

# ŠESD emisijų skaičiavimas kogeneracijos sistemose ir rekomendacijose

BJR ŽTCŠT projektas

*LowTEMP mokymų paketas*



# LowTEMP mokymų paketas - APŽVALGA

## Įvadas

Įvadas Klimato apsaugos politika ir jos tikslai

Įvadas Energijos tiekimo sistemos ir ŽCŠT

Energijos tiekimo sistemos BJR

## Energetikos strategijos ir pilotiniai projektai

Energetikos strategijų ruošimo metodika

Pilotinė energijos strategija – Tikslai ir sąlygos

Pilotinė energetikos strategija – pavyzdžiai

Pilotinės testavimo priemonės

ŠESD emisijų skaičiavimas

GCV (LCA) skaičiavimas

## Finansiniai aspektai

ŽCŠT projektų gyvavimo ciklo kaštai

Ekonominis efektyvumas ir finansavimo spragos

Sutarčių sudarymo ir mokėjimo modeliai

Verslo modeliai ir inovatyvios finansavimo struktūros

## Techniniai aspektai

Vamzdinių sistemų

Bendra šilumos ir elektros gamyba (koeneracija)

Didelės galios saulės šiluminės jėgainės

Atliekinė ir perteklinį šilumą

Didelės galios šilumos siurbliai

Elektra-į-šilumą ir Elektra-į-X

Šiluminės, saulės ledo ir PCM saugyklos

Šilumos siurblių sistemos

ŽT ir grindinis šildymas

Buitinio vandens gamyba

Vėdinimo sistemos

## Gera praktika

Gera praktika I

Gera praktika II

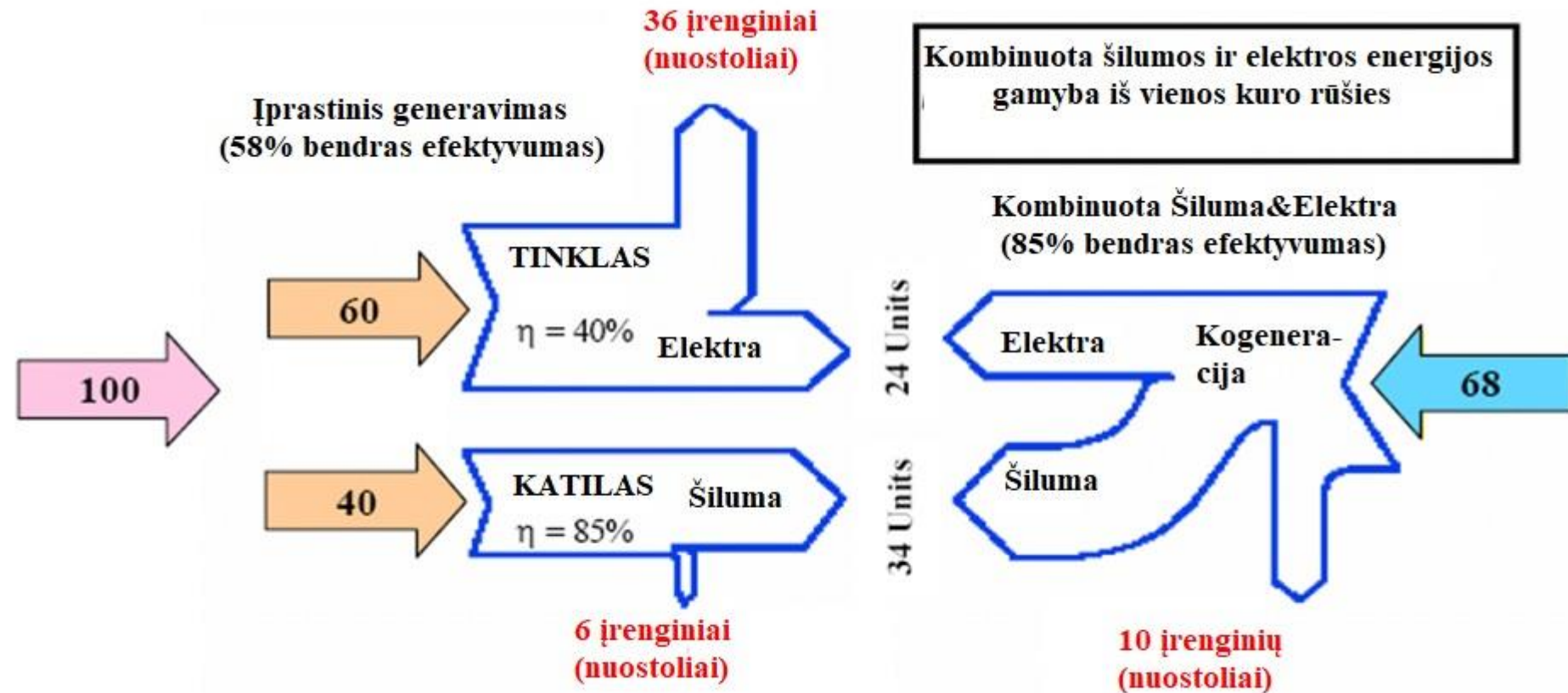
# Motyvai

- CO<sub>2</sub>e emisijų paskirstymo metodai labai svarbūs **energetikos politikos įrankiai** ir jie kuriami tam, kad **paremtų energetikos sistemų planavimą**, o taip pat **sprendimų priėmimą** ir **politikos plėtrą** tiek vyriausybiname, regioniniame ir pramonės lygyje.
- **Kogeneracijos sistemos** gamina elektros energiją ir šilumą, bet šiluma gali būti pagaminama iš iškastinio kuro ar elektros, kai efektyvumas yra didesnis nei **95%**
- Elektros energija yra gaminama iš iškastinio kuro/šilumos, kai efektyvumas siekia iki **45%**
- Kiek emisijų mes priskirtume energijos ir šilumos gamybai?



1 pav.: Emisijos iš didžiausios lignitu kūrenamos jėgainės Belchatów (PL)  
Šaltinis: M. Dzierzgowski, IMP PAN

# Kogeneracija - privalumai



Kogeneracinės sistemos energijos efektyvumo privalumas (UNESCAP, 2000)

Šaltinis: UNESCAP, 2000



# Emisijų šaltiniai ir jų Visuotinio atšilimo potencialas (GWP)

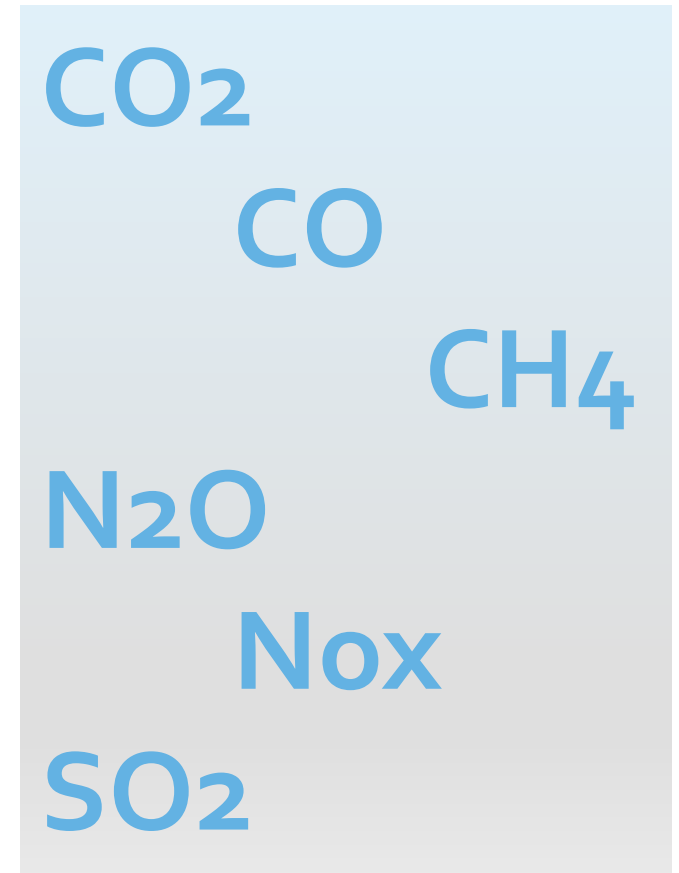
## Visuotinio atšilimo potencialas (GWP-global warming potential)

