tik pred sprejemom.

3 Metodologija določanja faktorjev primarne energije SDO

Metodologija določanja faktorjev primarne energije (FPE) pri oskrbi z daljinsko toploto (DT) v sistemih daljinskega ogrevanja (SDO) ni predpisana, zato države uporabljajo različne pristope in metodologije. Priporočeno pa je sledenje naslednji skupini standardov:

- **ISO 52000-1** - Energijske lastnosti stavb - Krovni standard za ocenjevanje energijskih lastnosti stavb - 1. del: Splošni okvir in postopki (ISO 52000-1:2017),
- **ISO 52003-1** - Energijske lastnosti stavb - Kazalniki, zahteve, opredelitev rabe energije in certifikati, 1. del: Splošni vidiki in uporaba za skupno energijsko lastnost (ISO 52003-1:2017),
- **SIST EN 15316-4-5** - Energijske lastnosti stavb - Metoda za izračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema - 4-5. del: Sistemi za daljinsko ogrevanje in hlajenje,
- **SIST-TP CEN/TR 15316-6-8:2018**: Energijske lastnosti stavb - Metoda za izračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema - 6-8. del: Razlaga in utemeljitev EN 15316-4-5 (daljinsko ogrevanje in hlajenje).

Standardi opredeljujejo različne možne metodološke pristope in podajajo priporočila za izračun, kjer so pomembni naslednji vidiki:

- **FPE za vhodne vire energije v SDO**: standard podaja le privzete vrednosti z uporabo metode LCA, ki pa niso zavezujoče;
- **določanje FPE_{SDO}** :
 - privzete vrednosti FPE za različne tipične proizvodne vire SDO, ali pa
 - določanje dejanskih FPE_{SDO} glede na podatke o obratovanju SDO;
- **nivo natančnosti izračuna FPE_{SDO}** :
 - **enostavni pristop** – SDO obravnavan kot črna škatla – FPE_{SDO} določen preprosto, glede na vhodne in izhodne energetske tokove;
 - **kompleksnejši pristopi** – v izračunu upoštevani podrobnejši podatki o SDO in energetskih tokovih (električna energija, toplota, tehnologija, SPTE idr.);
- **različne metode delitve goriva pri sproizvodnji toplote in električne energije** - ključne:
 - **enostavne – najpogosteje uporabljene**:
 - **električni bonus** – faktor za proizvedeno električno energijo,
 - **izguba električne moči** (zaradi ekstrakcije pare za toploto),
 - **kompleksne - uteženi faktorji za električno energijo in toploto**:
 - **faktor razmerja proizvodnje elektrike in toplote** (IEA-EUROSTAT),
 - **alternativna proizvodnja** – primerjava z ločeno proizvodnjo toplote in električne energije (»Finska« metoda, uporabljena tudi v ETS),
 - **preostala toplota** – primerljiva z metodo električnega bonusa (definiran izkoristek ločene proizvodnje električne energije)
- **časovnega okvira izračuna**:
 - letno
 - več letno povprečje (3 leta),
- **spodnji ali zgornji kalorični vrednosti**.

Vsi navedeni vidiki so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju, skupaj s predlogi metodologije izračuna FPE_{SDO} za Slovenijo.

3.1 FPE vhodnih energentov

FPE energentov podaja razmerje med dovedeno energijo ter za to potrebno primarno energijo⁵, ki vključuje tudi potrebno energijo za proizvodnjo, prenos in dobavo. FPE je sestavljen iz obnovljivega (OVE) in neobnovljivega (nOVE) dela, kot prikazuje spodnja enačba:

$$f_{PS} = f_{POVE} + f_{PnOVE}$$

Tudi določanje FPE energentov ni predpisano, Slovenija pa bo FPE energentov prvič objavila v novem PURES, zato je smiselno, da tudi pri izračunu FPE_{SDO} enotno uporabimo te faktorje.

Med faktorji je tudi izračun FPE za proizvodnjo električne energije v Sloveniji, ki je najbolj specifičen in ga potrebujemo za vrednotenje uporabljene in proizvedene električne energije v SDO. Tabela FPE iz osnutka PURES prikazuje Tabela 4. Tabela je nekoliko splošna in vključuje le skupine energentov, zato Tabela 1 prikazuje podrobnejše uporabljene FPE v študiji (dodana je tudi ocena faktorja za odpadke, skladno z razpoložljivimi podatki ARSO o deležu OVE v Obratu za termično obdelavo odpadkov v Celju⁶).

Tabela 1: Uporabljeni FPE energentov v izračunih

Primarni faktorji energentov			f_{PnOVE}	f_{POVE}	f_{PS}
			[-]	[-]	[-]
Fosilna goriva	trdna	Premog	1,1	0,5	1,1
		Odpadki	0,5		1
	tekoča	ELKO	1,1		1,1
		UNP	1,1		1,1
		plinasta	Zemeljski plin		1,1
Goriva iz biomase	trdna	Lesna biomasa	0,2	1	1,2
	tekoča	Biogoriva	0,5	1	1,5
	plinasta	Bioplin	0,4	1	1,4
Drugi OVE	Sončna en.	Toplota	1,5	1	1
		El. energija		1	1
	Vetna en.	1		1	
	Geotermalna en.	1		1	
	Toplota okolja	1		2,5	
	Odpadki OVE	0		0	
Električna energija	Povpr. Slovenija	1,5	1	2,5	
	100% OVE	0	1	1	
Odvečna toplota		0,0	0,0	0	

⁵ Skladno z Direktivo 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb in Zakonom o učinkoviti rabi energije, je »primarna energija« definirana kot energija iz obnovljivih in neobnovljivih naravnih virov pred katero koli energijsko pretvorbo.

⁶ Po podatkih ARSO je bil ta delež v letu 2020 46,5 %, faktor pa je zaokrožen na 0,5.

Tabela 2: FPE ter specifični izpusti CO₂ iz osnutka PURES

Vrsta energenta		f _{Pnren} (-)	f _{Pren} (-)	f _{Ptot} (-)	k _{CO2} (g/kWh)	
1	fosilna goriva	trdna	1,1	0	1,1	360
		tekoča	1,1	0	1,1	290
		plinasta	1,1	0	1,1	220
		SPTE v stavbi	2 odstavek 14. člena	2 odstavek 14. člena	2 odstavek 14. člena	glede na energent
2	goriva iz biomase	trdna	0,2	1	1,2	40
		tekoča	0,5	1	1,5	70
		plinasta	0,4	1	1,4	100
3	daljinsko ogrevanje in hlajenje	neobnovljivi viri energije	1,3	0	1,3	260
		obnovljivi viri energije	0	1	1	0
			0,0 (sončna in geotermalna energija)	1,0 (sončna in geotermalna energija)	1,0 sončna in geotermalna energija	0,0 za OVE, za ostale energente po dejanskem stanju, določi se posebej za vsak obravnavani primer
			0,33 daljinsko ogrevanje na biomaso	1,28 daljinsko ogrevanje na biomaso	1,61 daljinsko ogrevanje na biomaso	
			0,23 SPTE na biomaso	1,17 SPTE na biomaso	1,4 SPTE na biomaso	
energijsko učinkovito daljinsko ogrevanje in SPTE na fosilna goriva v bližini stavbe ⁷	2 odstavek 14. člena	2 odstavek 14. člena	2 odstavek 14. člena			
4	sončna energija	toplota	0	1	1	
		električna energija	0	1	1	0
5	vetrna energija	0	1	1	0	
6	geotermalna energija	0	1	1	0	
7	toplota okolja (TČ, naravno ogrevanje in hlajenje, aktivno naravno ogrevanje in hlajenje)	0	1	1	0	
8	iz stavbe v omrežje oddana energija	toplota	-	-	1,3	glede na energent
		električna energija	-	-	-2,5	-420
9	električna energija	1,5	1,0	2,5	420	

⁷ Faktorje primarne energije se določi za vsak obravnavani primer posebej na podlagi dejanske sestave energenta, pri tem pa se upoštevajo verodostojne listine, ki dokazujejo deleže energentov.

3.2 Enostavni SDO

Za enostavne SDO (samo s prodajo daljinske toplote, brez nakupov toplote iz drugih sistemov, proizvodnje električne energije idr.) je pristop lahko poenostavljen (pristop črne škatle) z upoštevanjem vhodnih in izhodnih energetskih tokov. Vse letne energetske tokove je potrebno enotno izraziti z uporabo spodnje kurilne vrednosti⁸. Izračun FPE_{SDO} ($f_{P,SDO}$) opisuje naslednja enačba:

$$f_{P,SDO} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{P,VHi}}{DT_{PR}}$$

Kjer je:

- $f_{P,SDO}$ FPE sistema daljinskega ogrevanja – za vse tri FPE - -skupni (PS), OVE in nOVE (-)
- E_{VHi} Raba energentov v SDO (MWh, z uporabo spodnje kurilne vrednosti, vključena tudi električna energija za delovanje SDO – obtočne črpalke idr.)
- $f_{P,VHi}$ FPE za vsak uporabljeni energent – PS, OVE ali nOVE (-)
- DT_{PR} Prodana oz. dobavljena daljinska toplota končnim odjemalcem (MWh)

Enačbo lahko torej z uporabo ustreznih FPE energentov uporabimo za določanje **obnovljivega dela FPE SDO** ($f_{POVE,SDO}$), **neobnovljivega dela FPE SDO** ($f_{PnOVE,SDO}$) ali pa **skupnega FPE SDO** ($f_{PS,SDO}$), ki je vsota prvih dveh, kot prikazuje spodnja enačba.

$$f_{PS,SDO} = f_{POVE,SDO} + f_{PnOVE,SDO}$$

To pomeni, da lahko posamezni FPE izračunamo tudi kot vsoto ali razliko drugih dveh, kot za neobnovljivi del FPE SDO prikazuje spodnja enačba:

$$f_{PnOVE,SDO} = f_{PS,SDO} - f_{POVE,SDO}$$

Primer izračuna za enostavni SDO, s kotlom na lesno biomaso (LB) in kotlom na kurilno olje (ELKO) prikazuje spodnja tabela in enačba (v rabo energentov je vključena tudi raba električne energije za delovanje SDO):

Tabela 3: Primer izračuna FPE za enostavni SDO

[GWh]	FPE _{Energenti}			Energenti		Primarna energija			Prodaja	FPE _{SDO}		
	f_{PnOVE}	f_{POVE}	f_{PS}	E_{VH}	DT_{IZH}	E_{VHnOVE}	E_{VHOVE}	E_{VHS}	DT_{PR}	$f_{PnOVE,SDO}$	$f_{POVE,SDO}$	$f_{PS,SDO}$
Kotel - LB	0,2	1	1,2	40	34,0	8	40	48				
Kotel - ELKO	1,1	0	1,1	10	9,0	11	0	11				
Raba EL SDO	1,5	1	2,5	1		1,5	1	2,5				
SKUPAJ SDO				51	43	21	41	62	37	0,55	1,11	1,66

⁸ Trenutno se le pri prodaji zemeljskega plina uporablja zgornja kalorična vrednost, zaradi konsistentne obravnave vseh energentov zato predlagamo enotno uporabo spodnje kurilne vrednosti v izračunih FPE, za preračun zemeljskega plina v spodnjo kurilno vrednost pa uporabo faktorja 1,11.

