

LIETUVOS ENERGETIKOS STRATEGIJA: MAŽIAUSIŲ KAŠTŲ (LEAST-COST) MODELIS (MKM) (projektas pastaboms)

Ivadas

Mažiausių kaštų modelis yra **kaštų ir naudos analizės** (cost-benefit analysis) siauresnis variantas, vadinamas **kaštų efektyvumo analize** (cost efficiency analysis). Kuo siauresnis:

- nėra vertinamas pats energijos (šilumos ir elektros) naudingumas visuomenei;
- be to, paklausa energijai yra gana neelastinga jos kainai, todėl gerovės pokyčiai, matuojami per **norėjimą mokėti** (willingness to pay), dėl pačios energijos kainų pokyčių yra nedideli.

Nepaisant to, MKM leidžia rasti pigiausią egzogeniškai duotos energijos paklausos patenkinimo būdą.

MKM ir „makroekonominis“ investicijų į energetiką įvertinimas

Dažnas politikas argumentuoja investicijų į energetiką reikalingumą (pavyzdžiui, VAE) „sukurtomis darbo vietomis“ ir pan. Tai klaidingas požiūris:

- kaštų ir naudos analizėje sukurtos darbo vietos yra kaštai, o ne nauda;
- be to, energijos tiekimas mažiausiais kaštais ir yra geriausias makroekonominis poveikis – maksimizuojamos visuomenės lėšos kitoms prekėms pirkti, o tai ir turės

geriausią poveikį ekonomikai.

Modelio tikslas

MKM tikslas yra:

- rasti optimalią, realias diskontuotas visuomenės (gyventojų ir verslininkų) išlaidas šilumos ir elektros energijai minimizuojančią, šilumos ir elektros energijos gamybos struktūrą;
- įvertinti alternatyvias energijos gamybos pajėgumų didinimo (ar jų pakeitimo kitais pajėgumais) strategijas (pavyzdžiui, branduolinė jėgainė *versus* kogeneracija vietiniais atsinaujinančiais išteklių *versus* didesnis rėmimasis energijos importu).

Modelis

Aibės, poaibiai, dubliuojančios aibės.

z sąskaitos $/c1..c3, k, r, l, o, f, i1..i7/$

$c(z)$ energetikos sistemos produktai

$/c1$ komerciniai šiluma ir karstas vanduo (H, heat)

$c2$ komercinė elektra (E, electricity)

$c3$ nuosavas H-E vartojimas (O, own use) ir atliekinė šiluma (W, wasted heat)/

$cu(c)$ komercinė H-E

$/c1$

$c2/$

$i(z)$ energija generuojančios veiklos

$/i1$ šiluminės elektrinės, kūrenančios dujas

$i2$ šiluminės elektrinės, kūrenančios biokurą

$i3$ VAE

$i4$ Elektrėnų 9 blokas

$i5$ vėjo elektrinės

$i6$ elektros importas

$i7$ dujų importas/

t metai (2014-2064) $/t0..t50/$

$t1(t)$ $/t1..t50/$

$t11(t)$ $/t11..t50/$ laikotarpis, kuriuo galėtų veikti VAE

$t0(t)$ nuliniai modeliavimo intervalo metai

$tt(t)$ paskutiniai modeliavimo intervalo metai

Dubliuojančios (alias) aibės: (c, cc) ir (i, ii)

Žymėjimas. Parametrai ir kintamieji:

- žymintys kainas, prasideda $p...$
- žymintys gamybos ir vartojimo kiekius, prasideda $x...$
- nominalūs kintamieji (pajamos, išlaidos, pelnas, subsidijos), prasideda *Didžiąja raide...*

Tikslo funkcija: minimizuoti visuomenės diskontuotas realias išlaidas šiluminei ir elektros energijai per ateinančius 50 metų.

$$\text{Min} \sum_{t=0}^{50} \frac{Exp_t}{(1+\beta)^t}$$

$$Exp_t = \sum_i \left[pc_{i,t} * \sum_{cu} xc_{i,cu,t} \right]$$

kur

| | |
|------------|---|
| Exp_t | vartotojų išlaidos H-E metais t |
| β | diskonto norma (atspindinti vartotojų nekantrumo laipsnį) |
| $pc_{i,t}$ | technologijos i H-E kaina ²³ (be skirstymo paslaugų elektros atveju) |

²³ Šiame modelyje vienoda šilumai ir elektrai.