Iškastinio kuro deginimas rezultate duoda šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, į kurias įeina daugiausiai anglies dioksidas, metanas, azono oksidas ir kitos. **Šių dujų emisijos konvertuojamos į CO<sub>2</sub>e** padauginant ŠESD kiekius iš jų Visuotinio atšilimo potencialo (GWP).

GWP yra skaičiuojamas taip, kad **atspindėtų, kaip vidutiniškai ilgai dujos išlieka, atmosferoje, ir kaip stipriai jos absorbuoja energiją**, t.y. tai reiškia bendrą indėlį į visuotinį atšilimą, kurį išmeta vienas tų dujų vienetas, palyginti su vienu etaloninių dujų vienetu – CO<sub>2</sub>.

### • Pavyzdžiai:

- GWP CO<sub>2</sub> lygus (pagal apibrėžimą) 1
- Metanas (CH<sub>4</sub>) : 28–36
- Azoto oksidas (N<sub>2</sub>O) : 265–298.

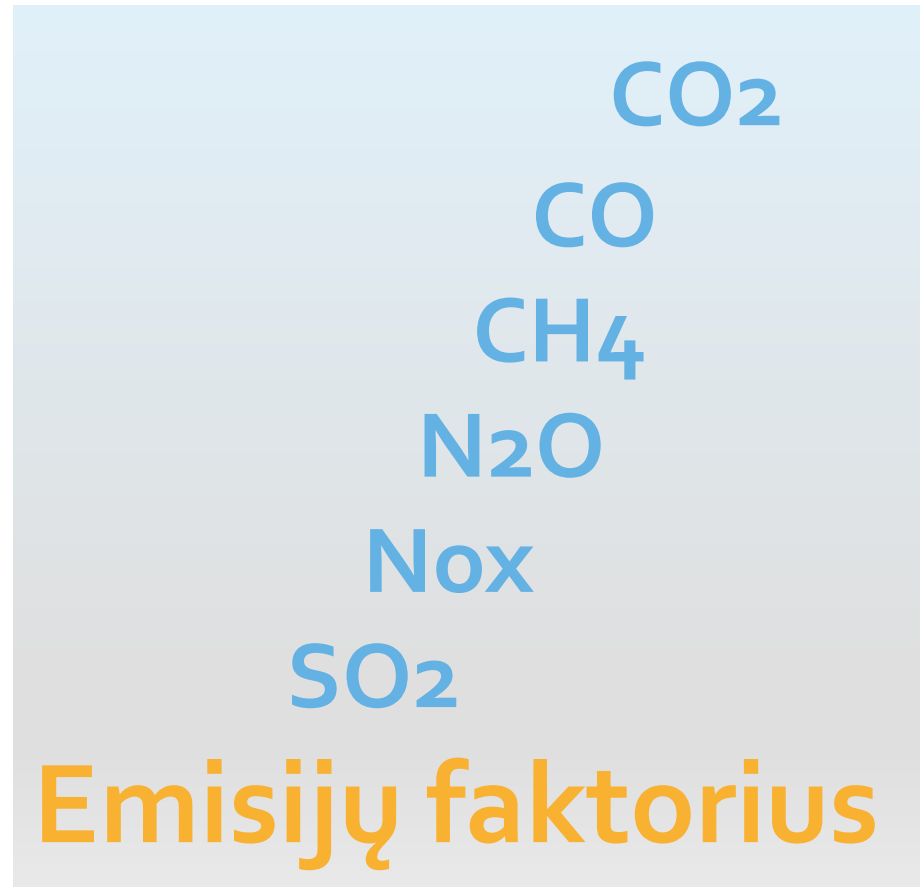




LowTEMP2.0

# ŠESD emisijų vertinimo metodai

- Egzistuoja **du pagrindiniai metodai ŠESD emisijoms vertinti** iš stacionarių deginimo šaltinių:
  - Tiesioginis matavimas
  - Kuro indėlio analizė
- Tiesioginis CO<sub>2</sub>e emisijų matavimas gali būti atliekamas, naudojant **Pastovios emisijų stebėsenos sistema**.
- CO<sub>2</sub>e emisijų skaičiavimas, naudojant kuro analizės metodą, apima anglies kiekio nustatymą deginamame kure;
- **Emisijų rodiklis** yra nustatomas kaip vidutinės duotų ŠESD emisijos užduotam šaltiniui, santykinai veiklos vienetui (paprastai sudeginamo kuro kiekiai, arba kWh naudojamos elektros, kt.).





LowTEMP2.0

# Įvairių kuro rūšių ŠESD emisijos

Egzistuoja 3 standartinės lygtys, apibūdinančios CO<sub>2</sub>e emisijas kiekvienam deginamo kuro tipui:

$$\text{ŠESD emisijos} = \text{Kuras} * \text{ER}_1 \quad (1)$$

**ŠESD emisijos** = Išmestų CO<sub>2</sub>e, CH<sub>4</sub> ar N<sub>2</sub>O kiekis, **Kuras** = sudeginto kuro masė arba tūris,  
**ER<sub>1</sub>** = CO<sub>2</sub>e, CH<sub>4</sub> ar N<sub>2</sub>O **emisijų rodiklis** masės arba tūrio vienetui,

$$\text{ŠESD emisijos} = \text{Kuras} * \text{KŠ} * \text{EF}_2 \quad (2)$$

AAA šiltnamio efektą sukeliančių dujų inventorizavimo rekomendacijos, tiesioginės emisijos iš stacionarių deginimo šaltinių, 2016;  
**KŠ** = Kuro šilumingumas (aukštutinė šilumingumo vertė), energijos vienetais kuro masės ar tūrio vienetui ;

**ER<sub>2</sub>** = CO<sub>2</sub>e, CH<sub>4</sub> ar N<sub>2</sub>O **emisijų rodiklis** energijos vienetui,

$$\text{ŠESD emisijos} = \text{Kuras} * \text{AK} * 44/12 \quad (3)$$

**AK** = Kuro **anglies kiekis** vienetais, išreikštais anglies masės kuro masei ar tūriui,  
**44/12** = CO<sub>2</sub>e molekulinio svorio ir anglies molekulinio svorio santykis.



LowTEMP2.0

# Pirminės energija ir pirminės energijos rodiklis

## Pirminė energija (PE)

Reiškia energiją iš atsinaujinančių ir neatsinaujinančių energijos išteklių, kuri nedalyvavo konversijoje ar transformacijoje.

