

Haladó Hibrid Market Coupling Aukció

Másnapi villamosenergia-piacok egyesítése

Kovács József Viktor
kovacs.jozsef.viktor@gmail.com

IP Systems Informatikai Kft.

BME Matematikai Modellalkotás Szeminárium

Tartalom

- 1 Árampiac sajátosságai
- 2 Market Coupling
- 3 Hibrid piac-összekapcsolás
- 4 Prototípus alkalmazás

Árampiac sajátosságai

- 1 **Árampiac sajátosságai**
 - Villamos energia mint termék
 - Piaci szereplők
 - Áramkereskedelmi piacok
 - Villamos energia beszerzése
- 2 Market Coupling
- 3 Hibrid piac-összekapcsolás
- 4 Prototípus alkalmazás

Villamos energia mint termék

A villamos energia - mint termék - több helyen is eltér a "szokásos" piaci termékektől

Villamos energia mint termék

A villamos energia - mint termék - több helyen is eltér a "szokásos" piaci termékektől

- lényegében nem tárolható
- kulcsfontosságú
- nem helyettesíthető
- a fogyasztás közvetlenül nem korlátozható
- termelési-fogyasztási egyensúly
- nehezen előrejelezhető fogyasztás
- nagy áringadozás
- rugalmatlan kereslet
- statikus szállíthatóság
- a kereskedelem és a szállítás útja szétválik

Kereslet sajátosságai

Az áram iránti keresletnek sajátos vonásai vannak

Kereslet sajátosságai

Az áram iránti keresletnek sajátos vonásai vannak

- elektromos berendezések adta szolgáltatások
- a kereslet rugalmatlan
 - néhány szolgáltatás kereslete független az áram áráról
 - a legtöbb esetben nem helyettesíthető
 - kiskereskedelmi árképzés éves szinten történik
- időszakonként eltérő kereslet
 - csúcsidő
 - rövid távon elektromos berendezések terhelésével reagálnak az árakra
 - hosszú távon a berendezések korszerűsítése is megvalósítható
- a jövedelem közvetve reagál a keresletre

Villamos energia termelés

A termelés alapvetően erőművekben történik, melyek különböző tulajdonságokkal rendelkeznek

Villamos energia termelés

A termelés alapvetően erőművekben történik, melyek különböző tulajdonságokkal rendelkeznek

- kapacitás
 - az összkapacitáson felüli mennyiséget importálni kell
- határfok
 - a termelési folyamatba bevitt és a folyamat által kinyert energia aránya
- bizonytalanság
 - meghibásodás
 - időjárás (nap- és szélenergia)
- termelési költség

Szállítása sajátosságai

Az áram szállításának sajátosságai

Szállítása sajátosságai

Az áram szállításának sajátosságai

- saját fizikai infrastruktúrához kötött
- magasfeszültségű átviteli hálózatok
 - összekötik a termelőket és a fogyasztási körzeteket
 - véges kapacitásúak
- kis- és középfeszültségű elosztási hálózatok
 - az áram ezeken jut el a végfelhasználókhoz

Piaci szereplők

Az árampiacon az alábbi szereplők vannak jelen

Piaci szereplők

Az árampiacon az alábbi szereplők vannak jelen

- termelők
- rendszerirányító
- elosztói engedélyes
- kereskedők
- fogyasztók

Termelők

Az árampiac termelői különféle erőművek, melyek villamos energia előállítására alkalmas létesítmények

Termelők

Az árampiac termelői különféle erőművek, melyek villamos energia előállítására alkalmas létesítmények

- atomerőmű, szélerőmű, vízerőmű
- gőzturbinával működő hőerőmű
 - nagy hatásfokkal termelnek
 - lassan lehet elindítani és leállítani
- gázturbinával működő hőerőmű
 - gyorsan elindíthatók és leállíthatók
- gázmotoros kapcsolt erőművek
 - villamos energiát és hőt is termelnek
- kötelező átvételű termelők (KÁT)
 - megújuló energiaforrásból és hulladékból