$$f_{PS,SDO} = \frac{40 \cdot 1,2 + 10 \cdot 1,1 + 1 \cdot 2,5}{37} = 1,66$$

$$f_{POVE,SDO} = \frac{40 \cdot 1 + 10 \cdot 0 + 1 \cdot 1}{37} = 1,11$$

$$f_{PnOVE,SDO} = \frac{40 \cdot 0,2 + 10 \cdot 1,1 + 1 \cdot 1,5}{37} = 0,55$$

3.3 Kompleksni SDO

V kompleksnejših sistemih imamo lahko več različnih vhodnih virov toplote (tudi nakup iz drugih sistemov), prodajo toplote v različne SDO, proizvodnjo električne energije (soproizvodnja) idr. Izračun FPE SDO ($f_{P,SDO}$) je podoben kot pri enostavnih SDO, vključuje pa tudi prodajo druge energije poleg DT, kar je potrebno odšteti v izračunu FPE, kot prikazuje spodnja enačba:

$$f_{P,SDO} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{P,VHi} - E_{IZH} \cdot f_{P,IZH}}{DT_{PR}}$$

kjer je:

- $f_{P,SDO}$ FPE sistema daljinskega ogrevanja – za vse tri FPE - -skupni (PS), OVE in nOVE (-)
- E_{VHi} Raba energentov v SDO (MWh, spodnja kurilna vrednost, vključena tudi električna energija za delovanje SDO)
- E_{IZH} Prodaja druge energije iz SDO (MWh)
- $f_{P,IZH}$ FPE za prodano energijo iz SDO (-)
- DT_{PR} Prodana oz. dobavljena daljinska toplota končnim odjemalcem (MWh)

3.3.1 Soproizvodnja

Soproizvodnja toplote in električne energije (SPTE) je pomemben vir DT z visokim izkoristkom, kjer pa moramo pri izračunu FPE vhodno primarno energijo ustrezno zmanjšati za gorivo, porabljeno za proizvodnjo električne energije, ki se proda izven SDO.

Spodnja tabela prikazuje primerjavo štirih metod za delitev goriva med električno energijo in toploto v proizvodnih napravah (PN) SPTE, skladno s Standardom SIST-EN 15316-4-5:2017 (Standard) in podaja njihove glavne prednosti in slabosti ter izračun FPE za trenutno prevladujoče tehnologije PN SPTE v SDO (parne turbine na premog (ParT) ter kombiniran cikel (CC) in plinske motorje na zemeljski plin (ICE)).

Tabela 4: Primerjava različnih metod za delitev goriva med električno energijo in toploto v PN SPTE
(Vir: IJS-CEU)

Vir - ime	Princip	Prednosti in slabosti	FPE za toploto	
			Premog (PaT)	Zemeljski plin (CC, ICE)
IEA – Eurostat Statistična metoda	Delitev goriva v razmerju proizvedene energije.	Enostavna Neupoštevanje kvalitete proizvedene energije (vrednost električne energije enaka vrednosti toplote)!?	1,3	1,3
ETS – “Finska” metoda, Standard EN15316-4-5:2017: “ Alternative production ”	Prednosti SPTE se porazdeli sorazmerno med električno energijo in toploto, glede na izkoristke PN SPTE in referenčne izkoristke ločene proizvodnje.	Uravnotežena Zelo podatkovno zahtevna – potrebni izkoristki PN SPTE ter ločene proizvodnje. Manj ugodno za toploto - FPE za toploto ≥ 1.	1,09	1,00
Preostala toplota Standard EN15316-4-5:2017: “ Residual heat ”	Električni energiji se dodeli gorivo kot pri referenčni ločeni proizvodnji (EED, matrika ref. vrednosti).	Toplota razbremenjena – dodeljen manjši delež goriva Faktor za toploto < 1 za sodobne tehnologije SPTE. Zahtevno s stališča podatkov – določanje izkoristkov ločene proizvodnje za vsako PN SPTE.	0,98	0,66
Električni bonus Standard EN15316-4-5:2017: “ Power bonus ”	Električni energiji se dodeli gorivo z enotnim FEP_{EL} za Slovenijo. Bolj enostavno, lažji individualni izračun za SDO.	Toplota razbremenjena – dodeljen manjši delež goriva Faktor za toploto nizek za sodobne tehnologije SPTE in višji za slabše SPTE. Minimalne zahteve za podatke – enostaven izračun za vse SDO.	1,1	0,16

Glede na predstavljene prednosti in slabosti analiziranih metod, za uporabo v Sloveniji predlagamo metodo **Električni bonus**, ki jo kot najbolj pogosto uporabljeno priporoča tudi Standard, kjer je bonus za električno energijo enak trenutni vrednosti FPE za električno energijo (2,5), zaradi naslednjih ključnih prednosti:

- **enostavnost izračuna** - metoda ne zahteva podatkov o dejanskih izkoristkih PN SPTE, saj za delitev goriva zadošča vedno razpoložljiv podatek o neto proizvedeni električni energiji v PN SPTE (podatkovno nezahtevno), enostavnost izračuna pa omogoča hiter in enostaven izračun FPE na ravni vira za vsako PN SPTE (FPE_{DT}), kot tudi na ravni celotnega SDO s PN SPTE (FPE_{SDO}),
- **objektivnost izračuna** – metoda za učinkovitejše tehnologije SPTE daje ugodnejši rezultat za toploto, kriterij pa se bo z zniževanjem FPE_{EL} zaostroval in s tem ohranil stimulacijo za povečevanje učinkovitosti tudi na ravni PN SPTE.

Izračun skupnega FPE za proizvedeno DT v PN SPTE z metodo električnega bonusa opisuje spodnja formula:

$$f_{PS,DT} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{PS,VHi} - EL_{IZH} \cdot f_{PS,EL}}{DT_{IZH}}$$

kjer je:

$f_{PS,DT}$ skupni FPE PN SPTE (-)

E_{VHi} raba energentov PN SPTE (MWh, spodnja kurilna vrednost)

$f_{PS,VHi}$ skupni FPE za vsak uporabljeni energent PN SPTE (-)

EL_{IZH} neto električna energija, proizvedena v PN SPTE v SDO (MWh),

$f_{PS,EL}$ skupni FPE za oskrbo z električno energijo v Sloveniji (2,5),

DT_{IZH} daljinska toplota, proizvedena v PN SPTE (MWh).

Ker je tudi FPE_{EL} za oskrbo z električno energijo v Sloveniji sestavljen iz OVE in nOVE dela (1 oz. 1,5), se pri izračunu FPE_{OVE} in FPE_{nOVE} za PN SPTE upošteva naslednje tri korake:

1. **Izračuna se delež OVE v PN SPTE** glede na delež v vhodnih energentih po spodnji enačbi:

$$DOVE_{DT,SPTE} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot \frac{f_{POVEi}}{f_{PSi}}}{\sum_i E_{VHi}}$$

kjer je:

$DOVE_{DT,SPTE}$ delež toplote PN SPTE proizvedene iz OVE - upoštevan delež OVE v vhodnem energentih z upoštevanjem FPE (-),

E_{VHi} raba energentov v PN SPTE (MWh),

f_{POVEi} in f_{PSi} FPE za vhodne energente PN SPTE.

2. $FPE_{OVE,DT,PN,SPT,E}$ se določi po spodnji enačbi z uporabo $DOVE_{DT,SPT,E}$:

$$f_{POVE,DT} = f_{PS,DT} \cdot DOVE_{DT,SPT,E}$$

3. $FPE_{nOVE,DT,PN,SPT,E}$ pa se določi po spodnji enačbi:

$$f_{PnOVE,DT} = f_{PS,DT} - f_{POVE,DT}$$

Na ta način ohranjamo strukturo FPE glede na vhodni delež OVE, kar je usmeritev Standarda, hkrati pa se izognemo negativnim vrednostim delov FPE, ki bi se lahko pojavile če bi neposredno odštevali $f_{POVE,EL}$ in $f_{PnOVE,EL}$, česar Standard tudi ne dopušča (npr. pri PN SPT,E, ki uporablja le fosilne viře).

Primer izračuna FPE za PN SPT,E, ki uporablja komunalne odpadke in zemeljski plin prikazujeta Tabela 5 in spodnja enačba:

Tabela 5: Primer izračuna FPE DT za PN SPT,E

[GWh]	FPE _{Energenti}			Energenti		Proizvodnja		Primarna energija			FPE _{DT,SPT,E}		
	f_{PnOVE}	f_{POVE}	f_{PS}	E_{VH}	$DOVE_{DT,SPT,E}$	DT_{IZH}	EL_{IZH}	E_{VHnOVE}	E_{VHove}	E_{VHS}	$f_{PnOVE,DT}$	$f_{POVE,DT}$	$f_{PS,DT}$
Komunalni odpadki	0,5	0,5	1	40				20	20	40			
Zemeljski plin	1,1	0	1,1	10				11	0	11			
EL SPT,E	1,5	1	2,5					-15,4	-9,6	-25,0			
SKUPAJ PN SPT,E				50	40%	30	10	15,6	10,4	26,0	0,52	0,35	0,87

$$f_{PS,DT} = \frac{40 \cdot 1 + 10 \cdot 1,1 - 10 \cdot 2,5}{30} = 0,87$$

$$DOVE_{DT,SPT,E} = \frac{40 \cdot \frac{0,5}{1} + 10 \cdot \frac{0}{1,1}}{50} = 0,4$$

$$f_{POVE,DT} = 0,4 \cdot 0,87 = 0,35$$

$$f_{PnOVE,DT} = 0,87 - 0,35 = 0,52$$

3.3.2 FPE virov DT

V kompleksnih SDO, kjer viri DT oddajajo toploto v različne SDO, je smiselno zgoraj opisani pristop izračuna FPE prevesti na raven posameznih proizvodnih naprav oz. virov DT z določitvijo FPE_{DT} za proizvodnjo DT na ravni vira DT, ki ga nato lahko enostavno uporabimo za izračun FPE_{SDO} na ravni SDO.

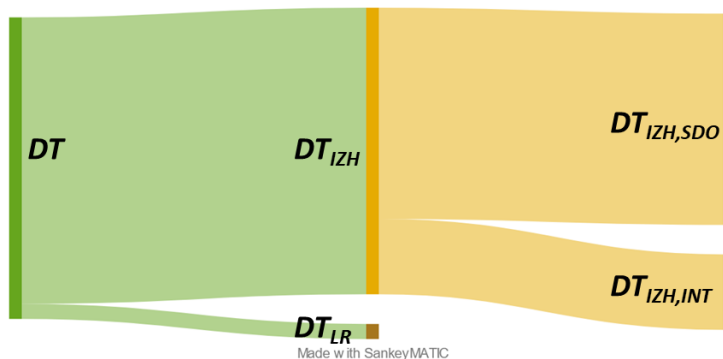
Za izračun FPE za proizvodnjo DT za posamezni vir DT uporabimo naslednje enačbe:

- **Viri DT brez proizvodnje električne energije:**

$$f_{P,DT} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{P,VHi} - E_{IZH} \cdot f_{P,IZH}}{DT_{IZH}}$$

kjer je:

- E_{IZH} drugi energenti (npr. bioplin), ki se proizvajajo v SDO vendar niso DT oz. namenjeni za proizvodnjo DT (MWh),
- DT_{IZH} skupna proizvedena DT vira, ki je bila oddana v SDO ($DT_{IZH,SDO}$) ali drug interni distribucijski sistem ($DT_{IZH,INT}$) (MWh), kot prikazuje Slika 1. Lastna raba toplote, za delovanje SDO (DT_{LR}) se ne vključuje v DT_{IZH} .