Tikslo funkcija su diskontavimu leidžia ekonominiu požiūriu įvertinti tokią retoriką:

- “reikia turėti kuo daugiau alternatyvių dujų tiekimo šaltinių” (TS-LKD strategija) *versus* “iš esmės atsisakykime dujų vartojimo Lietuvoje” (R.Kuodis);
- “po maždaug 30 metų elektra iš VAE bus pigi” (“*Sudie Rusija, arba elektra po 7 ct/kWh*” – Seimo narys K. Masiulis);
- “pakelsime elektros kainas *dabar*, tad VAE elektros savikaina *ateityje* bus atitinkamai mažesnė” (ministro A.Sekmoko planas);
- “dabar daug išleidžiame energijos šaltinių importui, savos investicijos paliks pinigus Lietuvoje” (R. Vaitkus; “Lietuvos energetinės nepriklausomybės strategija”);
- “ar pirma renovacija, ar perėjimas prie biokuro katilų, yra vištos-kiaušinio klausimas” (J.Šimėnas) ir pan.

Gamybos funkcija. Energijos gamybos technologija yra V.Leontieff‘o tipo (fiksotų technologinių koeficientų):

$$xO_{i,t} = aO_{ii}x_{ii,t}$$

$$xf_{i,t} = af_{ii}x_{ii,t}$$

$$xx_{i,ii,t} = ax_{i,ii}x_{ii,t}$$

kur

| | |
|---------------|--|
| $xo_{i,t}$ | taršos leidimų poreikis (vienetais), gaminant $x_{ii,t}$ vienetų (GWh) energijos (metais t) |
| $xf_{i,t}$ | energijos nešėjų importo poreikis (GWh), gaminant $x_{ii,t}$ vienetų (GWh) energijos (metais t) |
| $xx_{i,ii,t}$ | i technologijos tarpinis vartojimas iš ii technologijos metais t |
| ao_{ii} | technologinis koeficientas, atspindintis taršos leidimų poreikį i technologijoje |
| af_{ii} | technologinis koeficientas, atspindintis importuojamo kuro poreikį i technologijoje |
| $ax_{i,ii}$ | tarpinio vartojimo matricos (input-output matrix) koeficientai |
| $x_{ii,t}$ | i technologijos energijos gamyba t metais |

Gamybos paskirstymas tarp H-E-OW.

$$xc_{i,c,t} = ac_{i,c}x_{i,t}$$

kur

| | |
|--------------|---|
| $xc_{i,c,t}$ | i technologijos H-E-OW gamyba (GWh) |
| $ac_{i,c}$ | technologiniai bendros energijos gamybos i technologijoje išskirstymo į H-E-OW koeficientai |

Apribojimai $ac_{i,c}$:

- Pirmasis termodinamikos dėsnis $\sum_c ac_{i,c} = 1$
- Antrasis termodinamikos dėsnis $\sum_{cu} ac_{i,cu} < 1$

Kainos.

Kintamieji kaštai:

$$pv_{i,t} = ao_i po_t + af_i pf_{i,t} + \sum_{ii} ax_{ii,i} pv_{ii,t}$$

Bendrieji gamybos kaštai:

$$p_{i,t} = pv_{i,t} + \frac{xk_{i,t} pk_{i,t} + xr_{i,t} + xl_{i,t} pl_{i,t}}{xn_{i,t}}$$

Kaina vartotojams²⁴:

$$pc_{i,t} = \frac{P_{i,t}}{(1 - ac_{i,c3^n})}$$

kur

| | |
|------------|--|
| $pv_{i,t}$ | i technologijos kintami kWh gamybos kaštai (kuras plus taršos leidimai) |
| $p_{i,t}$ | i technologijos bendrieji kWh gamybos kaštai (esant pilnam generavimo pajėgumų panaudojimui $xn_{i,t}$) |
| $pc_{i,t}$ | i technologijos kaštus padengianti kaina vartotojams (atsižvelgiant į tai, kad dalis energijos yra savoms reikmėms, o dalis šilumos yra iššvaistoma) |

Darbo kaštai technologijoje i metais t yra $xl_{i,t}$.

Kapitalo kaštai technologijoje i metais t $xr_{i,t}$ yra tokie, kurie leidžia įmonei aptarnauti skolą (mokėti palūkanas ir grąžinti pagrindinę sumą, anuiteto metodu, Excel funkcija

²⁴ Be skirstymo daugiklio elektros atveju, tačiau kadangi jis vienodas visiems elektros gamintojams, tai jis nepakeičia santykinių kainų, todėl ir optimalių gamybos kiekių.

=PMT(**interest rate, duration, -loan**)²⁵. Paskolos technologijų įdiegimui modelyje atiduodamos per 20 metų²⁶.