Rendszerirányító

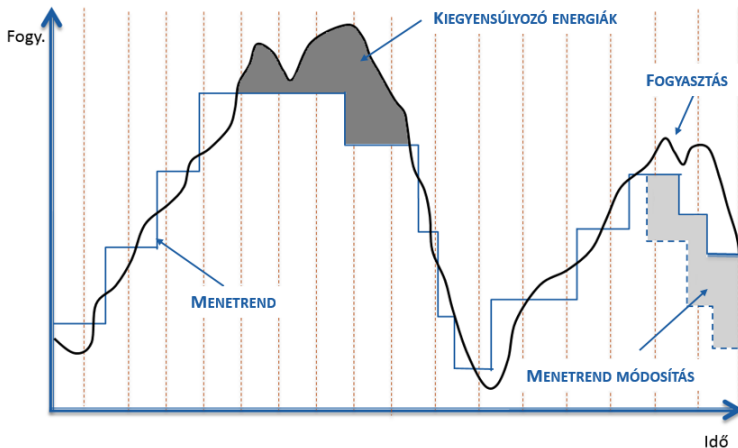
Olyan - sokszor állami irányítás alatt álló - szervezet, amely a villamosenergia-hálózat szabályozását és üzemeltetését menedzseli

Rendszerirányító

Olyan - sokszor állami irányítás alatt álló - szervezet, amely a villamosenergia-hálózat szabályozását és üzemeltetését menedzseli

- átviteli hálózat üzemeltetője
- kereskedelmi aukció szervező
- menetrend
- termelés szabályozás
- Magyarországon a MAVIR Zrt.

Menetrend



Elosztói engedélyes

A villamosenergia-hálózatok fejlesztését, üzemeltetését, karbantartását és a villamos energia elosztását végző jogi személy

Elosztói engedélyes

A villamosenergia-hálózatok fejlesztését, üzemeltetését, karbantartását és a villamos energia elosztását végző jogi személy

- villamos energia megfelelő minőségben történő eljuttatása a fogyasztók felé
- átadott energia mérése

Kereskedők

Saját elosztói hálózattal nem rendelkező vállalatok

Kereskedők

Saját elosztói hálózattal nem rendelkező vállalatok

- nagykereskedőktől vásárolnak
- kiskereskedelmi szerződések útján értékesítik a fogyasztóknak
- versenypiaci szereplők
- egyetemes szolgáltatók
 - lakosságnak és mikrovállalatoknak
 - előzetesen meghatározott áron

Fogyasztók

A villamos energia végfelhasználói

Fogyasztók

A villamos energia végfelhasználói

- szabadpiaci fogyasztók
 - gyárok, üzemek, közép- és nagyvállalatok
- egyetemes fogyasztók
 - kisfogyasztók, lakossági ügyfelek
- idősoros fogyasztók
 - rendelkeznek távméréssel rendelkező mérőórával
- profilos fogyasztók
 - nem rendelkeznek megfelelő mérőórával
 - ide tartozik még pl. a közvilágítás is

Áramkereskedelmi piacok

A villamosenergia-kereskedelem meghatározó jellemzője a szállítási idő

Áramkereskedelmi piacok

A villamosenergia-kereskedelem meghatározó jellemzője a szállítási idő

- az az időpont, amikor a villamos energia ténylegesen szállításra kerül
- a szállítás pl. a hálózati veszteségek miatt igen költséges
- az országok között szállított áram lényegesen kapacitás-korlátos
 - határkapacitás
- nem csak a villamos energiát, hanem a kapacitásjogot is meg kell vásárolni
- alapvetően három piac létezik

Energiapiac

**Az energiapiacon a ténylegesen felhasznált energiával
kapcsolatos kereskedelem zajlik**

Energiapiac

Az energiapiacon a ténylegesen felhasznált energiával kapcsolatos kereskedelem zajlik

