

**PRILOGA E: Opis modela za izbiro ponudb za izravnalno energijo
rRPF v nadomestnem postopku**

SEZNAM KRATIC

(L)MOL – urejen seznam ponudb (ang. (Local) Merit Order List (MOL));

DA – direktna aktivacija rRPF (ang. Direct Activation, DA);

lokalni algoritem – lokalni algoritem je algoritem, ki je razvit za delovanje BS v lokalnem režimu delovanja;

MARI - Manually Activated Reserves Initiative;

rRPF platforma – skupna evropska platforma za izravnalno energijo rRPF;

MILP – mešani celoštevilčni linearni optimizacijski problem;

MTU – Market Time Unit;

PSI – ponudnik storitve izravnave;

rPPF – ročni proces za povrnitev frekvence;

rRPF – ročna rezerva za povrnitev frekvence;

SA – načrtovana aktivacija rRPF (ang. Scheduled Activation, SA).

1 UVOD

OPS bo v nepovezanem obratovalnem stanju izbral ponudbe za izravnalno energijo rRPF, ki jih bo aktiviral, v skladu s nadomestnim postopka za izbiro ponudb. Optimizacijski algoritem, ki ga bo pri tem uporabil OPS, opisuje ta Priloga E Pravil in pogojev za ponudnike storitev izravnave na izravnalnem trgu ELES (v nadaljevanju Priloga E).

Algoritem uporablja optimizacijski model, ki na podlagi ponudb za izravnalno energijo rRPF, ki jih je OPS pridobil od PSI (v nadaljevanju ponudbe), in zahteve za izravnalno energijo rRPF, ki jo določi operater (v nadaljevanju demand), izbere ponudbe, ki jih OPS aktivira, ter določi ceno izravnalne energije rRPF aktivirane v nadomestnem postopku.

2 OPTIMIZACIJSKI MODEL

2.1 Tržne definicije

Spodnja tabela podaja splošne parametre trga.

Tabela 2-1 Splošni parametri trga.

Parameter	Enota	Zapis
Perioda procesiranja (MTU)		$T, T = 1$, optimiramo samo posamezno MTU
Trajanje MTU	15 min	$ t $
Zgornja omejitev cene (Market price cap)	€/MWh	$\bar{P}$
Spodnje omejitev cene (Market price floor)	€/MWh	$\underline{P}$

Ceni Market price cap in Market price floor sta določeni kot maksimalna oz. minimalna vrednosti sprejetih ponudb za posamezno smer, tj. za izravnavo navzgor oz. izravnavo navzdol.

2.1.1. Način aktivacije

Ne glede na način aktivacije (SA ali DA) je optimizacijski model vedno enak.

2.1.2. Ponudbe

Karakteristike ponudb podaja Tabela 2-2.

Tabela 2-2 Karakteristike ponudb.

Karakteristika ponudbe	Enota	Zapis	Tip
Indeks		$i \in I$	
Smer		Navzgor/Navzdol	Vhod
Max količina	MW	$\bar{Q}_i \geq 1$ Resolucija: 1 MW	Vhod
Min količina	MW	$\underline{Q}_i = 0$ ali $\underline{Q}_i \geq 1$ Resolucija: 1 MW	Vhod
Cena	€/MWh	$P_i^{l,-} < P_i < P_i^{l,+}$	Vhod

Sprejetje		$a_i \in \{0,1\}$	Izhod
Razmerje sprejetja		$r_i \in [0,1]$	Izhod
Sprejete količine	MW	$Q_i = \bar{Q}_i \cdot r_i$	Izhod

Vsaka ponudba je lahko osnovna ali kompleksna. Kompleksne ponudbe se delijo na izključujoče in večdelne ponudbe.

2.1.3. Enostavne ponudbe

Enostavne ponudbe imajo naslednjo definicijo in zapis, ki ga podaja Tabela 2-3.

Tabela 2-3 Zapis karakteristike osnovne ponudbe.

Karakteristika ponudbe	Zapis	Tip
Indeks	$i \in I^B \subseteq I$	

Osnovne ponudbe se grupirajo v naslednje kategorije:

- popolnoma deljive : $\underline{Q}_i = 0$
- nedeljive: $\underline{Q}_i = \bar{Q}_i$
- deljive: $0 < \underline{Q}_i < \bar{Q}_i$

2.1.4. Izključujoče ponudbe

Izključujoče ponudbe imajo glede na osnovne ponudbe dodatno še naslednje zahteve, ki jih podaja Tabela 2-4.

Tabela 2-4 Dodatne zahteve izključujočih ponudb.

Karakteristika ponudbe	Zapis	Tip
Indeks	$k \in K$	
Pridružene ponudbe	$I_k^K \subseteq I$	Vhod

Največ ena izključujoča ponudba je lahko izbrana pri optimizaciji optimizacije.

2.1.5. Večdelne ponudbe

Izključujoče ponudbe imajo glede na osnovne ponudbe dodatno naslednje zahteve, ki jih podaja Tabela 2-5.

Tabela 2-5 Dodatne zahteve za večdelne ponudbe.