Slika 1: Prikaz DT_{IZH} vira DT

- PN SPTE:

$$f_{PS,DT} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{PS,VHi} - E_{LIZH} \cdot f_{PS,EL}}{DT_{IZH}}$$

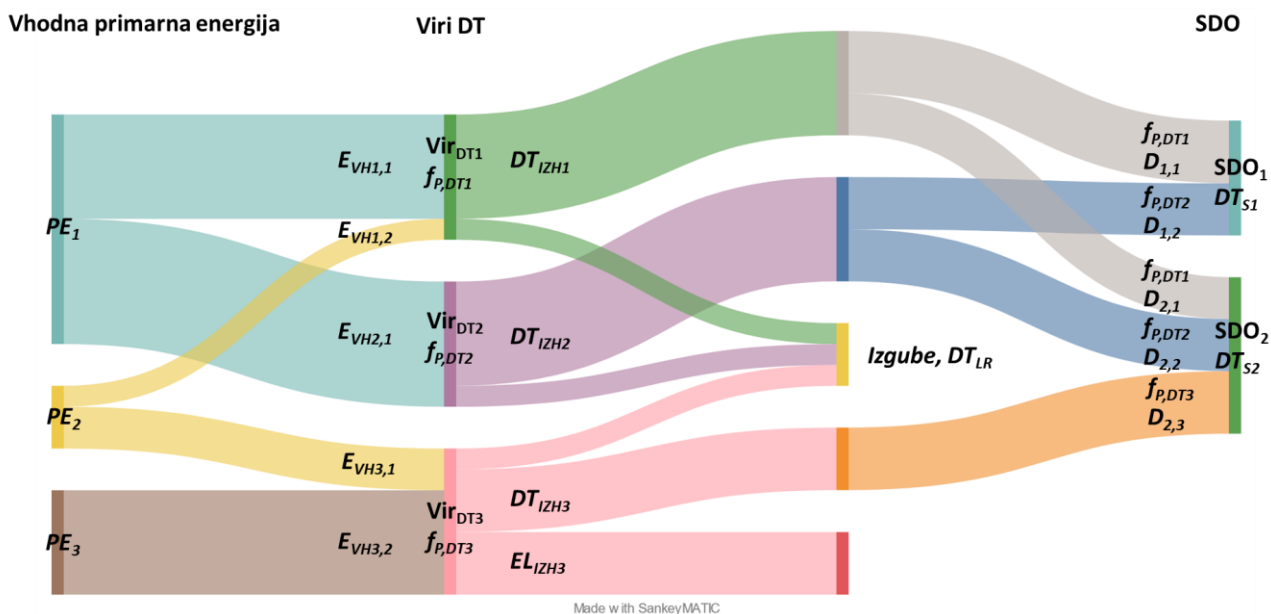
Če je v SDO več virov DT, lahko skupni uteženi FPE_{DT} vseh virov izračunamo z upoštevanjem energijskih deležev virov v skupni dobavljeni DT SDO (DT_S) z uporabo naslednje enačbe:

$$f_{P,DTS} = \sum_i f_{P,DTi} \cdot D_i$$

Kjer je:

- D_i Delež DT vira v skupni dobavljeni DT SDO (DT_S)

Shematski prikaz poteka izračuna za tri vire DT (dva kotla in PN SPTE), ki z DT oskrbujejo dva SDO prikazuje Slika 2. Pri spremenljivkah, kjer sta uporabljena dva indeksa, prvi označuje številko vira DT ali SDO, drugi pa zaporedje spremenljivke posameznega vira ali SDO.



Slika 2: Shematski prikaz izračuna FPE treh virov DT, ki z DT oskrbujejo dva SDO

Primer izračuna FPE posameznih virov DT ter skupnega uteženega FPE vseh virov DT (za PN SPTE in kotel na zemeljski plin ter kotel na LB) prikazuje spodnja Tabela 6 in spodnja enačba:

Tabela 6: Primer izračuna FPE DT za PN SPTE

[GWh]	FPE _{Energenti}			Energenti		Proizvodnja		Primarna energija			FPE _{DT virov}			Deleži
	f_{PnOVE}	f_{POVE}	f_{PS}	E_{VH}	$DOVE_{DTSPTE}$	DT_{IZH}	EL_{IZH}	E_{VHnOVE}	E_{VHnOVE}	E_{VHS}	$f_{PnOVE,DT}$	$f_{POVE,DT}$	$f_{PS,DT}$	D_i
SPTE - ZP	1,1	0	1,1	40		18	16	4	0	4	0,22	0	0,22	41%
Kotel ZP	1,1	0	1,1	10		9		11	0	11	1,22	0	1,22	20%
Kotel LB	0,2	1	1,2	20		17		4,0	20,0	24,0	0,24	1,18	1,41	39%
SKUPAJ DT viri				70	0%	44	16	19,0	20,0	39,0	0,43	0,45	0,89	100%

1. PN SPTE:

$$f_{PS,DT} = \frac{40 \cdot 1,1 - 16 \cdot 2,5}{18} = 0,22 \quad f_{POVE,DT} = 0,22 \cdot \frac{0}{1,1} = 0 \quad f_{PnOVE,DT} = 0,22$$

$$D_i = \frac{18}{44} = 0,41$$

2. Kotel ZP:

$$f_{PS,DT} = \frac{10 \cdot 1,1}{9} = 1,22 \quad f_{POVE,DT} = \frac{0}{9} = 0 \quad f_{PnOVE,DT} = 1,22$$

$$D_i = \frac{9}{44} = 0,2$$

3. Kotel LB:

$$f_{PS,DT} = \frac{20 \cdot 1,2}{17} = 1,41 \quad f_{POVE,DT} = \frac{20 \cdot 1}{17} = 1,18 \quad f_{PnOVE,DT} = \frac{20 \cdot 0,2}{17} = 0,24$$

$$D_i = \frac{17}{44} = 0,39$$

4. Viri skupaj:

$$f_{PS,DTS} = 0,22 \cdot 0,41 + 1,22 \cdot 0,2 + 1,41 \cdot 0,39 = 0,89$$

$$f_{POVE,DTS} = 0 \cdot 0,41 + 0 \cdot 0,2 + 1,18 \cdot 0,39 = 0,46$$

$$f_{PnOVE,DTS} = 0,22 \cdot 0,41 + 1,22 \cdot 0,2 + 0,24 \cdot 0,39 = 0,43$$

3.3.3 FPE SDO

Ko imamo v kompleksnem SDO določene FPE_{DT} za posamezne vire DT, FPE na ravni SDO določimo z upoštevanjem deležev teh virov pri oskrbi s toploto SDO, upoštevati pa moramo še lastno rabo električne energije za delovanje SDO z uporabo naslednje enačbe:

$$f_{P,SDO} = \frac{f_{P,DTS} \cdot DT_S + f_{P,EL} \cdot E_{LLR,SDO}}{DT_{PR}}$$

Kjer je:

$f_{P,DTS}$ Uteženi FPE DT vseh proizvodnih virov DT v SDO (-)

DT_S Skupna DT dobavljena v SDO (MWh)

DT_{PR} Prodana oz. dobavljena daljinska toplota končnim odjemalcem (MWh)

$E_{LLR,SDO}$ Lastna raba električne energije za delovanje SDO (MWh)

$f_{P,EL}$ FPE za proizvodnjo električne energije v Sloveniji (-), ali pa lastni uteženi FPE ($f_{P,EL,SDO}$) če SDO uporablja različne vire električne energije za lastno rabo SDO, z uporabo spodnje enačbe:

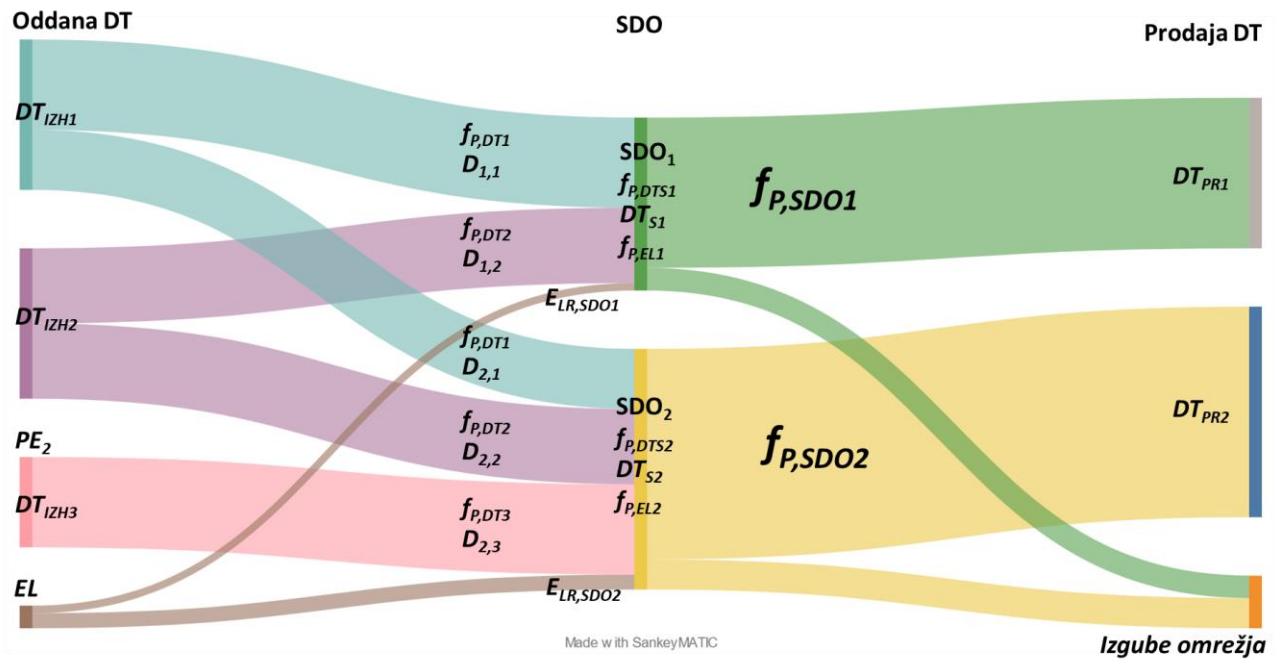
$$f_{P,EL,SDO} = \sum_i f_{P,ELi} \cdot D_{ELi}$$

kjer je:

$f_{P,ELi}$ FPE oskrbe električne energije iz omrežja ali lastnega vira električne energije (-)

D_{ELi} Delež električne energije posameznega vira za lastno rabo SDO (-)

Shematski prikaz poteka končnega izračuna FPE SDO za dva SDO, ki se oskrbujeta z DT iz dveh virov, prikazuje Slika 3. Pri spremenljivkah, kjer sta uporabljena dva indeksa, prvi označuje številko SDO, drugi pa zaporedje spremenljivke posameznega vira v SDO.