- a vásárló az adott időpont(ok)ban leszállításra kerülő áram mennyiségéért fizet
- az itt vásárolt termékkel lehet ténylegesen kielégíteni a fogyasztási igényeket
- termékek kategorizálhatóak az időhorizont mentén
 - future
 - day-ahead
 - intraday

Kapacitáspiac

Az import-export termékek szállításához lehet előzetesen kapacitásokat foglalni

Kapacitás piac

Az import-export termékek szállításához lehet előzetesen kapacitásokat foglalni

- opció, amely lehetőséget teremt a szállításra egy adott határmetszéken/hálózati szegmensen egy adott időpontban
- országon belüli szállításhoz nem kell kapacitást vásárolni
- kedvező opció
 - adott időpontra határkapacitást vásárlunk az A és B szomszédos országok közötti határra
 - ha a tekintett időpontban az A piacon alacsonyabb ár lesz, mint a B piacon
 - A országból áram vásárlással és B országban áram eladással profit realizálható

Szabályozási piac

A szabályozási piacon kereskedhetünk a kiegyenlítő energiával

Szabályozási piac

A szabályozási piacon kereskedhetünk a kiegyenlítő energiával

- $D - 1$ nap összesítik a D nap becsült fogyasztását
- a menetrendet átadják a rendszerirányítónak
- amikor a tényleges adatok ettől eltérnek, kiegyenlítő energia kereskedelemre van szükség
- a rendszerirányító meghatározza az havi átlagos kiegyenlítő energia díjat
 - ezt szerepelteti az ügyfelek számára kiállított havi elszámolásban

Energiakereskedelmi termékek az időhorizonton

A villamosenergia-piac és a kapacitáspiac termékei csoportosíthatók idő szerint

Energiakereskedelmi termékek az időhorizonton

A villamosenergia-piac és a kapacitáspiac termékei csoportosíthatók idő szerint

- határidős piac
 - forward termékek
 - a szerződéskötés és a szállítás között több mint egy nap telik el
 - elsődleges szerepe a kockázatkezelés
- azonnali piac
 - spot termékek
 - a szerződéskötés és a szállítás között legfeljebb egy nap telik el
 - másnapi piac (day-ahead): $D - 1$ napon a D napi termékekkel
 - napon belüli piac (intraday): akár a következő 5 percre is lehet terméket vásárolni
 - a teljes piac kis hányadát teszi ki
 - árak nagy változékonysága

Standard termékek

A villamosenergia-piacon is megtalálhatók a standard termékek

Standard termékek

A villamosenergia-piacon is megtalálhatók a standard termékek

- zsinór termék: $H - V, 0 - 24$
- munkanapi zsinór termék: $H - P, 0 - 24$
- csúcsidőszaki termék I.: $H - V, 6 - 24$
- csúcsidőszaki termék II.: $H - P, 6 - 22$
- nemzetközi csúcsidőszaki termék: $H - P, 8 - 20$
- csúcsidőszakon kívüli termék I.: $H - P, 22 - 6$
- csúcsidőszakon kívüli termék II.: $SZ - V, 0 - 24$

Villamos energia beszerzése

A villamos energia beszerzése alapjában kétféle módon történhet)

Villamos energia beszerzése

A villamos energia beszerzése alapjában kétféle módon történhet)

- piaci alapú beszerzés
- nem piaci alapú beszerzés

Nem piaci alapú beszerzés

A nem piaci alapon történő villamos energia beszerzésnek két formája van

Nem piaci alapú beszerzés

A nem piaci alapon történő villamos energia beszerzésnek két formája van

- egyetemes szolgáltatás
 - egyetemes fogyasztók jogosultak erre a fajta beszerzésre
 - meghatározott minőségű villamos energiát
 - méltányos, transzparens és összehasonlítható áron
- kötelező átvételi rendszer (KÁT)
 - a mérlegköröknek kötelező bizonyos mennyiségű zöld villamos energiát vételezniük
 - MAVIR által meghatározott KÁT-egységár