Karakteristika ponudbe	Zapis	Tip
Indeks	$l \in L$	
Pridružene ponudbe	$I_l^L \subseteq I$	Vhod
Perioda dobave	$T_l \subseteq T$ $T_l = T_i, \forall i \in I_l^L$	Vhod

Večdelne ponudbe ne smejo biti izključujoče ponudbe in veljati morajo za isto MTU periodo, tj. interval izravnave.

Za vse pridružene ponudbe velja, da morajo imeti konstantno minimalno in maksimalno količino ter konstantno ceno preko celotne periode dobave.

Za vsako večdelno ponudbo velja, da so pridružene ponudbe sprejete samo na podlagi naslednje cenovne hierarhije:

- za večdelne ponudbe za izravnavo navzgor velja: kadarkoli je posamezna pridružena ponudba sprejeta, da morajo biti v celoti sprejete vse pridružene ponudbe z nižjo ceno;
- za večdelne ponudbe za izravnavo navzdol velja: kadarkoli je posamezna pridružena ponudba sprejeta, da morajo biti v celoti sprejete vse pridružene ponudbe z višjo ceno.

To pomeni, da je cenovna krivulja za večdelne ponudbe za izravnavo navzgor naraščajoča ter padajoča za večdelne ponudbe za izravnavo navzdol.

2.1.6. Zahteve po izravnalni energiji rRPF (demand)

V splošnem lahko operater poda elastično ali neelastične zahteve po izravnalni energiji. Pri elastični zahtevi, ki velja samo za SA aktivacijo, operater določi ceno po kateri je pripravljen kupiti oz. prodati svoj demand. Pri neelastični zahtevi operater določi samo količino (demand). OPS lahko v danem trenutku poda samo en demand, ki je v odvisnosti od razmer v sistemu lahko izravnava navzgor ali izravnava navzdol. Ne more pa hkrati podati zahtevo po izravnavi v obeh smereh. Karakteristike zahteve za izravnalno energijo rRPF podaja Tabela 2-6.

Tabela 2-6 Karakteristike zahteve za izravnalno energijo rRPF.

Karakteristika zahteve	Enota	Zapis	Tip
Indeks		$n \in N$	
Smer		Navzgor/Navzdol	Vhod
Max količina	MW	$\bar{Q}_n \geq 1$ Resolucija: 1 MW	Vhod
Min količina	MW	$\underline{Q}_n = 0$	Vhod
Cena	€/MWh	$p_n = p^{I,+} = \bar{p}$; za izravnavo navzgor $p_n = p^{I,-} = \underline{p}$; za izravnavo navzdol	Vhod
Sprejetje		$a_n \in \{0,1\}$	Izhod
Razmerje sprejetja		$r_n \in [0,1]$	Izhod
Sprejete količine	MW	$Q_n = \bar{Q}_n \cdot r_n$	Izhod

2.1.7. Pravila izbire ponudb

Izbira ponudb je neodvisna od vrste aktivacije. Pri tem upoštevamo samo razpoložljive ponudbe za posamezno vrsto aktivacije.

Pri izbiri ponudb za aktivacijo optimizacijski algoritem:

- upošteva karakteristike ponudb: deljivost, min/max vrednosti, izključujoče ponudbe, večdelne ponudbe;
- upošteva zahtevo po izravnavi (demand),
- maksimizira socialno dobrobit (ang. social welfare).

2.2 Matematični model

Ta sekcija opredeljuje matematični model, ki ga OPS uporablja pri izbiri posameznih ponudb. Zapis je povzet po tržnih definicijah.

2.2.1. Množice

Ponudbe in zahteve za izravnavo so združene v posamezne množice, kot to prikazuje Tabela 2-7.

Tabela 2-7 Množice.

Množica	Zapis
Ponudbe	I, I^+, I^- (smer navzgor), I^- (smer navzdol)
V celoti deljive ponudbe	$I^F, I^{F+}, I^{F-} = \{i \in I / \underline{Q}_i = 0\}$
Deljive ponudbe	$I^D, I^{D+}, I^{D-} = \{i \in I / 0 < \underline{Q}_i < \overline{Q}_i\}$
Nedeljive ponudbe	$I^{NE}, I^{NE+}, I^{NE-} = \{i \in I / \underline{Q}_i = \overline{Q}_i\}$
Izključujoče ponudbe	$I^K, I^{K+}, I^{K-} = \{k \in K\}$ pridružene ponudbe $I^K = \bigcup_{k \in K} I_k^K$
Večdelne ponudbe	$I^L, I^{L+}, I^{L-} = \{l \in L\}$ pridružene ponudbe $I^L = \bigcup_{l \in L} I_l^L$
Osnovne ponudbe	$I^B = I \setminus I^K \setminus I^L$
Demand	N, N^+ (smer navzgor), N^- (smer navzdol),

2.2.2. Cena demanda

V primeru uporabe elastične zahteve, se izločitev ponudb, ki ne ustrezajo kriteriju cene (so dražje) izloči pred izvedbo optimizacije.