Slika 3: Shematski prikaz končnega izračuna FPE SDO dveh SDO, ki se oskrbujeta z DT iz treh virov DT.

4 Metodologija določanja učinkovitosti SDO

Skladno z Direktivo o energetske učinkovitosti in Zakonom o učinkoviti rabi energije (ZURE) morajo biti SDOH učinkoviti skladno z naslednjimi pogoji:

Sistemi daljinskega ogrevanja in hlajenja morajo biti učinkoviti tako, da distributerji toplote na letni ravni zagotovijo toploto iz vsaj enega od naslednjih virov:

- vsaj 50 % toplote proizvedene posredno ali neposredno iz obnovljivih virov energije,
- vsaj 50 % odvečne toplote,
- vsaj 75 % toplote iz sproizvodnje ali
- vsaj 50 % kombinacije toplote iz najmanj dveh virov iz prejšnjih alinej.

Pri določanju učinkovitosti deleže virov določamo v enakem vrstnem redu, kot navedeno v zakonu in podrobneje predstavljeno v nadaljevanju.

4.1 Določanje deleža toplote iz OVE

Standard EN 15316-4-5:2017 za izračun energijskega deleža DT iz OVE ($DOVE_{DT}$) predpisuje pristop, ki upošteva energijski delež OVE v vhodnih primarnih energentih SDO oz. vira DT.

Za enostavne SDO ali vire DT z enim vhodom in izhodom $DOVE_{DT}$ oz. $DOVE_{SDO}$ izračunamo preprosto kot razmerje obnovljivega in skupnega FPE vhodnega energenta:

$$DOVE_{DT} = \frac{f_{POVE}}{f_{PS}}$$

To na primer, za kotel na lesno biomaso, glede na sestavo FPE za lesno biomaso - kjer je delež OVE 83 %, posledično tudi delež proizvedene DT iz OVE enak 83 %, kot prikazuje spodnja slika. Ob določanju deleža $DOVE$ glede na delež OVE v primarni energiji, je pri obnovljivih gorivih (lesna biomasa, bioplin, biogoriva idr.), ki imajo v FPE tudi neobnovljiv del, $DOVE_{DT}$ manjši od 100 % (glede na delež OVE v FPE). To je ključna razlika glede na dosednji pristop, kjer smo celotno DT proizvedeno iz lesne biomase obravnavali kot DT iz OVE.

f_{PnOVE}	f_{POVE}	f_{PS}	$DOVE_{EVH}$
0,2	1	1,2	83%

Slika 4: Primer izračuna $DOVE_{DT}$ za kotel na lesno biomaso

Za vire DT z več različnimi vhodnimi energenti, $DOVE_{DT}$ izračunamo kot uteženo razmerje deležev OVE vhodnih energentov z uporabo naslednje enačbe:

$$DOVE_{DT} = \frac{\sum_i E_{VHi} \frac{f_{POVEi}}{f_{PSi}}}{\sum_i E_{VHi}}$$

Skupni delež toplote iz OVE na ravni SDO ($DOVE_{SDO}$) izračunamo kot uteženo razmerje DT iz OVE vseh virov SDO z uporabo $DOVE_{DT}$ vseh virov SDO z uporabo naslednje enačbe:

$$DOVE_{SDO} = \frac{\sum_i E_{IZHi} \cdot D_{OVEi}}{\sum_i DT_{IZHi}}$$

Primer izračuna $DOVE_{SDO}$ za SDO z več viri DT (PN SPTE na odpadke in ZP, kotel na zemeljski plin ter kotel na LB) prikazuje spodnja tabela in enačba:

Tabela 7: Primer izračuna $DOVE_{SDO}$ za SDO z več viri DT

[GWh]	FPE _{Energenti}			Energenti	Proizvodnja	DOVE _{SDO}
	f_{PnOVE}	f_{POVE}	f_{PS}	E_{VH}	DT _{IZH}	DOVE _{DT}
SPTE Sežigalnica				70	42	43%
Opadki	0,5	0,5	1	60		
Zemeljski plin	1,1	0	1,1	10		
Kotel ZP	1,1	0	1,1	10	9	0%
Kotel LB	0,2	1	1,2	100	85	83%
SKUPAJ SDO				180	136	65%

$$DOVE_{DT,SPTE} = \frac{60 \cdot \frac{0,5}{1} + 10 \cdot \frac{0}{1,1}}{70} = 43\%$$

$$DOVE_{DT,K-ZP} = \frac{0}{1,1} = 0\% \quad DOVE_{DT,K-LB} = \frac{1}{1,2} = 83\%$$

$$DOVE_{SDO} = \frac{42 \cdot 43\% + 9 \cdot 0\% + 85 \cdot 83\%}{136} = 65\%$$

4.2 Določanje deleža odvečne toplote

Pri neposredni uporabi odvečne toplote (OT) je delež OT (DOT_{OT}) enak 100 %. Če pa je za oskrbo OT uporabljen še kakšen dodatni energent (npr. električna energija za pogon TČ, gorivo za dogrevanje ipd.), DOT_{OT} določimo v razmerju deleža OT v skupni proizvedeni DT, kot prikazuje enačba:

$$DOT_{DT} = \frac{E_{VH,OT}}{DT_{IZH}}$$

Skupni delež toplote iz OT na ravni SDO (DOT_{SDO}) izračunamo kot uteženo energijsko razmerje DT iz OT v SDO z uporabo DOT_{DT} vseh virov SDO z uporabo naslednje enačbe:

$$DOT_{SDO} = \frac{\sum_i DT_{IZHi} \cdot DOT_{DTi}}{\sum_i DT_{IZHi}}$$

Primer izračuna prikazuje spodnja tabela in enačba:

[GWh]	E_{VH}	DT_{IZH}	DOT_{DT}	OT_{DT}	DOT_{SDO}
OT-Neposredno		11	100%	11	
OT	11				
OT -Toplotna črpalka		5	80%	4	
OT	4				
EL	1				
Kotel - ZP		9	0%	0	
ZP	10				
SKUPAJ SDO		25		15	60%

$$DOT_{SDO} = \frac{11 \cdot \frac{11}{11} + 5 \cdot \frac{4}{5} + 9 \cdot \frac{0}{9}}{11 + 5 + 9} = \frac{11 \cdot 100 \% + 5 \cdot 80 \% + 9 \cdot 0 \%}{25} = 60 \%$$

4.3 Določanje deleža toplote iz sproizvodnje

Vsa toplota, ki je bila proizvedena v PN SPTE, je toplota iz sproizvodnje⁹, zato je delež toplote iz sproizvodnje vira ($DSPT_{E_{DT}}$) enak 100 %.

Pri PN SPTE, ki kot energent uporablja tudi OVE, pa toploto PN SPTE razdelimo:

1. Toploto proizvedeno iz OVE (skladno s podano metodologijo zgoraj) upoštevamo v izračunu deleža $DOVE_{SDO}$,
2. Kot toploto SPTE za izračun deleža $DSPT_{E_{SDO}}$ pa upoštevamo le preostalo razliko toplote

Delež $DSPT_{E_{DT}}$ vira (PN SPTE) tako določimo z enačbo:

$$DSPT_{E_{DT}} = \frac{DT_{SPTE}}{DT_{IZH}} = \frac{DT_{IZH} - DT_{OVE}}{DT_{IZH}}$$

Delež toplote iz sproizvodnje SDO ($DSPT_{E_{SDO}}$) pa določimo s spodnjo enačbo z uporabo faktorjev $DSPT_{E_{DT}}$ za vse vire SDO ali pa absolutnih vrednosti toplote iz PN SPTE, zmanjšanih za toploto proizvedeno iz OVE:

$$DSPT_{E_{SDO}} = \frac{\sum_i DT_{IZHi} \cdot DSPT_{E_{DTi}}}{\sum_i DT_{IZHi}} = \frac{\sum_i DT_{SPTEi}}{\sum_i DT_{IZHi}}$$

⁹ Toplota iz sproizvodnje je vedno proizvedena z visokim izkoristkom, glede na koristno izrabo te toplote pa ugotavljamo električno energijo, ki je bila proizvedena z visokim izkoristkom.

Primer izračuna $DSPT_{E_{SDO}}$ za kompleksen sistem z dvema enotama SPTE in kotlom prikazuje spodnja tabela in enačbi:

Tabela 8: Primer izračuna $DSPT_{E_{SDO}}$ za kompleksen sistem z dvema enotama SPTE (na zemeljski plin ter zemeljski plin in bioplin) ter kotlom na zemeljski plin

[GWh]	$f_{P_{NOVE}}$	f_{POVE}	f_{PS}	E_{VH}	DT_{IZH}	$DOVE_{DT}$	DT_{OVE}	DT_{SPTE}	$DSPT_{E_{DT}}$	$DOVE_{SDO}$	$DSPT_{E_{SDO}}$
SPTE - ZP				15	6,0	0%	0,0	6,0	100%		
ZP	1,1	0	1,1	15	6,0		0,0	0,0			
SPTE - bioplin + ZP				5	2,5	57%	1,4	1,1	43%		
BP	0,4	1	1,4	4	2,0	71%					
ZP	1,1	0	1,1	1	0,5	0%					
Kotel - ZP				10	9,0	0%		0,0	0%		
ZP	1,1	0	1,1	10	9,0						
SKUPAJ SDO				30	17,5		1,4	7,1		8%	40%

Izračun z upoštevanjem $DSPT_{E_{DT}}$ virov:

$$DSPT_{E_{SDO}} = \frac{6 \cdot 100 \% + 2,5 \cdot 43 \% + 9 \cdot 0 \%}{6 + 2,5 + 9} = \frac{6 + 1,1}{17,5} = 40 \%$$

Izračun z upoštevanjem absolutnih vrednosti toplote iz SPTE:

$$DSPT_{E_{SDO}} = \frac{6 + (2,5 - 1,4)}{6 + 2,5 + 9} = \frac{6 + 1,1}{17,5} = 40 \%$$

4.4 Končni izračun učinkovitosti SDO

Z določitvijo deležev DT iz vseh treh trajnostih virov (OVE, OT in SPTE) učinkovitost SDO izrazimo na dva načina:

1. **Kvalitativno: SDO je UČINKOVIT**, če je izpolnjen vsaj eden izmed spodnjih pogojev iz ZURE:

$$DOVE_{SDO} \geq 50 \%$$

$$DOT_{SDO} \geq 50 \%$$

$$DSPT_{E_{SDO}} \geq 75 \% \text{ ali}$$

$$DOVE_{SDO} + DOT_{SDO} + DSPT_{E_{SDO}} \geq 50 \%$$

Sicer je SDO **NEUČINKOVIT**.

2. **Kvantitativno: z vsoto deležev trajnostnih virov DT v SDO ($DOVE_{SDO} + DOT_{SDO} + DSPT_{E_{SDO}}$).** Ta kazalec sicer ni predpisan, podaja pa uporabno sumarno informacijo glede deleža trajnostih virov DT v SDO.