Piaci alapú beszerzés

A piaci alapon történő villamos energia beszerzésnek két szélsőséges formája van

Piaci alapú beszerzés

A piaci alapon történő villamos energia beszerzésnek két szélsőséges formája van

- decentralizált piac
 - bilaterális szerződések
 - termékek egyediek és standardak
 - a felek megállapodásán alapszik
 - záráskor mindenki menetrendet ad a rendszerirányítónak
 - előnye a rugalmasság
 - hátránya pl. a partnerkockázat
- integrált piac
 - szervezett kereskedelem, anonim résztvevők
 - minden résztvevő ajánlatot tesz: mekkora mennyiségű áramot milyen áron kínálnak/keresnek
 - standard termékek
 - keresleti-kínálati görbék \Rightarrow piactisztító ár

Market Coupling

- 1 Árpiac sajátosságai
- 2 **Market Coupling**
 - Európai Uniós célok
 - Másnapi tőzsdék összekapcsolása
 - Piac-összekapcsolás lényege
 - Fogalmak
- 3 Hibrid piac-összekapcsolás
- 4 Prototípus alkalmazás

Európai Uniós célok

Az Európai Unió egyik célja

Európai Uniós célok

Az Európai Unió egyik célja

- uniós belső villamosenergia-piac (IEM) megteremtése
- tagállami piacok továbbéléseként multi-zonális felépítésű
- szinergikus villamosenergia-kereskedelem
- villamos energia liberalizáció
 - növekvő hatékonyság
 - csökkenő fogyasztói árak
 - minőség emelkedése
- árzónák közötti határkeresztező kapacitások megfelelő allokációja

Definit célmodellek, elképzelések

A másnapi határkeresztező kapacitások allokálására kitűzött cél

- ár alapú piac összekapcsolás bevezetése
- implicit kapacitásallokáció
- áramlás alapú (eleinte ATC alapú)

Definit célmodellek, elképzelések

A másnapi határkeresztező kapacitások allokálására kitűzött cél

- ár alapú piac összekapcsolás bevezetése
- implicit kapacitásallokáció
- áramlás alapú (eleinte ATC alapú)

Az Európai Bizottság további javaslatai

- határkapacitások kalkulációja közös hálózati modell alapján
- intraday kereskedelem régiók között is

Másnapi tőzsdék összekapcsolása

A másnapi tőzsdék összekapcsolására adott módszertan

- ár alapú összekapcsolás
- D napi termékek kereskedése a $D - 1$ napon
- órás bontású standard termékek
- implicit kapacitás aukció

Másnapi tőzsdék összekapcsolása

A másnapi tőzsdék összekapcsolására adott módszertan

- ár alapú összekapcsolás
- D napi termékek kereskedése a $D - 1$ napon
- órás bontású standard termékek
- implicit kapacitás aukció

Megoldás a Market Coupling aukció

- több lépésben kerül végrehajtásra
- ATC alapú
- áramlás alapú (flow based)
- hibrid modell

Európai villamosenergia-tőzsdék jelenlegi kapcsolódása



Árazás és árkonvergencia

Az egyes tőzsdéken az árazás uniform price aukció elven működik

- ajánlatok indukálják a keresleti és a kínálati görbéket
- a görbék metszéspontja meghatározza a piactisztító árat
- az **in-the-money** termékeket teljesen elfogadják
- az **at-the-money** termékek részlegesen lesznek elfogadva
- az **out-the-money** termékek nem lesznek elfogadva