2.2.3. Spremenljivke

Model uporablja naslednje spremenljivke, ki jih podaja Tabela 2-8.

Tabela 2-8 Uporabljene spremenljivke.

Spremenljivka	Zapis
Sprejetje ponudbe	$a_i \in \{0,1\}, \forall i \in I$
Razmerje sprejeta ponudbe	$r_i \in [0,1], \forall i \in I$
Sprejetje demanda	$a_n \in \{0,1\}, \forall n \in N$
Razmerje sprejetja demanda	$r_n \in [0,1], \forall n \in N$

Izhodni podatki, ki so neposredno določeni z zgornjimi spremenljivkami in ne predstavljajo dejansko stopnjo prostosti modela. Kadarkoli se pojavijo v omejitvah, jih zamenjamo z njihovo enačbo/izrazom.

Tabela 2-9 Izhodne vrednosti.

Izhodna vrednost	Zapis
Količina sprejetje ponudbe	$Q_i = \overline{Q}_i \cdot r_i, \forall i \in I$
Količina sprejetega demanda	$Q_n = \overline{Q}_n \cdot r_n, \forall n \in N$

2.2.4. Omejitve

V nadaljevanju podajamo omejitve, ki jih upoštevamo za posamezne spremenljivke. Te omejitve predstavljajo dodatne omejitve glede na omejitve, ki so predstavljene v razdelku 2.2.3. Omejitve veljajo splošno za vse ponudbe posameznega tipa.

Karakteristike ponudb

- Osnovne ponudbe

$$r_i \leq a_i, \quad \forall i \in I$$

$$r_i \geq \left(\underline{Q}_i / \bar{Q}_i \right) \cdot a_i, \quad \forall i \in I$$

- Izključujoče ponudbe

$$r_i \leq a_i, \quad \forall k \in K, \forall i \in I_k^K$$

$$r_i \geq \left(\underline{Q}_i / \bar{Q}_i \right) \cdot a_i, \quad \forall k \in K, \forall i \in I_k^K$$

$$\sum_{i \in K} a_i \leq 1, \quad k \in K$$

- Večdelne ponudbe za izravnavo navzgor

$$r_i \leq a_i, \quad \forall l \in L^+, \forall i \in I_l^L$$

$$r_i \geq \left(\underline{Q}_i / \bar{Q}_i \right) \cdot a_i, \quad \forall l \in L^+, \forall i \in I_l^L$$

$$a_{i_2} \leq r_{i_1}, \quad \forall l \in L^+, \forall i_1, i_2 \in I_l^L, P_{i_1} < P_{i_2}$$

- Večdelne ponudbe za izravnavo navzdol

$$r_i \leq a_i, \quad \forall l \in L^-, \forall i \in I_l^L$$

$$r_i \geq \left(\underline{Q}_i / \bar{Q}_i \right) \cdot a_i, \quad \forall l \in L^-, \forall i \in I_l^L$$

$$a_{i_2} \leq r_{i_1}, \quad \forall l \in L^-, \forall i_1, i_2 \in I_l^L, P_{i_1} > P_{i_2}$$

Karakteristike Demanda

$$r_n \leq a_n, \quad \forall n \in N$$

Bilanca moči

Enačba bilance moči je tipa »vsota proizvodnje => vsoti porabe« za posamezno smer izravnave¹.

$$\sum_i Q_i \geq Q_n, \quad \forall i \in I^+, \forall n \in N^+$$

$$\sum_i Q_i \geq Q_n, \quad \forall i \in I^-, \forall n \in N^-$$

2.2.5. Kriterijska funkcija

Cilj optimizacije je minimizacija stroškov izravnave ob upoštevanju bilance moči. V prvem koraku se izračuna D^o z uporabo kriterijske funkcije, kot je prikazano v naslednji tabeli:

Minimizacija	pod pogojem		Rezultat
$\sum_i Q_i$	$\sum_i Q_i \geq Q_n$	$\forall i \in \{vse\ ponudbe\}$	$D^o = \sum_i Q_i$

V drugem koraku se izračuna optimalen izbor ponudb in njihovih količin za aktivacijo. Glede na zahtevano smer po izravnalni energiji, se uporabi eno izmed naslednjih dveh kriterijskih funkcij:

Smer	Minimizacija	pod pogojem	
------	--------------	-------------	--

¹ Zaradi nezveznosti optimizacijskega prostora, tj. zahtevi po izravnavi ne zadosti nobena kombinacija izbire razpoložljivih ponudb, lahko algoritem izbere tudi večjo količino ponudb kakor jih je določil operater.

navzgor	$\sum_i Q_i \cdot P_i$	$\sum_i Q_i = D^o$	$\forall i \in \{vse\ ponudbe\}$
Smer	Maksimizacija	pod pogojem	
navzdol	$\sum_i Q_i \cdot P_i$	$\sum_i Q_i = D^o$	$\forall i \in \{vse\ ponudbe\}$

2.3 Optimizacijski algoritem

Optimizacijski model optimiramo z uporabo algoritma, ki je namenjen reševanju mešanih celoštevilčnih linearnih optimizacijskih problemov (MILP).