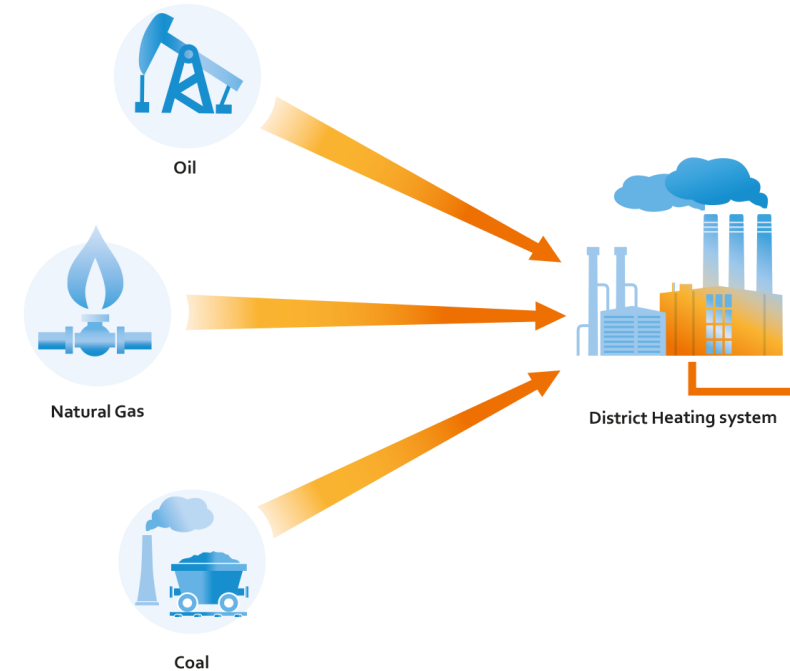
PE gali būti iškastinė ar atsinaujinanti, arba kombinacijų abiejų. Ji gali būti konvertuota arba pateikta galutiniams vartotojams kaip galutinė energija, pvz., elektra arba šiluma. PE indėlis paprastai apima išankstinę veiklą ir procesus tiekimo grandinėje (t.y. įeinančio kuro išgavimą, transportavimą ir paruošimą).

## Pirminės energijos rodiklis (PER)

Apjungia pirminę ir galutinę energiją – rodo, kiek PE yra naudojama, siekiant sugeneruoti elektros vienetą arba naudingos šiluminės energijos vienetą

**Pirminė energija \* Sistemos efektyvumas = galutinė energija**

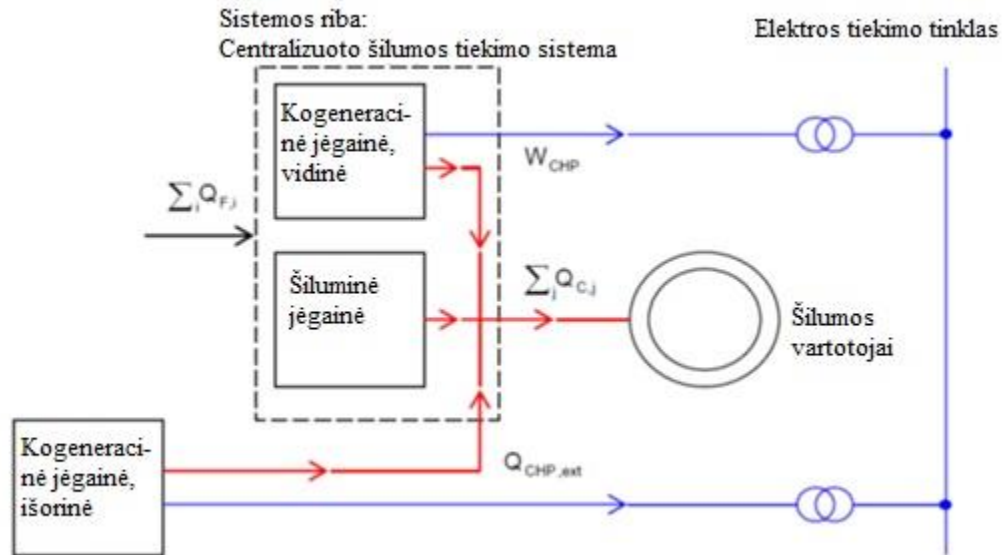
**Pirminės energijos rodiklis = Pirminė energija/galutinė energija**



3 pav.: Įprastas centralizuotas šilumos tiekimas. Šaltinis: Originali LowTEMP iliustracija Peter Abrahamsson, AliasDesign, for Sustainable Business Hub



# Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos pirminės energijos rodiklis $f_{P,DH}$



- $Q_{F,i}$  – kuro (galutinės energijos) indėlis į šiluminės jėgainės ir į kogeneracines jėgaines vertinamoje sistemoje per vertinamą laikotarpį (paprastai vienerius metus) – matuojamas tiekimo taške;
- $W_{CHP}$  – elektros gamyba vertinamos sistemos kogeneracinėse jėgainėse;
- $Q_{C,j}$  – šilumos vartojimas, išmatuotas pirminėje vartotojų šilumos mazgų pusėje per *vertinamą laikotarpį (paprastai vienerius metus)*;
- $Q_{CHP,ext}$  – šilumos tiekimas į vertinamą sistemą iš išorinių kogeneracinių jėgainių;
- $f_{P,F,i}$  – pirminės energijos/išteklų kuro rodiklis (galutinės energijos indėlis);
- $f_{P,elt}$  – pirminės energijos/išteklų elektros energijos rodiklis.

$$f_{P,DH} = \frac{\sum_i Q_{F,i} \cdot f_{P,F,i} - W_{CHP} \cdot f_{P,elt}}{\sum_j Q_{C,j}}$$

# CO<sub>2</sub>e emisijos iš centralizuoto šilumos tiekimo sistemos

$$K_{dh} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{F(i)} * K_{F,tot(i)} - \sum_{i=1}^n \frac{W_{chp(i)} * K_{F,chp(i)}}{\eta_{el,(i)}}}{\sum_{j=1}^n Q_{C(j)}}$$

- $K_{dh}$  – anglies dvideginio emisijų rodiklis šilumai, pateiktai į pastatus, kgCO<sub>2</sub>e/MWh,
- $Q_{F(i)}$  – grynas kuro energijos kiekis 'i', pateiktas prie vartų, kur jis galutinai konvertuojamas į šilumą [MWh] (naudojant žemutinį šilumingumą),
- $K_{F,tot(i)}$  – anglies dvideginio emisijų rodiklis kurui 'i', kg CO<sub>2</sub>e/MWh<sub>kuro</sub>,
- $W_{chp(i)}$  – gryna sugeneruota elektros energija kogeneracinėje jėgainėje iš kuro 'i' (sugeneruota elektros energija minus pagalbinis elektros energijos vartojimas savo reikmėms),
- $K_{F, chp(i)}$  – visų ŠESD emisijų rodiklis elektros energijai, pagamintai kogeneracinėje jėgainėje, kg CO<sub>2</sub>e/MWh,
- $\eta_{el,(i)}$  – standartinis įprastinės kondensacinės šiluminės elektrinės elektros energijos gamybos efektyvumas, nustatytas kaip 40%,
- $Q_{C(j)}$  – šiluma, pateikta į pastatą 'j' ant sistemos ribos.

# CO<sub>2</sub>e emisijų priskyrimas elektros energijai ir šilumai kogeneraciniuose įrenginiuose



LowTEMP2.0

- CO<sub>2</sub>e emisijų priskyrimas kogeneracijos energijos gamybai reikalingas ypač tuo atveju, kai pagaminta šiluma ir elektra yra vartojama skirtingų vartotojų, ir kai reikia palyginti su kitomis tiekiamos šilumos rūšimis.
- Kogeneracinėse jėgainėse, kai šiluma ir elektra yra generuojamos lygiagrečiai, yra sunku/ginčytina, kaip tiksliai priskirti pirminės energijos indėlį, emisijas ar eksploatacijos išlaidas kuriai nors pagaminamai energijos rūšiai.