Árazás és árkonvergencia

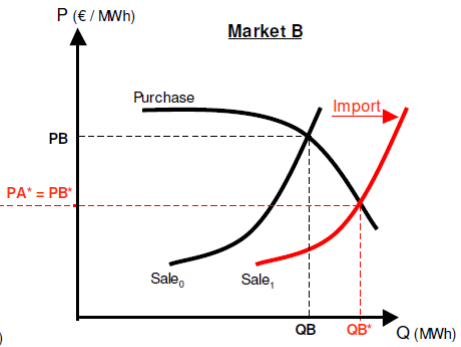
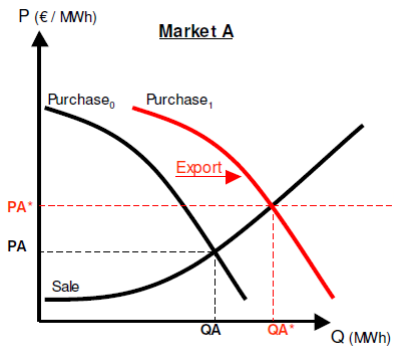
Az egyes tőzsdéken az árazás uniform price aukció elven működik

- ajánlatok indukálják a keresleti és a kínálati görbéket
- a görbék metszéspontja meghatározza a piactisztító árat
- az **in-the-money** termékeket teljesen elfogadják
- az **at-the-money** termékek részlegesen lesznek elfogadva
- az **out-the-money** termékek nem lesznek elfogadva

Piacok közötti cserekereskedelem hatására

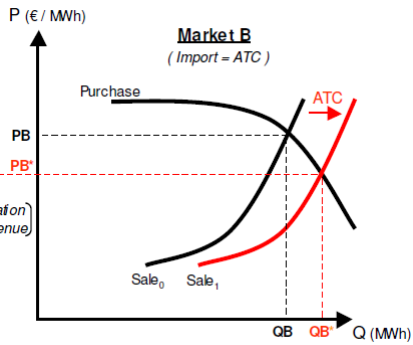
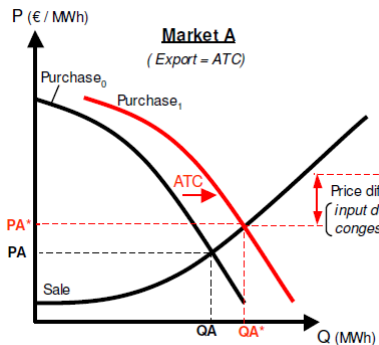
- export esetén a keresleti görbe eltolódik
- import esetén a kínálati görbe tolódik el
- árkonvergencia jön létre

Teljes árkonvergencia



PA* = PB*

Részleges árkonvergencia



Kereskedhető termékek

Minden termékből lehet

- eladási ajánlat (kínálati termék)
- vételi ajánlat (keresleti termék)

Kereskedhető termékek

Minden termékből lehet

- eladási ajánlat (kínálati termék)
- vételi ajánlat (keresleti termék)

Kétféle terméktípus

- órás termék
- blokk termék

Kereskedhető termékek

Minden termékből lehet

- eladási ajánlat (kínálati termék)
- vételi ajánlat (keresleti termék)

Kétféle terméktípus

- órás termék
- blokk termék

A termékek elfogadottsága

- órás termékek részlegesen is elfogadhatók
- blokk termékek **fill-or-kill** tulajdonságúak

Órás termékek

Definíció

Egy **óras ajánlat** egy $o = (m_o, h_o, Q_o, P_o^0, P_o^1)$ ötössel jellemezhető, ahol

- m_o az a piac (tőzsde), melyen az ajánlatot meghirdették
- h_o az az óra, amelyre az ajánlat vonatkozik
- Q_o az ajánlott vagy igényelt mennyiség
- P_o^0 az ajánlat **kezdő ára**
 - ahonnan az ajánlat elfogadhatóvá válik
- P_o^1 az ajánlat **befejező ára**
 - ahonnan az ajánlat elfogadandóvá válik