5 Metodologija določanja kazalnika specifičnih emisij CO₂ SDO

Pri določanju kazalnika specifičnih emisij CO₂ SDO ($f_{CO_2,SDO}$) upoštevamo naslednja izhodišča:

- **Obseg vključenih emisije CO₂:** v izračun kazalnika se vključijo:
 - direktne emisije pri zgorevanju goriv v SDO (»Obseg 1« Protokola GHG¹⁰)
 - posredne emisije rabe električne energije v SDO (»Obseg 2« Protokola GHG)
- **Emisijski faktorji za goriva:** uporabijo se Značilni emisijski faktorji za Slovenijo, ki jih za poročanje ETS objavlja ARSO (Tabela 9)¹¹. Za večje proizvodne naprave, ki so vključene v emisijsko trgovanje (ETS) in bolj natančno določajo emisijske faktorje (npr. za premog v TEŠ in TE-TOL), se uporabijo emisijski faktorji iz letnega poročila o emisijah.
- **Slovenski faktor specifičnih emisij pri proizvodnji električne energije:** predlagamo uporabo slovenskega faktorja specifičnih emisij pri proizvodnji električne energije iz Pravilnika PURES (420 gCO₂/kWh_{EL}). Ta faktor je nekoliko nižji od emisijskega faktorja za izračun zmanjšanja izpustov CO₂ iz Priloge III Pravilnika o metodah za določanje prihrankov energije (490 gCO₂/kWh_{EL})¹² ali privzete vrednosti za električno energijo iz Standarda (480 gCO₂/kWh_{EL}) ter večji od kazalca Izpusti CO₂ na enoto električne energije, ki ga izračunava in [objavlja IJS-CEU](#) (Slika 5), ki se zadnja leta giblje okrog 360 gCO₂/kWh_{EL}.



Slika 5: Specifične emisije CO₂ pri končni rabi električne energije v Sloveniji (vir: IJS-CEU)

- Izračun ne vključuje emisij CO₂ pri proizvodnji in transportu porabljenih goriv (brez LCA oskrbe energentov).

V izračunih uporabljene emisijske faktorje povzema Tabela 10.

¹⁰ GHG protokol je globalno uveljavljen standard za določanje oljčnega odtisa na ravni podjetij in je zato ustrezna podlaga za določanje emisij na ravni SDO <https://ghgprotocol.org>.

¹¹ Emisijski faktorji so določeni tudi v PURES, vendar le za posamezne skupine goriv (trdna, tekoča, plinasta) ter z upoštevanjem primarne energije, kar ni skladno s pristopom vključevanja le neposrednih emisij pri zgorevanju goriv.

¹² Pravilnik o metodah za določanje prihrankov energije (Uradni list RS, št. [57/21](#)).

Tabela 9: Značilne neto kalorične vrednosti in emisijski faktorji za leto 2021 (vir: ARSO)

Gorivo	kurilnost- neto kalorična vrednost	emisijski faktor
	TJ/10 ³ t	t CO ₂ /TJ
Trdna goriva		
Rjavi premog (uvožen)	18,9	96,1
Črni premog	25,8	94,6
Koks	29,3	107
Odpadne gume	27,2	85
Odpadki iz plastike	35,7	91,7
Trdni odpadki iz proizvodnje farmacevtskih učinkovin	37	67,03
Manj gorljivi trdni odpadki iz proizvodnje farm. učink.	0,8	300
Odpadne živalske maščobe	39,2	0
Lesna biomasa	15,6	0
Papir (pri proizvodnji opeke)	15	0
Mesno-kostna moka	19	0
Mulji iz čistilnih naprav	9,3	0
Tekoča goriva		
Ekstra lahko kurilno olje	42,6 (36,0 TJ/10 ⁶ litrov) *	74,1
Kurilna olja (lahka srednja in težka)	41,42	77,4
Plinsko olje (diesel)	42,6 (36,0 TJ/10 ⁶ litrov) *	74,1
Bencin	43,85 (33,1 TJ/10 ⁶ litrov) *	69,3
Utekočinjen naftni plin (UNP)	46,05	63,1
Petrolkoks	32,5	97,5
Odpadne emulzije	21	70,27
Odpadna organska topila	25	103,2
Odpadna olja	40,2	73,3
Stiren	42,1	80,29
Aceton	31,4	72,62
Ostali tekoči odpadki	40,2	73,3
Keramično olje	48,78	63,62
Hlapne organske snovi	47,8	61,6
Plinasta goriva		
Zemeljski plin	0,034087 TJ/10 ³ Sm ³	55,29
Zemeljski plin	0,035972 TJ/10 ³ Nm ³	55,29
Formalinski plini	0,0027 TJ/10 ³ Nm ³	29,1
Bioplín	0,02045 TJ/10 ³ Nm ³	0

Tabela 10: Uporabljeni emisijski faktorji CO₂ energentov v izračunih študije

Emisijski faktorji energentov			f_{CO_2}
			[g/kWh]
Fosilna goriva	trdna	Premog	341
		Odpadki	250
	tekoča	ELKO	267
		UNP	227
	plinasta	Zemeljski plin	199
Goriva iz biomase	trdna	Lesna biomasa	0
	tekoča	Biogoriva	0
	plinasta	Bioplín	0
Drugi OVE	Sončna en.	Toplota	0
		El. energija	0
	Vetna en.		0
			0
	Geotermalna en.		0
	Toplota okolja		0
Odpadki OVE		0	
Električna energija	Povpr. Slovenija		420
	100% OVE		0
Odvečna toplota			0

5.1 Enostavni SDO

Za enostavne SDO (samo s prodajo DT v tem SDO ter brez proizvodnje električne energije) je pristop lahko poenostavljen z upoštevanje emisij vseh vhodnih energetskega tokov ter prodane oz. dobavljene DT. Izračun kazalnika $f_{CO_2,SDO}$ opisuje enačba:

$$f_{CO_2,SDO} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{CO_2,VHi}}{DT_{PR}}$$

Kjer je:

- $f_{CO_2,SDO}$ kazalnik specifičnih emisij CO₂ SDO (gCO₂/kWh)
- $f_{CO_2,VHi}$ emisijski faktor za vsak uporabljeni energent ter električno energijo za delovanje SDO (gCO₂/kWh) – v primeru več virov oskrbe z električno energijo
- E_{VHi} Raba energentov v SDO (MWh, spodnja kurilna vrednost)
- DT_{PR} Prodana oz. dobavljena daljinska toplota končnim odjemalcem (MWh)

5.2 Kompleksni SDO

Metodologijo izračuna kazalnika v kompleksnejših sistemih z več različnimi izhodnimi energetskega tokovi (npr. lastno proizvodnjo električne energije, prodajo toplote v različne sisteme ipd.) prikazuje spodnja enačba:

$$f_{CO_2,SDO} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{CO_2,VHi} - \sum_i E_{IZHi} \cdot f_{CO_2,IZHi}}{DT_{PR}}$$

kjer je:

- E_{IZHi} prodaja druge energije ali DT v druge SDO (MWh)
- $f_{CO_2,IZHi}$ emisijski faktor izhodnih energijskih tokov (kgCO₂/MWh)

Za druge izhodne energijske tokove moramo določiti oz. uporabiti privzete emisijske faktorje, predvsem za proizvedeno električno energijo v PN SPTE¹³.

V primeru kompleksnejših SDO, kjer prihaja do prodaje DT več različnim SDO, pa je smiselno uporabiti pristop z izračunom emisijskih faktorjev na ravni virov, podobno kot pri izračunu FPE. Izračun izvedemo v štirih korakih:

¹³ Za PN SPTE, ki s svojo proizvodnjo nadomeščajo fosilno proizvodnjo električne energije pozimi – predvsem iz premoga (več kot 800 gCO₂/kWh_{EL}), bi lahko uporabili celo poseben višji emisijski faktor od privzetega povprečnega za oskrbo z električno energijo v Sloveniji

1. Izračun kazalnika vira $f_{CO_2,DT}$:

$$f_{CO_2,DT} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{CO_2,VHi} - \sum_i E_{IZHi} \cdot f_{CO_2,IZHi}}{DT_{IZH}}$$

2. Izračun deleža vira D_i :

$$D_i = \frac{DT_{IZHi}}{DT_S}$$

kjer je

DT_{IZHi} DT, ki jo v SDO dobavlja vir i (MWh)

DT_S Skupna proizvedena oz. dobavljena toplota v SDO (MWh)

3. Izračun skupnega kazalnika vseh virov DT $f_{CO_2,DTS}$:

$$f_{CO_2,DTS} = \sum_i f_{CO_2,DTi} \cdot D_i$$

kjer je

$f_{CO_2,DTS}$ Kazalnik specifičnih emisij CO₂ vse dobavljene toplote v SDO (skupni uteženi kazalnik vseh virov DT v SDO)(gCO₂/kWh)

4. Izračun skupnega kazalnika SDO $f_{CO_2,SDO}$ z vključitvijo še rabe električne energije za delovanje SDO:

$$f_{CO_2,SDO} = \frac{f_{CO_2,DTS} \cdot DT_S + f_{CO_2,EL} \cdot EL_{LR,SDO}}{DT_{PR}}$$

kjer je

DT_S Skupna DT virov dobavljena v SDO (MWh)

$EL_{LR,SDO}$ Lastna raba električne energije za delovanje SDO (MWh)

$f_{CO_2,EL}$ Faktor emisij CO₂ za proizvodnjo električne energije v Sloveniji, ali pa lastni (uteženi) faktor glede na vire električne energije SDO (gCO₂/kWh)

DT_{PR} Prodana oz. dobavljena daljinska toplota končnim odjemalcem (MWh)

Primer izračuna kazalnika za SDO s tremi viri – PN SPTE za termično obdelavo odpadkov, kotlom na zemeljski plin ter kotlom na lesno biomaso, prikazuje Tabela 11 in spodnje enačbe:

Tabela 11: Primer izračuna kazalnika $f_{CO_2,SDO}$ za kompleksen SDO s tremi viri DT ter sončno elektrarno za delno pokrivanje lastne rabe električne energije za delovanje SDO.