5 pav. 50 kW kogeneracinis įrenginys; šaltinis: A.Cenian, IMP PAN

## CO<sub>2</sub>e priskyrimo metodai

Šie (populiariausi ES) metodai buvo įvertinti LowTEMP projekte

Energijos metodas,  
Alternatyvaus generavimo metodas,  
Elektros premijos metodas,  
Eksergijos metodas,  
200% metodas,  
Pas 2050,  
Drezdeno metodas.

### Kiti metodai yra

Darbo metodas

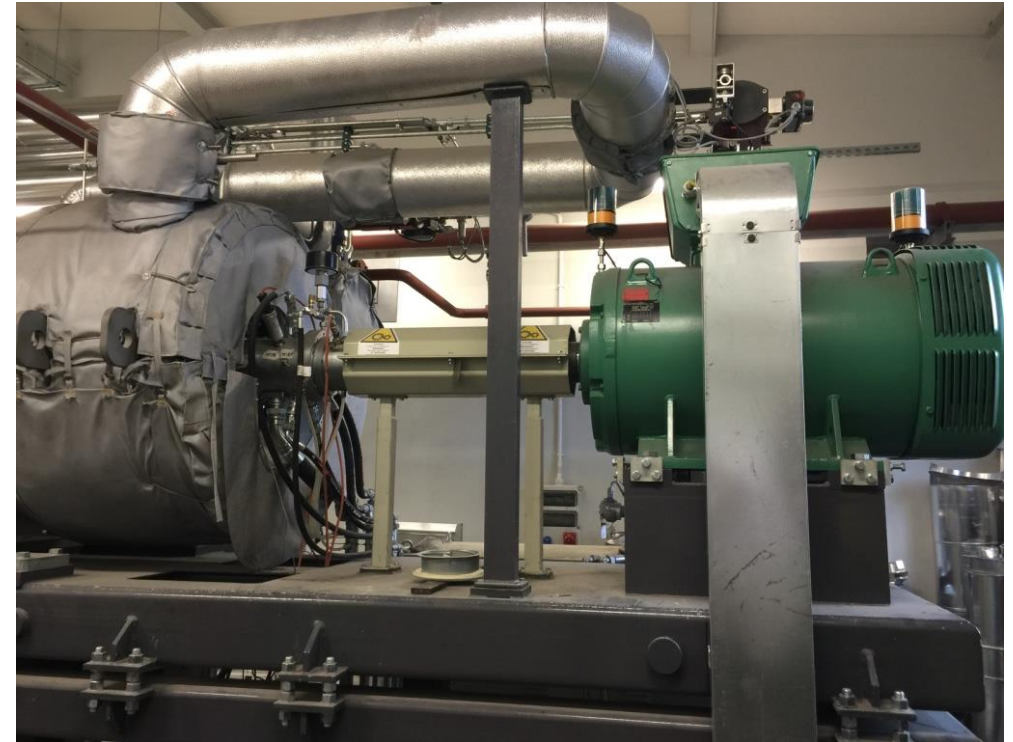
Suomijos metodas

Visi sutaupymai priskirti elektros energijai

Visi sutaupymai priskirti šilumai

50%-50% sutaupymų pasidalinimas tarp šilumos ir elektros

Šilumos ir elektros pirminės energijos kiekis.



6 pav.. 120 kW ORC CHO turbina; šaltinis: A. Cenian, IMP PAN

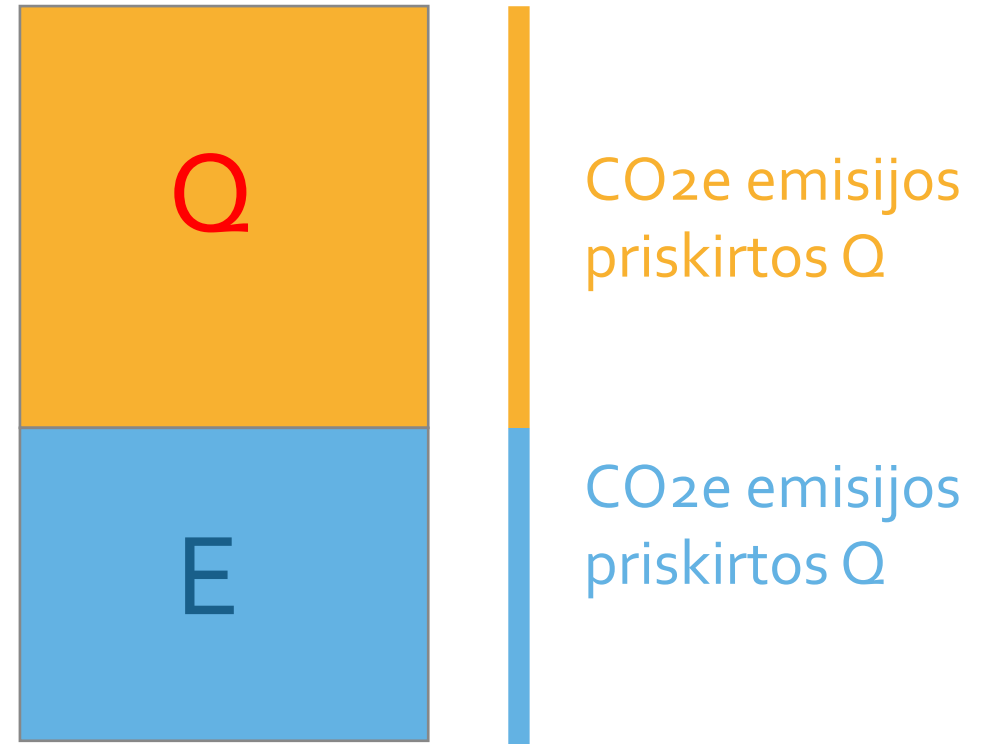


# Energijos metodas

**Energijos metodas** – kuro indėlis arba CO<sub>2</sub>e emisijos yra priskiriamos pagamintai šilumai ir elektrai, pagal energijos kiekį pagamintuose produktuose. Šio metodo privalumas yra tas, kad jis labai paprastas ir skaidrus. Trūkumas yra tas, kad produktų energijos kiekis neskiria energijos produktų, t.y. Neįvertina jų kokybės (elektros energija gali būti lengviau transformuojama į šilumą, bet ne atvirkščiai).