Órás termékek

Definíció

Ha az o órás ajánlat **eladási ajánlat**, akkor

$$Q_o > 0 \text{ és } P_o^0 \leq P_o^1$$

Ha az o órás ajánlat **vételi ajánlat**, akkor

$$Q_o < 0 \text{ és } P_o^0 \geq P_o^1$$

Órás termékek

Definíció

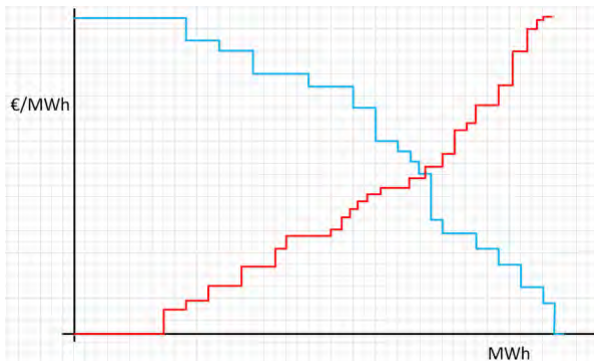
Az o órás ajánlat **lépcsős ajánlat**, ha

$$P_o^0 = P_o^1$$

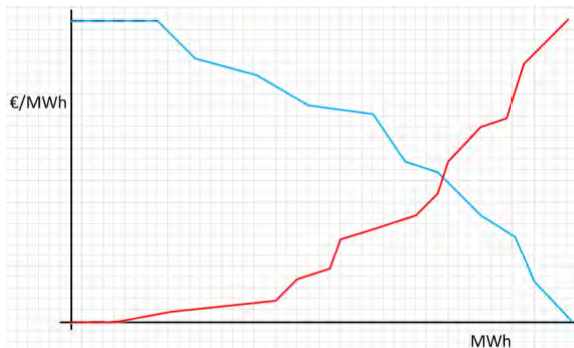
Az o órás ajánlat **lineáris ajánlat**, ha

$$P_o^0 \neq P_o^1$$

Lépcsős órás termékek



Lineáris órás termékek



Blokk termékek

Definíció

Egy **blokk ajánlat** egy $b = (m_b, H_b, Q_{b,h}, P_b)$ négyessel jellemezhető, ahol

- m_b az a piac (tőzsde), amelyen az ajánlatot meghirdették
- H_b azon órák halmaza, melyekre az ajánlat vonatkozik
- $Q_{b,h}$ az ajánlott vagy igényelt mennyiség a h órában
- P_b az ajánlat egység ára (minden H_b -beli órára)

Blokk termékek

Definíció

Egy **blokk ajánlat** egy $b = (m_b, H_b, Q_{b,h}, P_b)$ négyessel jellemezhető, ahol

- m_b az a piac (tőzsde), amelyen az ajánlatot meghirdették
- H_b azon órák halmaza, melyekre az ajánlat vonatkozik
- $Q_{b,h}$ az ajánlott vagy igényelt mennyiség a h órában
- P_b az ajánlat egység ára (minden H_b -beli órára)

Megjegyzés: Minden blokk ajánlat **fill-or-kill** tulajdonságú

- vagy minden H_b -beli órában elfogadjuk a teljes mennyiséget
- vagy minden órában visszautasítjuk

Blokk termékek

Definíció

Ha a b blokk ajánlat **eladási ajánlat**, akkor minden $h \in H_b$ órára

$$Q_{bh} > 0$$

Ha a b blokk ajánlat **vételi ajánlat**, akkor minden $h \in H_b$ órára

$$Q_{bh} < 0$$

Megjegyzés: A $h \notin H_b$ órákra $Q_{bh} = 0$.