[GWh]	Energenti	Proizvodnja		f_{CO_2}	$f_{CO_2,DT}$	Di	$EL_{LR,SDO}$			Prodaja DT
	E_{VH}	DT_{IZH}	EL_{IZH}	[g/kWh]	[g/kWh]	[%]	Skupaj	Omrežje	Sončna el.	DT_{PR}
SPTe Sežigalnica	100	65	15	420	182	41%	$f_{CO_2,EL}$			135
Odpadki	80			177						
Zemeljski plin	20			199			280	420	0	
Kotel ZP	10	9		199	221	6%				$f_{CO_2,SDO}$
Kotel LB	100	85		0	0	53%				
SKUPAJ SDO	210	159	15	$f_{CO_2,DTS}$	87	100%	3	2	1	108

1. PN SPTe:

$$f_{CO_2,DT1} = \frac{80 \cdot 177 + 20 \cdot 199 - 15 \cdot 420}{65} = 182 \text{ g/kWh} \quad D_1 = \frac{65}{159} = 0,41$$

2. Kotel ZP:

$$f_{CO_2,DT2} = \frac{10 \cdot 199}{9} = 221 \text{ g/kWh} \quad D_2 = \frac{9}{159} = 0,06$$

3. Kotel LB:

$$f_{CO_2,DT3} = \frac{100 \cdot 0}{85} = 0 \text{ g/kWh} \quad D_3 = \frac{85}{159} = 0,53$$

4. Viri skupaj:

$$f_{CO_2,DTS} = 182 \cdot 0,41 + 221 \cdot 0,06 + 0 \cdot 0,53 = 87 \text{ g/kWh}$$

5. SDO skupaj:

$$f_{CO_2,SDO} = \frac{87 \cdot 159 + (2 \cdot 420 + 1 \cdot 0)}{135} = 108 \text{ tCO}_2$$

6 Izračun kazalnikov za SDO v Sloveniji

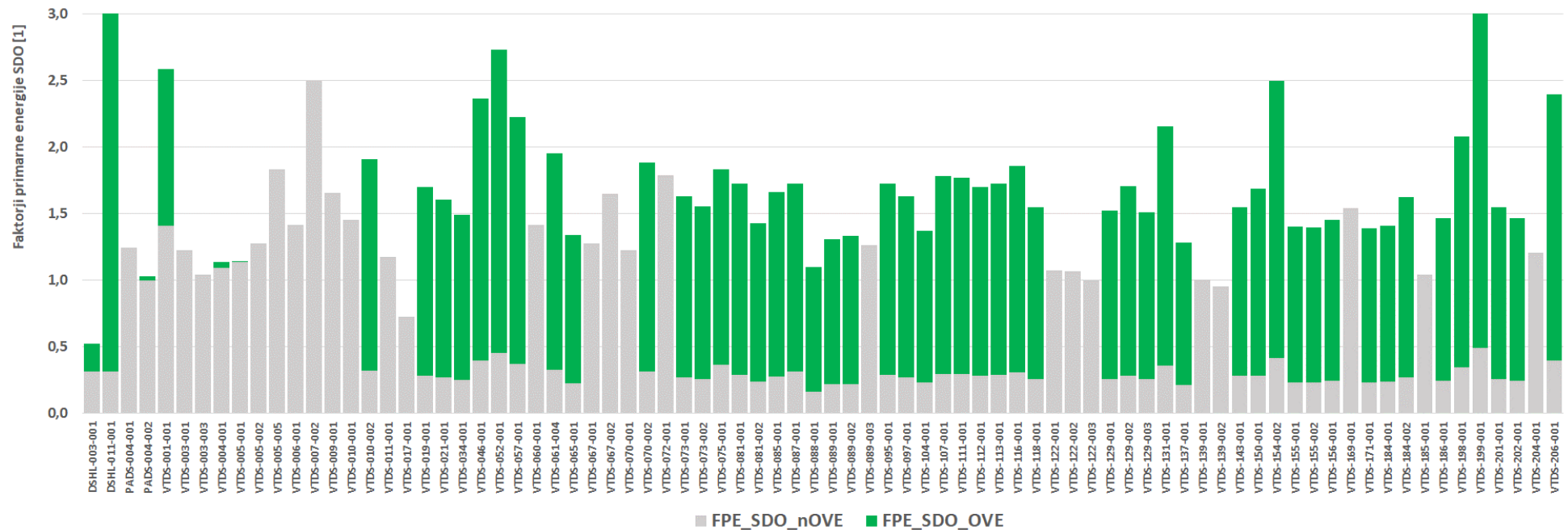
Agencija za energijo RS (Agencija) že zbira širok nabor podatkov o delovanju SDO, ki so neposredno uporabni za izračun vseh predstavljenih kazalnikov učinkovitosti SDO. Shematski prikaz izračuna kazalnikov SDO z opisom potrebnih podatkov za izračun ter vire teh podatkov, prikazuje Tabela 12.

Iz prikazanega je razvidno, da za izračun kazalnikov ni potrebno vzpostaviti novega zbiranja podatkov, saj trenutni vprašalnik vključuje veliko večino potrebnih podatkov. Z nekaj manjšimi dopolnili in pojasnili k vprašalniku bi lahko zagotovili zbiranje vseh potrebnih podatkov za izračun, kar je podrobneje opisano v naslednjem poglavju.

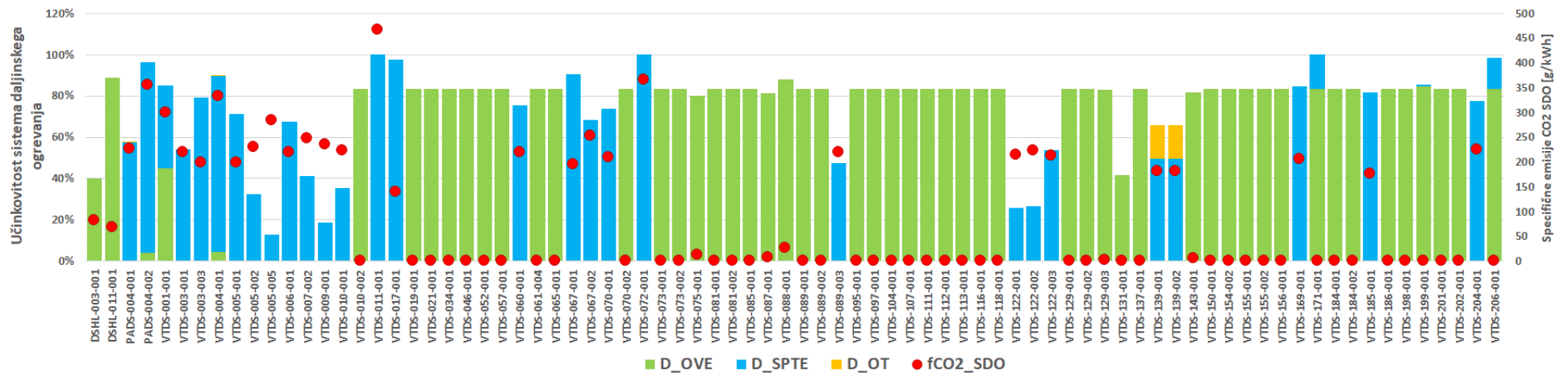
Tabela 12: Shematski prikaz izračuna kazalnikov in zajema potrebnih podatkov za izračun

$f_{P,DT} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{P,VHi} - E_{IZH} \cdot f_{P,IZH}}{DT_{IZH}}$	$f_{P,DT}$	E_{VHi}^{14}	E_{IZH}	DT_{IZH}	$f_{P,IZH}$	$f_{P,VHi}$
	Faktor primarne energije vira daljinske toplote.	Raba energentov v posameznem viru DT	Drugi energenti (npr. bioplin), ki se proizvajajo v SDO vendar niso DT oz. namenjeni za proizvodnjo DT	Skupna proizvedena DT vira, ki je bila oddana v SDO ali drug interni distribucijski sistem	FPE za druge energente, ki se proizvajajo v SDO vendar niso DT oz. namenjeni za proizvodnjo DT	FPE za vhodna goriva
		Vir: Agencija, anketni obrazec »Proizvodnja toplote za potrebe distribucijskih sistemov ogrevanja«, za posamezno leto. - Tabela 3: PODATKI O PORABI GORIVA V PROIZVODNIH ENOTAH			- Tabela 4: PODATKI O REALIZACIJI PROIZVODNIH ENOT	Vir: Privzete nacionalne vrednosti iz Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES)
$f_{P,SDO} = \frac{f_{P,DTS} \cdot DT_S + f_{P,EL} \cdot EL_{LR,SDO}}{DT_{PR}}$	$f_{P,DTS}$		DT_S	DT_{PR}	$f_{P,EL}$	$EL_{LR,SDO}$
	$f_{P,DTS} = \sum_i f_{P,DTi} \cdot D_i$		Skupna predana DT v SDO. V primeru, da je virov več, vsota DT vseh virov.	Prodana oz. dobavljena DT končnim odjemalcem SDO.	FPE za električno energijo	Lastna raba električne energije za delovanje SDO.
	$f_{P,DTS}$ - Skupni uteženi FPE _{DT} vseh virov če je v SDO več virov DT.		Vir: Agencija, anketni obrazec »Proizvodnja toplote za potrebe distribucijskih sistemov ogrevanja«, za posamezno leto.		Vir: Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES)	Podatka o $EL_{LR,SDO}$ AgenRS trenutno še ne zbira.
	D_i - Delež DT vira v skupni dobavljeni DT SDO.		- Tabela 6: SPLOŠNI PODATKI O DISTRIBUCIJSKIH SISTEMIH V UPRAVLJANJU.			
$f_{CO_2,DT} = \frac{\sum_i E_{VHi} \cdot f_{CO_2,VHi} - \sum_i E_{IZHi} \cdot f_{CO_2,IZHi}}{DT_{IZH}}$	$f_{CO_2,VHi}$			$f_{CO_2,IZHi}$		
	Emisijski faktor za vsak uporabljeni energent			Emisijski faktor izhodnih energijskih tokov		
	Vir: Značilni emisijski faktorji za Slovenijo, ki jih za poročanje ETS objavlja ARSO					
$f_{CO_2,SDO} = \frac{f_{CO_2,DTS} \cdot DT_S + f_{CO_2,EL} \cdot EL_{LR,SDO}}{DT_{PR}}$	$f_{CO_2,SDO}$	$f_{CO_2,DTS}$	$f_{CO_2,EL}$			
	Kazalnik specifičnih emisij CO ₂ SDO	Izračunan faktor emisij CO ₂ na ravni vira DT	Vir: Faktor emisij CO ₂ za proizvodnjo električne energije v Sloveniji (PURES) ali pa lastni (uteženi) faktor glede na vire električne energije SDO			