**CO<sub>2</sub>e priskyrimo rodiklis šilumos gamybai:**

$$f_Q = Q / (Q + E)$$

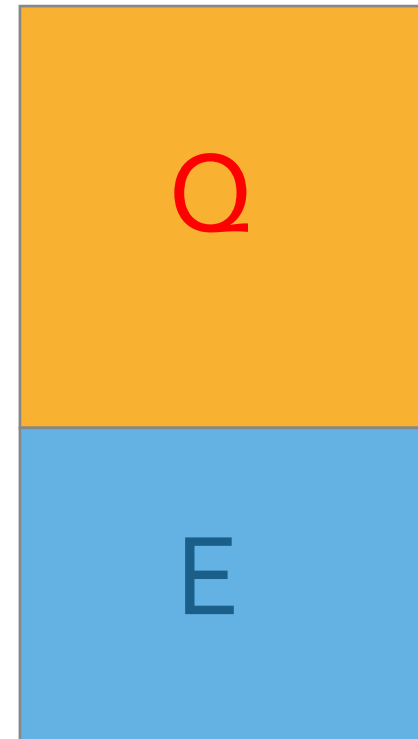


Pagaminta šiluma ir elektra

# Alternatyvaus generavimo metodas

**Alternatyvaus generavimo metodas** taip pat žinomas kaip Efektyvumo metodas arba Naudos dalinimosi metodas (Benefit Sharing Method - BSM) buvo sukurtas Suomijos ČŠT asociacijos. Metodas priskiria CO<sub>2</sub>e emisijas ir išteklius šilumos ir elektros gamybai santykinai kuro kiekiui, kuris reikalingas pagaminti tą patį šilumos ar elektros energijos kiekį atskirose jėgainėse. Alternatyvi gamyba dvejose atskirose jėgainėse priklausys nuo jų efektyvumų  $\eta_{heat}$  ir  $\eta_{elec}$  atitinkamai.

$$f_Q = (Q/\eta_{alt\_heat}) / (Q/\eta_{alt\_heat} + E/\eta_{alt\_elec})$$



CO<sub>2</sub>e emisijos priskirtos Q

$$f_Q = (Q/\eta_{alt\_heat}) / (Q/\eta_{alt\_heat} + E/\eta_{alt\_elec})$$

CO<sub>2</sub>e emisijos priskirtos E

$$f_E = 1 - f_Q$$

Pagaminta šiluma ir elektra

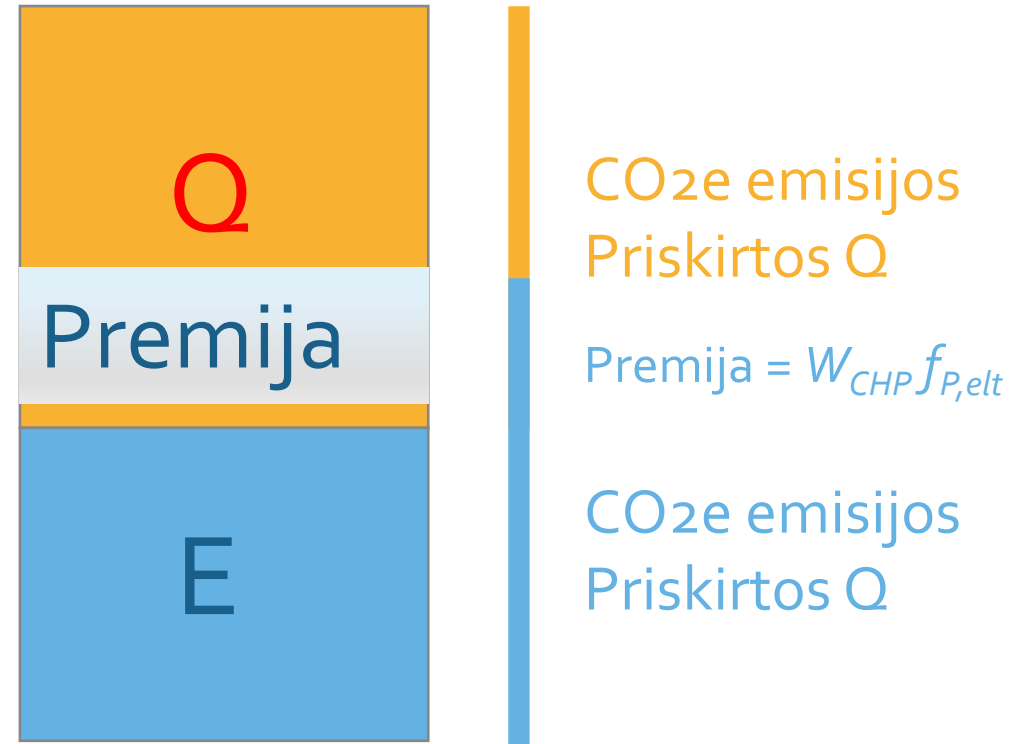
# Elektros premijos metodas

**Elektros premijos metodas** dažnai naudojamas priskirti CO<sub>2</sub>e emisijas tarp šilumos ir elektros gamybos Europos Sąjungoje.

Šiame metode šiluma yra pagrindinis produktas, kai tuo tarpu proceso metu pagaminta elektros energija yra traktuojama kaip premija.

Pirminė energija yra priskirta, pirmiausia, elektros energijai, pagamintai kogeneracinėje jėgainėje, kuri vėliau yra atimta iš įdedamos pirminės energijos.

$$f_Q = (E_{P,in} - W_{CHP} f_{P,elt}) / (Q_{del} + E_{del})$$



Pagaminta šiluma ir elektra



# Eksergijos metodas

**Eksergijos metodas** (fizikine prasme teisingas metodas) – kuro naudojimas arba CO<sub>2</sub>e emisijos yra priskiriamos pagamintai šilumai ir elektrai remiantis produktuose esančiam eksergijos kiekiui. Produkto eksergijos kiekis yra maksimalaus naudingo darbo, kuris gali būti atliktas šiuo produktu, matas. Santykis tarp energijos ir eksergijos kiekio vadinamas kokybės rodikliu.

Termodinaminiu požiūriu, elektros energijai, pagamintai kogeneracijos būdu, suteikiamas eksergijos rodiklis 1, taigi elektros eksergija yra apibrėžiama kaip  $Ex_E = E$ . Tai reiškia, kad 100% elektros gali būti konvertuojama į bet kokią energijos formą. Šiluma gali būti konvertuojama į elektrą ar kokią kitą energijos formą tik tam tikru laipsniu, taigi šilumos eksergija gali būti skaičiuojama

$$Ex_Q = (1 - T_o/T) Q$$

kur  $T_o$  – yra vidutinė aplinkos temperatūra šildymo laikotarpiu,  $T$  – yra CŠT termodinaminė vidutinė temperatūra