ATC alapú modell

Az ATC alapú modell esetén

- közvetlenül nem a hálózati elemek korlátozzák a kereskedelmet
- a szomszédos piacok közötti kereskedelem van korlátozva
- a korlátokat rendszerirányítók becsülik meg

ATC alapú modell

Az ATC alapú modell esetén

- közvetlenül nem a hálózati elemek korlátozzák a kereskedelmet
- a szomszédos piacok közötti kereskedelem van korlátozva
- a korlátokat rendszerirányítók becsülik meg

A modell előnyei

- egyszerű és átlátható
- egyszerűbb eszközökkel kezelhető

ATC alapú modell

Az ATC alapú modell esetén

- közvetlenül nem a hálózati elemek korlátozzák a kereskedelmet
- a szomszédos piacok közötti kereskedelem van korlátozva
- a korlátokat rendszerirányítók becsülik meg

A modell előnyei

- egyszerű és átlátható
- egyszerűbb eszközökkel kezelhető

A model hátrányai

- szűkebb mozgástér
- a hálózat adta lehetőségek kisebb mértékű kihasználtsága
- kisebb árkonvergencia

ATC élek

Definíció

ATC él egy $l = (m_l^-, m_l^+, ATC_l^-, ATC_l^+)$ négyes, ahol

- m_l^- és m_l^+ szomszédos piacok: m_l^- az él kezdőpontja, m_l^+ az él végpontja
- ATC_l^+ és ATC_l^- az órákkal indexelt kapacitásvektorok, melyek megadják, hogy mekkora lehet a kereskedelem az éllel megegyező és az éllel ellentétes irányba:

$$ATC_{l,h}^- \leq 0 \quad \text{és} \quad 0 \leq ATC_{l,h}^+$$

A fenti *ATC* kapacitásokat **rendelkezésre álló átviteli kapacitásoknak** nevezzük (**Available Transfer Capacity**).

ATC élek

Megjegyzés: Az ATC alapú piacok és az ATC élek egy egyszerű digráfot határoznak meg

- csúcsai a részt vevő piacok
- a szomszédos piacok határozzák meg a gráf élhalmazát
- minden élnek rögzített az irányítása

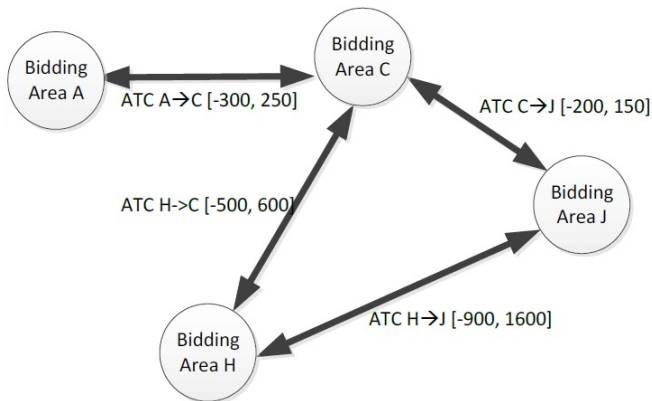
ATC élek

Megjegyzés: Az ATC alapú piacok és az ATC élek egy egyszerű digráfot határoznak meg

- csúcsai a részt vevő piacok
- a szomszédos piacok határozzák meg a gráf élhalmazát
- minden élnek rögzített az irányítása

Megjegyzés: Ha egy ATC él valamely irányba telítődik, akkor **torlódási árat** kell érte fizetni.

ATC alapú megközelítés



Áramlás alapú modell

Az áramlás alapú (Flow Base) modell esetén

- a kritikus hálózati elemek korlátozzák a kereskedelmet
- kritikus kieséseket is figyelembe vesz (gyakorlatban: $n - 1$ elv)
- nem csak szomszédos piacok között lehet kereskedelem

Áramlás alapú modell

Az áramlás alapú (Flow Base) modell esetén

- a kritikus hálózati elemek korlátozzák a kereskedelmet
- kritikus kieséseket is figyelembe vesz (gyakorlatban: $n - 1$ elv)
- nem csak szomszédos piacok között lehet kereskedelem