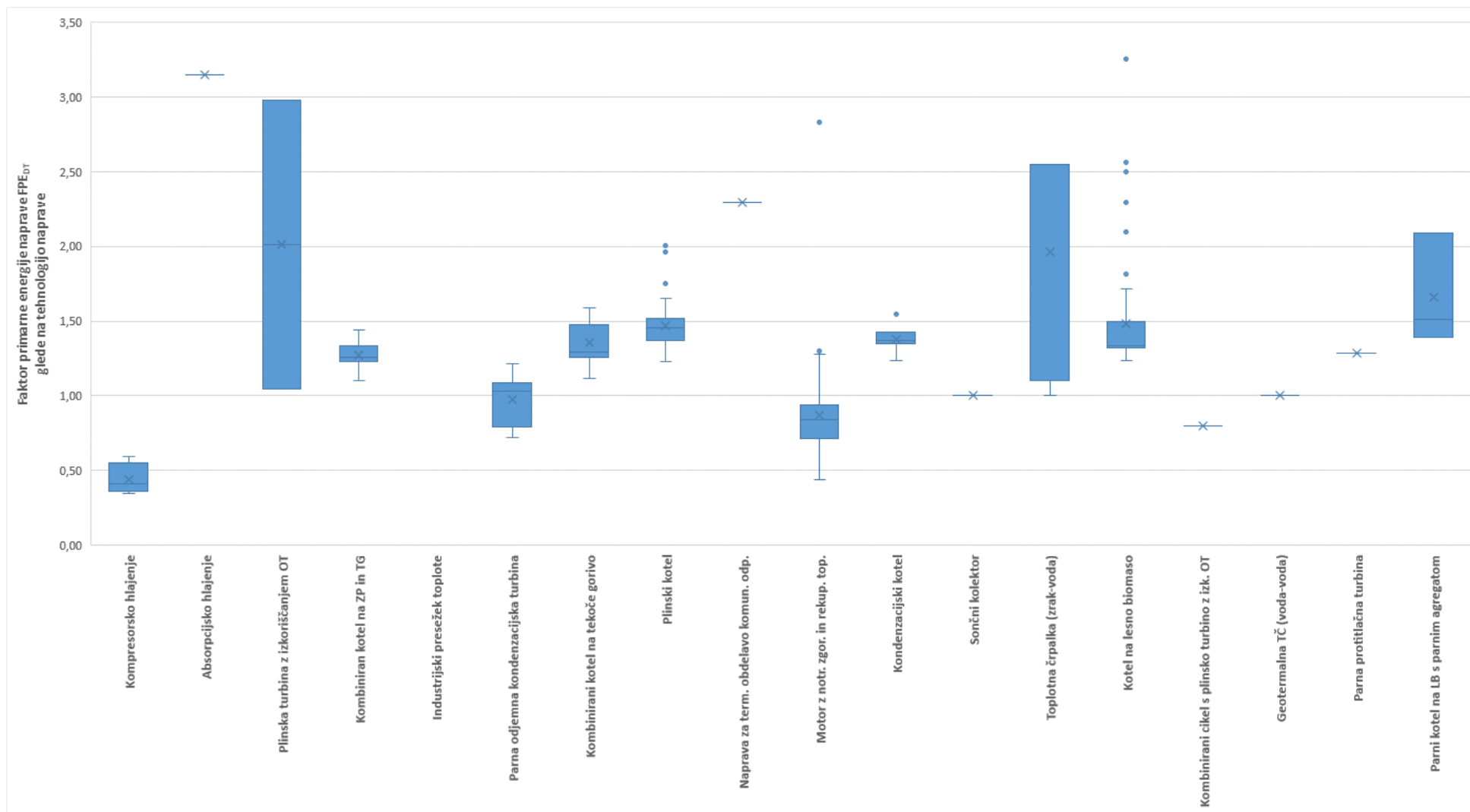
¹⁴ Agencija od podjetji zbira podatke o rabi zemeljskega plina po zgornji kurilni vrednosti, ki jo je za potrebe izračunov kazalnikov potrebno preračunati v spodnjo kurilno vrednost (delitveni faktor 1.117), da zagotovimo skladnost z ostalimi gorivi, kjer se podatki zbirajo v spodnji kurilni vrednosti.



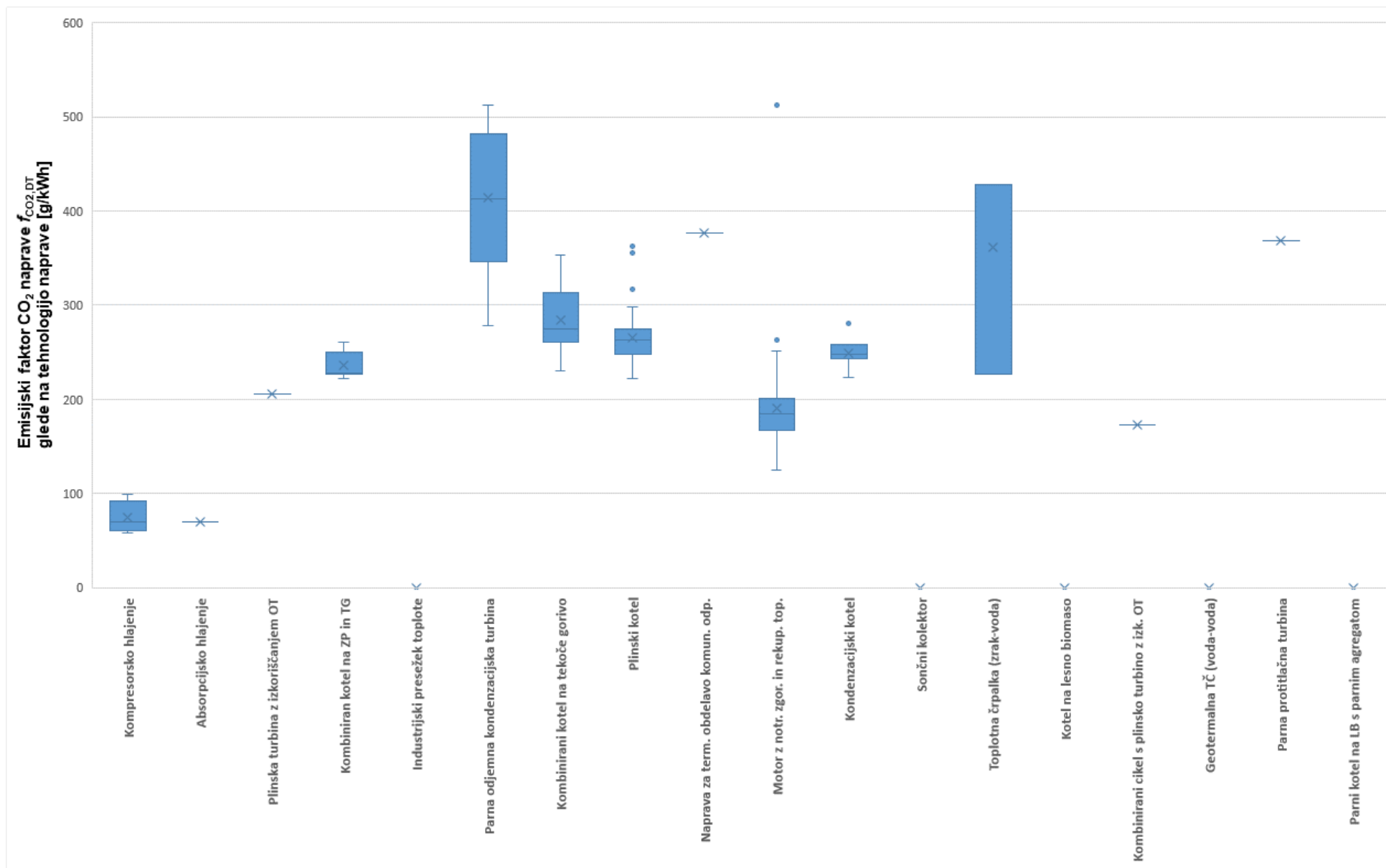
Slika 6: FPE SDO – neobnovljivi in obnovljivi del



Slika 7: Deleži obnovljive, odvečne in toplote proizvedeni v soproizvodnji ter specifične emisije CO2 SDO v Sloveniji



Slika 8: Razponi FPE posameznih tehnologij v SDO



Slika 9: Razponi specifičnih emisij CO₂ po posameznih tehnologijah v SDO

7 Kazalci sistemov daljinskega hlajenja

Z uporabo opisane metodologije, lahko na enak način izračunamo tudi kazalce za sisteme daljinskega hlajenja (SDH). Ker so ti sistemi običajno povezani s SDO, gre za kompleksne sisteme, ki jih obravnavamo s pristopom izračunom faktorjev na ravni proizvodnih virov.

Primer izračuna kazalcev za kompleksni SDH v Velenju prikazuje in spodnje enačbe:

Tabela 13: Primer izračuna kazalcev učinkovitosti za DHS Velenje

SDH Velenje	E_{VH}		DH_{IZH}	FPE _{Energenti}			FPE _{Viri}			D_i	DH_{PR}
	Energent	MWh		MWh	f_{PnOVE}	f_{POVE}	f_{PS}	$f_{PnOVE,DH}$	$f_{POVE,DH}$		
Absorpcijsko hlajenje	Toplota vroče vode	216	79	0,828	0,000	0,828	2,26	0,00	2,26	86%	
Kompresorsko hlajenje	Električna energija	4	13	1,5	1,0	2,5	0,46	0,31	0,77	14%	
SKUPAJ		220	92				$f_{PnOVE,DHS}$	$f_{POVE,DHS}$	$f_{PS,DHS}$	100%	71,5
							2,01	0,04	2,05		
							$f_{PnOVE,SDH}$	$f_{POVE,SDH}$	$f_{PS,SDH}$		
							2,58	0,06	2,64		

DHS vključuje absorpcijske in kompresorske hladilne naprave (HN). DT (vroča voda), ki je vhodni energent za absorpcijsko HN, prihaja po vročevodu iz treh PN SPTE v Šoštanju, zato moramo najprej izračunati FPE tega vira DT, podatke o treh PN pa prikazuje Tabela 14

Tabela 14: Podatki o obratovanju in kazalcih treh PN SPTE v Šoštanju

Viri vroče vode (DT)	DT_{IZH}	D_i	$f_{PnOVE,DTi}$	$f_{POVE,DTi}$	$f_{PS,DTi}$	$f_{CO2,DT}$ [g/kWh]
TEŠ Blok 6	257.471	81%	0,72	0,00	0,72	424
TEŠ Blok 5	48.346	15%	1,02	0,00	1,02	477
Plinski turbini SGT	13.872	4%	2,12	0,00	2,12	577
SKUPAJ	319.689	100%	$f_{PnOVE,DTS}$	$f_{POVE,DTS}$	$f_{PS,DTS}$	$f_{CO2,DTS}$
			0,83	0,00	0,83	438

Skladno z opisano metodologijo in FPE za vhodne energente izračunamo FPE DT vseh treh virov ($f_{P,DTi}$) in z uporabo njihovih deležev v skupni proizvedeni DT (D_i) določimo skupni FPE vseh treh virov ($f_{P,DTS}$), kot prikazuje Tabela 14. $f_{P,DTS}$ je FPE vhodnega energenta za absorpcijsko HN, $f_{P,EL}$ pa za kompresorski agregat.

Najprej izračunamo FPE virov obeh HN (Tabela 15) : E_{VHi} pomnožimo s FPE energentov ter delimo z DH_{IZHi} .

Tabela 15: FPE virov – obe HN

FPE _{Viri}	$f_{PnOVE,DH}$	$f_{POVE,DH}$	$f_{PS,DH}$	D_i
	2,26	0,00	2,26	86%
	0,46	0,31	0,77	14%

Skupni uteženi FPE obeh virov ($f_{P,DHS}$) izračunamo z uporabo deležev D_i obeh virov – izračun $f_{PS,DHS}$ pa prikazuje spodnja enačba:

$$f_{PS,DHS} = \sum_i f_{PS,DHi} \cdot D_i = 2,26 \cdot 0,86 + 0,77 \cdot 0,14 = 2,05$$

FPE SDH ($f_{P,SDH}$) pa izračunamo z upoštevanjem prodanega hladu (DH_{PR}), izračun $f_{PS,SDH}$ pa prikazuje spodnja enačba:

$$f_{PS,SDH} = \frac{DH_{IZH} \cdot f_{PS,DHS}}{DH_{PR}} = \frac{92 \cdot 2,05}{71,5} = 2,64$$

$f_{PnOVE,SDH}$	$f_{POVE,SDH}$	$f_{PS,SDH}$
2,58	0,06	2,64

Na enak način izračunamo še neobnovljivi in obnovljivi del FPE_{SDH} :

Izračun **kazalca specifičnih emisij CO₂ SDH** pričnemo z izračunamo kazalcev vseh treh virov DT ($f_{CO_2,DTi}$):

E_{VH} pomnožimo z emisijskim faktorjem vhodnega energenta ($f_{CO_2,VHi}$) in delimo s proizvedeno DT vira (DT_{IZH}), rezultat pa prikazuje Tabela 14. Z uporabo deležev D_i vseh treh virov izračunamo uteženi skupni kazalec vseh treh virov ($f_{CO_2,DTS}$), ki je 438 gCO₂/kWh in je vhodni emisijski faktor za absorpcijsko HN (za kompresorsko HN uporabimo emisijski faktor za proizvodnjo električne energije).