$$T = (T_s - T_r) / \ln (T_s/T_r)$$

$$f_Q = Ex_Q / (Ex_Q + Ex_E)$$



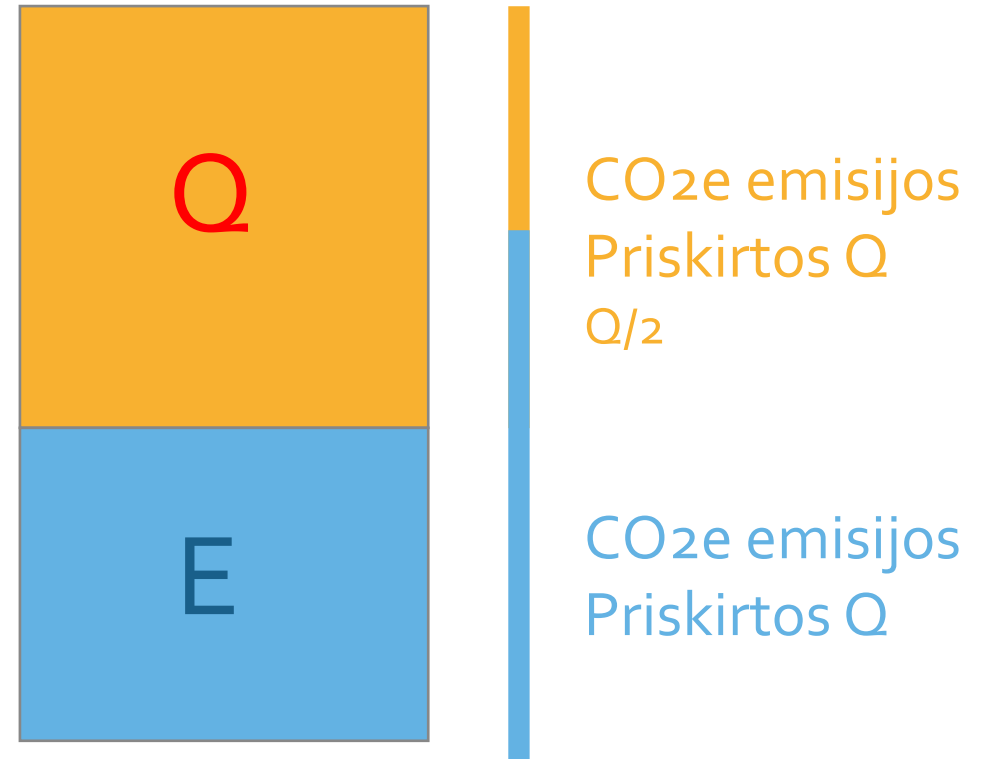


## 200% metodas

**200% metodas** – priima 200% efektyvumą šilumos gamybai. Tai reiškia, kad, norint pagaminti 1 šilumos vienetą, 0,5 vieneto kuro buvo naudojama ir dar 0,5 vieneto bus grąžinta iš turbinos kondensatoriaus. Tai reiškia, kad pusė emisijų, susijusių su šilumos gamyba, gali būti susijusios su elektros gamyba.

Šis metodas, kurį įvedė Danijos energetikos agentūra, gali būti naudojamas, priskiriant kuro išlaidas kogeneracijoje šilumos gamybai energijos ir emisijų statistikoje.

$$f_Q = Q / 2 \text{ Fuel}_{in}$$



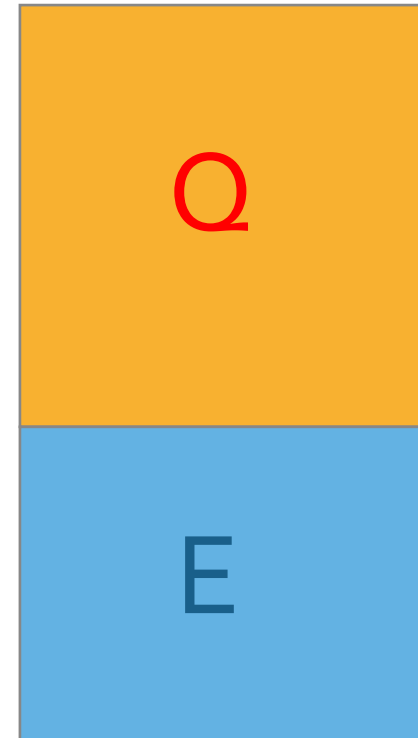
Pagaminta šiluma ir elektra

## PAS 2050 metodas

**PAS 2050 metodas** yra Britų standartas, kuris paaiškina ŠESD emisijų skaičiavimą prekių ir paslaugų gamybai. Emisijų priskyrimas iš kogeneracijos sistemos pagamintai šilumai ir elektrai, yra naudojamas specialus 'intensyvumo' koeficientas ' $n$ ', kuris apibrėžia emisijas, išmestas deginant kurą

$$f_Q = Q / (Q + n E)$$

Emisijų priskyrimas šilumai ir elektrai The allocation of emissions to heat and electricity remiasi konkrečiam procesui tenkančiu šilumos ir elektros iš kiekvienos kogeneracijos sistemos santykiu. Kogeneracinėms sistemoms su katilais (anglies, medienos, kieto kuro), koeficientas  $n$  yra 2,5, kai kogeneracinėms sistemoms su turbinomis (gamtinių dujų, sąvartyno dujų)  $n = 2,0$ .



CO<sub>2</sub>e emisijos

Priskirtos Q

$$f_Q = Q / (Q + n E)$$

CO<sub>2</sub>e emisijos

Priskirtos Q

$$f_E = 1 - f_Q$$

Pagaminta šiluma ir elektra

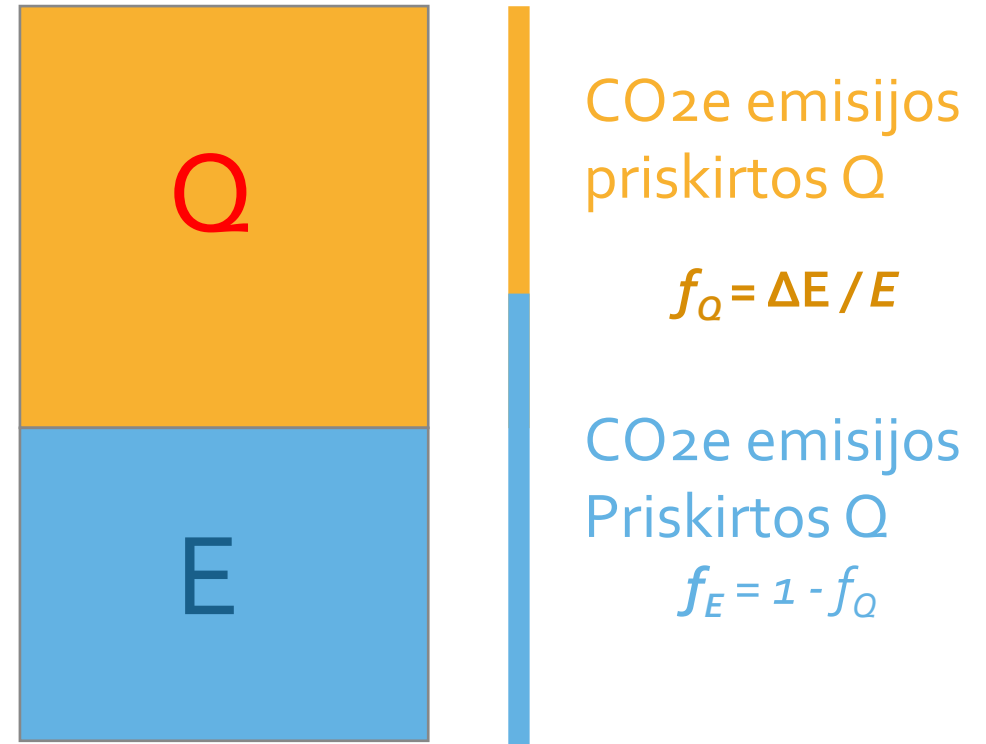
# Drezdeno metodas

**Drezdeno metodas** remiasi eksergijos vertinimu. Jėgainėse visa pirminė energija yra susijusi su elektros gamyba. Tuo pačiu metu kogeneracinėse jėgainėse, viena pirminės energijos dalis yra suvartojama šiluminės energijos gamybai. *Drezdeno metodas* aprašo, kaip įvertinti elektros energijos nuostolius, sukeltus dėl šilumos ištraukimo (vandens garo kondensacijos) kogeneracinėje jėgainėje

$$\Delta E = Q \eta_c \nu_p$$

kur  $\eta_c$  yra Carnot efektyvumas ir  $\nu_p$  yra proceso kokybės laipsnis.