Modelyje laikoma, kad ekonominio pelno įmonė neturi (kaip ir turi būti esant optimaliam reguliavimui), nors modeliu galima modeliuoti ir neoptimalią reguliavimo politiką ($xk_{i,t} > 0$).

Įvairių kuro rūšių importo realios kainos $pf_{i,t}$ yra egzogeninės.

Pusiausvyros sąlygos.

Pirma, naudingos šilumos ir elektros bendroji pasiūla turi būti lygi bendrajai paklausai:

$$\sum_i xC_{i,cu,t} = xC_{cu,t}$$

Antra, bendra energijos gamyba technologijoje i turi būti lygi H-E paklausai, OW ir tarpiniam vartojimui iš kitų technologijų:

²⁵ VAE atveju, ir kaupti fondą uždarymui.

²⁶ Manau, kad tai labiau realistiška nei Ūkio ministerijos variantai su 60 metų, bet tik VAE atveju ☺

$$x_{i,t} = \sum_c x c_{i,c,t} + \sum_{ii} x x_{i,ii,t}$$

Paklausa modeliuojama už šio modelio ribų. Paklausos prognozavimui ypač svarbios kelios pagrindinės prielaidos:

- koks bus energijos vartojimo vienam gyventojui augimas;
- kiek tų gyventojų Lietuvoje liks dėl sparčiausios ES emigracijos;
- kiek reikės šiluminės energijos po renovacijos;
- kokios bus įvairių kuro rūšių kainos ateityje;
- kiek ateityje reikės komercinės energijos, kai bus pasiektas **tinklo paritetas** (grid parity).

Modelio sprendinys. Pagrindinis modelio endogeninis kintamasis yra $x_{i,t}$ – technologijos i energijos gamyba metais t .

Apribojimai. Modelio kintamųjų apribojimai yra tokie:

- energijos gamyba atskiroje technologijoje i negali viršyti jos energijos generavimo maksimalaus pajėgumo;
- gamybos kiekiai ir kainos yra neneigiami.

Programinis modelio realizavimas. Modelio kodas parašytas autoriaus GAMS (General Algebraic Modeling System) kalba (plačiau žr. www.gams.com), modelį sprendžiant netiesinio optimizavimo solver'iu MINOS 5 (parašytas Stanford University mokslininkų).

Modelio scenarijai. Yra keli esminiai alternatyvūs Lietuvos energetikos vystymo scenarijai, pavyzdžiui:

- **investavimas į dujų tiekimo alternatyvų užtikrinimą** (LNG terminalas, Syderių požeminė saugykla, tinklo sujungimas su Lenkija (kas dujų importo pajėgumus Lietuvoje padidintų iki >10 mlrd. m³ per metus!) *versus* **dujų vartojimo radikalus mažinimas** (renovacija, ir tada perėjimas prie kogeneracijos vietinių atsinaujinančių išteklių pagrindu);
- **VAE statyba** *versus* (tų 7-8 mlrd. LTL už 500 MW_e Lietuvos dalį ir ES paramos panaudojimas) **kogeneracijos** vietinių atsinaujinančių išteklių pagrindu, **vėjo etc.** energetikos vystymui (galbūt ne tuoju pat), *plius* lankstus importo naudojimas (iš Rytų, Šiaurės po elektros tilto pastatymo);
- modeliu galima modeliuoti ir kitus investicinius projektus, pavyzdžiui, šilumos perdavimo iš Elektrėnų į Vilnių ir Kauną galimybės sukūrimas etc.

Preliminarūs rezultatai:

- VAE statybos scenarijus [apie 12 mlrd. LTL diskontuota verte] brangesnis nei lankstusis nebrangios elektros importo scenarijus. Natūralu, nes VAE pigią elektrą

generuotų tik apie 2040 metus, ką vartotojai giliai diskontuoja net esant nedideliam nekantrumo laipsniui;

- esant panašioms į dabartinį lygį biokuro kainoms, pereiti šilumos gamyboje nuo dujų, orientuojantis į gamybos pajėgumus, kurie bus reikalingi po renovacijos (apie 5TWh_h);
- dėl renovacijos, šilumos gamybos biokuro pagrindu ir minimalaus Elektrėnų 9-to bloko darbo, bendras dujų poreikis Lietuvoje kristų iki [maždaug 0,7-0,8 mlrd. m³ per metus] (atmetus „Achemos“ poreikius), todėl jei bus kuriama gausi dujų importo/saugojimo infrastruktūra, jos fiksuoti kaštai sunkia našta užguls likusius dujų vartotojus, juos galimai paskatinant taip pat atsisakyti dujų).