Kazalca specifičnih emisij CO₂ za oba vira ($f_{CO_2,DHi}$) izračunamo po spodnji enačbi, ki prikazuje izračun kazalca za absorpcijsko HN:

$$f_{CO_2,DHi} = \frac{E_{VHi} \cdot f_{CO_2,VHi}}{DH_{IZHi}} = \frac{216 \cdot 438}{79} = 1.198 \text{ gCO}_2/\text{kWh} \text{ (129 gCO}_2/\text{kWh za drugi vir)}$$

Skupni kazalec za oba vira DH pa upoštevanjem deležev D_i obeh HN z enačbo

$$f_{CO_2,DHS} = \sum_i f_{CO_2,DHi} \cdot D_i = 1.198 \cdot 0,86 + 129 \cdot 0,14 = 1.047 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$$

Končni kazalec SDH izračunamo z upoštevanjem proizvedenega in prodanega DH, kot prikazuje spodnja enačba, rezultate pa Tabela 16:

$$f_{CO_2,SDH} = \frac{DH_{IZH} \cdot f_{CO_2,DHS}}{DH_{PR}} = \frac{92 \cdot 1.047}{71,5} = 1.348 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$$

Tabela 16: Specifični kazalci emisij CO₂ in učinkovitosti SDH

Kazalci CO ₂		Učinkovitost SDH			
$f_{CO_2,VH}$	$f_{CO_2,DH}$	$DOVE_{vira}$	DOT_{vira}	$DSPE_{vira}$	$DOstalo_{vira}$
438	1.198	0%		100%	0%
420	129	40%		0%	60%
$f_{CO_2,DHS}$		DH_{OVE}	DH_{OT}	DH_{SPE}	DH_{Ostalo}
1.047		4	0	61	6
$f_{CO_2,SDH}$		$DOVE_{DH}$	DOT_{DH}	$DSPE_{DH}$	$DOstalo_{DH}$
1.348		6%	0,0%	86%	8,5%

Za ugotavljanje **učinkovitosti SDH** določimo deleže vseh trajnostnih virov DH:

- **DOVE_{SDH}**: najprej izračunamo DOVE za oba vira DH – kot razmerje obnovljivega in skupnega FPE vhodnih energentov, končni delež DOVE_{SDH} pa z uporabo deležev obeh virov (D_i), kot prikazuje spodnja enačba:

$$DOVE_{SDH} = \sum_i DOVE_{DHi} \cdot D_i = 0 \cdot 0,86 + 0,4 \cdot 0,14 = 6 \%$$

- **DOT_{SDH}**: tega vira ni v SDH
- **DSPT_{SDH}**: vsa DT za absorpcijsko HN prihaja iz SPTE, zato je ves proizvedeni DH proizveden iz SPTE (DSPTEDH = 100%), glede na delež v skupni proizvodnji pa je **DSPT_{SDH}** enak 86 %

Skupna vsota vseh treh deležev trajnostnih virov je 92%, kar pomeni, da je SDH učinkovit (Tabela 16).

8 Zaključki in priporočila

Predlagamo naslednja dopolnila obstoječega vprašalnika:

1. **Raba električne energije za delovanje SDO**, ki vključuje rabo električne energije za pogon obtočnih črpalk in druge namene, potrebne za delovanje SDO (priprava vode, razsvetljava, poslovni prostori idr.). Za nakup električne energije se uporabi privzeti FPE_{EL} (2,5, PURES), če pa se za to uporabi drugi lastni vir električne energije iz OVE, kot je npr. sončna elektrarna (SE) ali vetrna elektrarna (VE), ki ni vezan na proizvodnjo DT, se za te vire lahko uporabi FPE_{EL} za proizvodnjo iz OVE, ki je enak 1.

Za PN SPTE, v izračunu kazalnikov upoštevamo neto proizvedeno električno energijo (bruto proizvodnjo, zmanjšano za rabo električne energije potrebno za delovanje PN SPTE). Če se del te neto proizvedene električne energije uporablja tudi za delovanje SDO, to upoštevamo s privzetim FPE_{EL} (2,5, PURES), saj ta del dejansko ni bil oddan iz SDO.

V vprašalniku (**Tabela 8**) je potrebno dodatno zbrati naslednje podatke:

- **Skupna raba električne energije za delovanje SDO** – ne glede na vir oskrbe (nakup iz omrežja, lastna proizvodnja iz SPTE, SE, VE idr.) (MWh).
- **Lastna proizvodnja električne energije iz OVE (ne SPTE) uporabljena za delovanje SDO** (MWh).

V primeru kombinacije oskrbe lastne rabe električne energije za delovanje SDO, se v izračunu FPE_{SDO} upošteva utežen delež obeh virov električne energije.

2. **Oddaja toplote v interni sistem** – izvajalce dejavnosti je potrebno z ustreznim navodilom opozoriti, da se v vprašalniku v Tabeli 4 v kategoriji vprašanj »**Proizvedena toplota za lastno rabo**« – oddaja v interni toplovodni in vročevodni/parovodni/hladilni sistem, navaja le toploto, ki se koristno uporabi za druge interne namene (npr. industrijske procese, drugo lastno dejavnost ipd.) in ne za delovanje SDO. Če je interna oddaja namenjena le delovanju SDO, se je tu ne navede.
3. **Izkoristki naprav, ki prednostno obratujejo zaradi drugih namenov in v SDO oddajajo le manjši delež proizvedene energije:** DT v SDO dobavljajo tudi PN, ki so prednostno namenjene drugim dejavnostim in oddaja DT predstavlja le manjšinski delež vse proizvedene energije PN. Tovrstni primeri so:
 - TE Šoštanj, ki je prednostno namenjena proizvodnji električne energije in sistemskim storitvam,
 - Toplarna Celje, ki je prednostno namenjena termični obdelavi odpadkov,
 - Industrijske PN SPTE, ki večino proizvedene toplote porabijo za lastne procesne in druge namene

Celoletno delovanje teh naprav se zato prilagaja primarnemu namenu teh naprav, zato so lahko doseženi letni izkoristki precej slabši. Hkrati gre za PN SPTE, kjer gre pri koristni izrabi DT iz teh naprav v SDO za soproizvodnjo, zato je velikokrat bolj realno, če za vrednotenje te proizvodnje DT uporabimo izkoristke teh naprav (električni in toplotni izkoristek), kadar delujejo v čisti soproizvodnji. Te podatke PN SPTE navajajo za izdajo deklaracij (če izdajajo potrdila o izvoru električne iz OVE ali SPTE) oz. pri vpisu v register proizvodnih naprav SDO, ki ga vodi Agencija. Z uporabo teh izkoristkov bi iz zbranih podatkov o vhodnih energentih ter oddaji DT iz teh naprav v SDO, lahko objektivneje določil FPE_{DT}

teh virov z upoštevanjem dejanske rabe energentov za proizvodnjo oddane DT ter pripadajoče proizvodnje električne energije.

V vprašalniku (**Tabela 8**) je potrebno za tovrstne naprave dodatno zbrati naslednje podatke:

- **Električni izkoristek PN pri obratovanju v čisti sproizvodnji** - razmerje med neto električno močjo in vhodno močjo goriva PN (%)–
- **Toplotni izkoristek PN pri obratovanju v čisti sproizvodnji** – razmerje med izhodno toplotno močjo (koristna izraba) in vhodno močjo goriva PN (%) ali pa
- **Privzeto razmerje med električno energijo in toploto C (-)**

Tipične izkoristke in razmerje C teh naprav prikazuje Tabela 17, z njimi in podatki o vrsti in deležu vhodnih energentov z določimo FPE vira DT, kot je to prikazano v tabeli za privzeta goriva.

Tabela 17: Tipični parametri PN SPTE ter izračun FPE vira glede na uporabljeno gorivo

	Zir _{kel}	Izk _T	C	$f_{PnOVE,DT}$	$f_{POVE,DT}$	$f_{PS,DT}$
Parna turbina premog, odpadki	19 %	56 %	0,34	1,10		1,10
Parna turbina TEŠ	25 %	55 %	0,45	0,86		0,86
Parna turbina LB	19 %	64 %	0,30	0,19	0,95	1,14
ORC turbina LB	17 %	58 %	0,29	0,22	1,11	1,34
Plinski motor LB	28 %	50 %	0,56	0,17	0,83	1,00
Plinski motor ZP	31 %	57 %	0,54	0,58		0,58
Plinsko parni proces ZP	41 %	40 %	1,02	0,16		0,16

4. **Specifični emisijski faktorji CO₂ večjih PN na trdna goriva:** Za večje proizvodne naprave, ki so vključene v emisijsko trgovanje (ETS) in bolj natančno določajo emisijske faktorje za trdna goriva¹⁵ glede na dejansko letno kurilno vrednost (npr. za premog v TEŠ in TE-TOL), ki odstopajo od privzetih vrednosti za Slovenijo, se z vprašalnikom zbira tudi te specifične emisijske faktorje.

V vprašalniku (**Tabela 3**) je potrebno za tovrstne naprave dodati možnost vpisa **lastnega emisijskega faktorja za goriva** [gCO₂/kWh ali tCO₂/TJ], ki jih upravljavci naprav uporabijo v letnem poročilu o emisijah.

9 LITERATURA

Final report - Evaluation of primary energy factor calculation options for electricity, Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung (ISI), 2016

Dostopno na: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/final_report_pef_eed.pdf.

EN 15316-4-5:2017 Energy performance of buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 4-5: District heating and cooling, Module M3-8-5, M4-8-5, M8-8-5, M11-8-5, CEN May 2017 ter Tehnično poročilo k standardu (CEN/TR 15316-9-6-8).

¹⁵ Največja odstopanja se pojavljajo pri trdnih gorivih, glede na kvaliteto dobavljenega goriva, odstopanja pri plinastih in tekočih gorivih so precej manjša in običajno zanemarljiva.

Primary Energy Factors and Members States Energy Regulations - Primary factors and the EPBD

Dostopno na: <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/04/05-CCT1-Factsheet-PEF.pdf>.

Primary energy factor for district heating networks in EU member states, Latošov et al, 2017

Dostopno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217322634>.

Guidelines for technical assessment off District Heating systems, Ecoheat4cities.

Development of the Primary Energy Factor of Electricity Generation in the EU-28 from 2010-2013, INAS, 2015.

Primary Energy Factor for Electricity Mix: The Case of Slovenia, Matjaž Prek,

Dostopno na: file:///C:/Users/stanem/AppData/Local/Temp/Primary_Energy_Factor_for_Electricity-Mix_The_Case.pdf.