$$f_Q = \Delta E / E$$



Pagaminta šiluma ir elektra



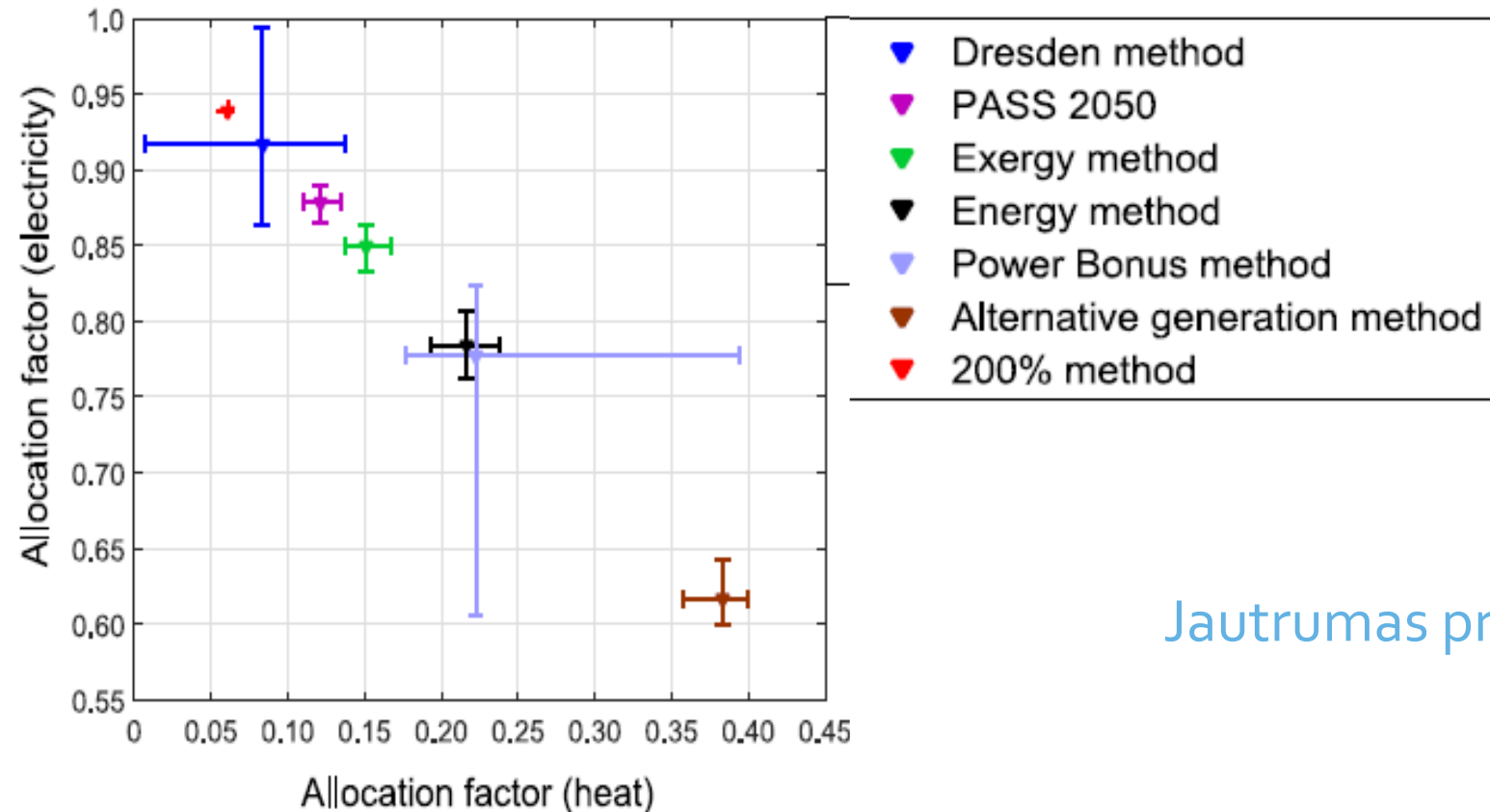
# CO<sub>2</sub>e priskyrimo rodiklis CO<sub>2</sub>e šilumos gamybai

Priskyrimo rodiklis kogeneracijos sistemai, kai metinė šilumos apkrova 27 GWh ir maksimalus šilumos poreikis 14 MW

| Metodas                          | Šilumos gamybos priskyrimo rodiklis, $f_Q$                         | Pvz., $f_Q$ vertė |
|----------------------------------|--|-------------------|
| Energijos metodas                | $Q / (Q + E)$  | 0,2162            |
| Alternatyvaus generavimo metodas | $(Q/\eta_{alt\_heat}) / (Q/\eta_{alt\_heat} + E/\eta_{alt\_elec})$ | 0,3830            |
| Elektros premijos metodas        | $(E_{P,in} - W_{CHP} f_{P,elt}) / (Q_{del} + E_{del})$             | 0,2226            |
| Eksergijos metodas               | $EX_Q / (EX_Q + EX_E)$   | 0,1507            |
| 200% metodas                     | $Q / 2 Fuel_{in}$  | 0,0608            |
| PAS 2050                         | $Q / (Q + n E)$  | 0,1212            |
| Drezdeno metodas                 | $\Delta E / E$   | 0,0834            |

Šaltinis: Tereshchenko and Nord, 2015

# CO<sub>2</sub>e priskyrimo metodų jautrumas



Jautrumas priklauso nuo sistemos

7 pav.. CO<sub>2</sub>e priskyrimo metodų jautrumas; šaltinis: T.Tereshenko et al.[2]



# ŽTCŠT projekto vertinimo CO<sub>2</sub>e priskyrimo metodai

- Projektas LowTEMP įvertino **CO<sub>2</sub>e priskyrimo metodus**, naudojant Multikriterijinių sprendimų analizę ir devynis kriterijus, kurie priklauso keturioms grupėms:
- populiarumas (**Metodo paprastumas, Taikymo sritis, ir Pripažintas ir patvirtintas metodas**), termodinaminiai aspektai (**Tinkamas CO<sub>2</sub>e emisijų priskyrimui, Termodinaminis patikimumas, Kogeneracijos efektyvumo įtraukimas, Eksergija**), duomenų prieinamumas ir jautrumas.
- Kriterijai ir vėlesni metodai buvo įvertinti 7 BJR projekto LowTEMP partnerių: AGFW, ZEBAU, BTU, RTU, IMP PAN, Thermopolis, ir HEM iš 5 BJR šalių (Vokietijos, Suomijos, Latvijos, Lenkijos ir Švedijos).

## MCDA kriterijai

- **Metodo paprastumas,**
- **Taikymo sritis,**
- **Pripažintas ir patvirtintas metodas**
- **Tinkamas CO<sub>2</sub>e emisijų priskyrimui,**
- **Termodinaminis patikimumas,**
- **Kogeneracijos efektyvumo įtraukimas,**
- **Eksergija**
- **Duomenų prieinamumas**
- **Jautrumas.**



# ŽTCŠT projekto vertinimo CO<sub>2</sub>e priskyrimo metodai

4.1 lentelė. Partnerių pasiūlytos svertinės vertės ir jų agregavimas (aritmetiniai vidurkiai – eq. (4.3))

| LowTEMP partneris | Metodo paprastumas | Taikymo sritis | Pripažintas ir patvirtintas metodas | Tinkamas CO <sub>2</sub> e emisijų priskyrimui | Termodinaminis patikimumas | Kogeneracijos efektyvumo įtraukimas | Eksergija | Duomenų prieinamumas | Jautrumas |
|-------------------|--------------------|----------------|-------------------------------------|--|----------------------------|-------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| AGFW              | 1                  | 5              | 2                                   | 5  | 5                          | 5                                   | 4         | 2                    | 4         |
| ZEBAU             | 1                  | 5              | 2                                   | 5  | 5                          | 5                                   | 3         | 2                    | 3         |
| BTU               | 2                  | 3              | 3                                   | 4  | 5                          | 4                                   | 4         | 3                    | 4         |
| RTU               | 3                  | 3              | 3                                   | 3  | 3                          | 3                                   | 3         | 3                    | 3         |
| IMP PAN           | 3                  | 3              | 4                                   | 3  | 5                          | 3                                   | 4         | 4                    | 3         |
| Thermopolis       | 4                  | 4              | 4                                   | 4  | 3                          | 2                                   | 1         | 4                    | 4         |
| HEM               | 5                  | 4              | 3                                   | 5  | 3                          | 3                                   | 2         | 5                    | 4         |
| Vidurkis          | 2,714              | 3,857          | 3,000                               | 4,143  | 4,143                      | 3,571                               | 3,000     | 3,296                | 3,571     |

Šaltinis: mūsų skaičiavimai, paremti MCDA



# ŽTCŠT projekto vertinimo CO<sub>2</sub>e priskyrimo metodai

## 4.2 lentelė. Pasirinktų metodų MCDA analizei vertės

| Metodas                          | AGFW   | ZEBAU  | BTU    | RTU    | IMP PAN | Thermopolis | HEM    | SUM    | Rangavimas | svyravimas |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|-------------|--------|--------|------------|------------|
| Energijos metodas                | 52,000 | 52,000 | 49,857 | 52,286 | 53,143  | 59,143      | 53,143 | 371,57 | 5          | 5,0%       |
| Alternatyvaus generavimo metodas | 43,286 | 53,286 | 46,429 | 52,714 | 45,857  | 36,429      | 40,571 | 318,57 | 7          | 12,5%      |
| Elektros premijos metodas        | 48,286 | 48,286 | 41,286 | 52,143 | 55,429  | 44,571      | 39,857 | 329,86 | 6          | 11,1%      |
| Eksergijos metodas               | 71,000 | 71,000 | 70,714 | 60,714 | 60,571  | 59,429      | 57,000 | 450,43 | 1          | 9,0%       |
| 200% metodas                     | 60,286 | 56,857 | 59,143 | 56,143 | 53,143  | 44,571      | 66,000 | 396,14 | 3          | 10,9%      |
| PAS 2050                         | 57,571 | 57,000 | 59,429 | 63,857 | 57,286  | 44,571      | 58,571 | 398,29 | 2          | 9,6%       |
| Drezdeno metodas                 | 63,857 | 63,857 | 45,714 | 60,143 | 46,286  | 44,571      | 50,429 | 374,86 | 4          | 15,1%      |
|                                  | 15,5%  | 12,4%  | 17,9%  | 7,7%   | 9,5%    | 16,5%       | 16,9%  |        |            |            |



# LowTEMP rekomendacijos

- Partneriai nurodė, kad **Eksergijos (Carnot) metodas** yra geriausias prieinamas metodas (virš 450 taškų) dėl CO<sub>2</sub>e paskirstymo bent jau tarp vertintų metodų. Du kiti metodai: **PAS 2050** ir **200%** turėtų būtų vertinami kaip galimos alternatyvos – jų rezultatas yra panašus t.y. beveik 400 taškų.
- Labiausiai tinkamas termodinaminiu požiūriu – **Eksergijos metodas** – ekstensyviau apima energijos kokybę ir parodo fizinę viršutinę CO<sub>2</sub>e priskyrimui šilumai kaip šalutiniam produktui. Egzistuoja Eksergijos metodo variantas– **Drezdeno**, bet šis reikalauja didesnio duomenų prieinamumo ir ekstensyvesnių skaičiavimų.
- **Alternatyvaus generavimo** ir **Elektros premijos metodas** buvo nustatyti kaip mažiausiai naudingi LowTEMP projekto partneriams.

# Literatūros šaltiniai



LowTEMP2.0

- [1] Wallisch A; [van Stralen C](#); Hellmers C; Piel E; Ernst H; Spadoni L; Blechingberg M; Wirgentius N, ECOHEATCOOL, Work package 3, Guidelines for assessing, the efficiency of district heating and district cooling systems, 2006 <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20758197>
- [2] Tereshenko T, Nord N, Uncertainty of the allocation factors of heat and electricity production of combined cycle power plant, Applied Thermal Engineering 2015; 76:410-422. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.11.019>
- [3] IPCC, Climate Change 2007: Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. (2007). See also [https://www.leg.mn.gov/docs/2015/other/150681/PFEISref\\_2/Solomon%20et%20al.%202007.pdf](https://www.leg.mn.gov/docs/2015/other/150681/PFEISref_2/Solomon%20et%20al.%202007.pdf)
- [4] EPA, Greenhouse Gas Emissions, <https://www.epa.gov/ghgemissions/>
- [5] WRI/WBCSD, Allocation of GHG Emissions from a Combined Heat and Power (CHP) Plant Guide to calculation worksheets (September 2006) v1.0 A WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative calculation tool; [https://indiaghgp.org/sites/default/files/CHP\\_guidance\\_v1.0\\_4.pdf](https://indiaghgp.org/sites/default/files/CHP_guidance_v1.0_4.pdf)
- [6] Harmelink M, Bosselaar L, Assessment of CO<sub>2</sub>e emissions of electricity and heat used at industrial plants, ECEEE, Industrial Summer Study, June 4, 2014 [https://www.eceee.org/library/conference\\_proceedings/eceee\\_Industrial\\_Summer\\_Study/2014/3-matching-policies-and-drivers-policies-and-directives-to-drive-industrial-efficiency/assessment-of-CO<sub>2</sub>e-emissions-of-electricity-and-heat-used-at-industrial-plants/](https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Industrial_Summer_Study/2014/3-matching-policies-and-drivers-policies-and-directives-to-drive-industrial-efficiency/assessment-of-CO2e-emissions-of-electricity-and-heat-used-at-industrial-plants/)
- [7] Olsson L, [Wetterlund E](#), [Söderström M](#), Assessing the climate impact of district heating systems with combined heat and power production and industrial excess heat; Resources, Conservation and Recycling, 2015; 86:31-39. DOI:[10.1016/j.resconrec.2015.01.006](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.01.006)
- [8] Esser A, Sensfuss F, Evaluation of primary energy factor calculation options for electricity, Final Report, Multiple Framework Service Contract ENER/C3/2013-484. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/final\\_report\\_pef\\_eed.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/final_report_pef_eed.pdf)
- [9] Rosen MA, Allocating carbon dioxide emissions from cogeneration systems: descriptions of selected output-based methods, Journal of Cleaner Production 2008; 16:171-177. DOI : [10.1016/j.jclepro.2006.08.025](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.08.025)
- [10] Dittmann A, Sander T, Robbi S, Allocation of CO<sub>2</sub>e-Emissions to Power and Heat from CHP-Plants, Technische Universität Dresden, Dresden. [https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/ressourcen/dateien/veroefftlg/alloc\\_co2?lang=en](https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/ressourcen/dateien/veroefftlg/alloc_co2?lang=en)

## Lenkijos mokslų akademija

**Prof. Adam Ceniań**  
**Jarostaw Losiński**

14 Fiszera St  
80-231 Gdańsk  
Poland

E-mail: [cenian@imp.gda.pl](mailto:cenian@imp.gda.pl)  
Tel: +48 58 5225 276  
[www.imp.gda.pl](http://www.imp.gda.pl)



**Jarostaw Losiński**  
[jlosinski@imp.gda.pl](mailto:jlosinski@imp.gda.pl)