A modell előnyei

- a valósághoz közelebb álló modell
- a hálózat jobb kihasználtsága
- nagyobb árkonvergencia

Áramlás alapú modell

Az áramlás alapú (Flow Base) modell esetén

- a kritikus hálózati elemek korlátozzák a kereskedelmet
- kritikus kieséseket is figyelembe vesz (gyakorlatban: $n - 1$ elv)
- nem csak szomszédos piacok között lehet kereskedelem

A modell előnyei

- a valósághoz közelebb álló modell
- a hálózat jobb kihasználtsága
- nagyobb árkonvergencia

A modell hátrányai

- bonyolult kapacitászámítás
- kombinatorikusan nehezebben kezelhető

Kritikus elemek

Definíció

Kritikus eset (vagy **kritikus elem**) egy

$c = (cb, co, h, RAM^-, RAM^+)$ ötös, ahol

- cb egy hálózati elem (**critical branch**)
- co egy kritikus üzemállapot (**critical outage**): rendszerelemek egy olyan halmaza, melyek kiesésével számolunk
- h az az óra, melyben a cb hálózati elem kritikus elem a co üzemállapot mellett
- $RAM^- = RAM_{cb,co,h}^-$ és $RAM^+ = RAM_{cb,co,h}^+$ a cb kritikus elem előjeles terhelhetőségének alsó és felső határa a h órában a co üzemállapotot feltételezve

Kritikus elemek

Definíció

A fenti *RAM* kapacitásokat **rendelkezésre álló áramlás kapacitásoknak** nevezzük (**Remaining Available Margin**).

Kritikus elemek

Definíció

A fenti *RAM* kapacitásokat **rendelkezésre álló áramlás kapacitásoknak** nevezzük (**Remaining Available Margin**).

Megjegyzés: A kritikus elemek is irányítottak, így ebben az esetben is igaz, hogy

$$RAM_{cb,co,h}^- \leq 0 \quad \text{és} \quad 0 \leq RAM_{cb,co,h}^+$$

Kritikus elemek

Definíció

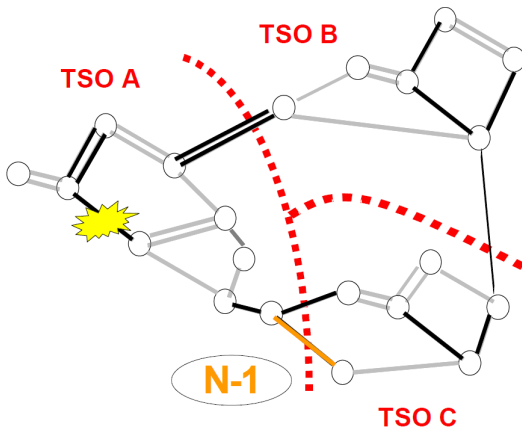
A fenti *RAM* kapacitásokat **rendelkezésre álló áramlás kapacitásoknak** nevezzük (**Remaining Available Margin**).

Megjegyzés: A kritikus elemek is irányítottak, így ebben az esetben is igaz, hogy

$$RAM_{cb,co,h}^- \leq 0 \quad \text{és} \quad 0 \leq RAM_{cb,co,h}^+$$

Megjegyzés: Ha egy kritikus elem valamely irányba telítődik, akkor **torlódási árat** kell érte fizetni.

Áramlás alapú megközelítés



PTDF mátrix

Definíció

A **PTDF mátrix (Power Transfer Distribution Factor)** megadja, hogy egy adott m piac nettó exportjának mekkora része terhelődik előjelesen egy adott kritikus elemre

$$PTDF_{cb,co,h,m} = \frac{\Delta f_{cb,co,h}}{\Delta n_{m,h}}$$

- $\Delta f_{cb,co,h}$ az áramlásváltozás a cb kritikus elemen a co hiányállapot mellett a h órában
- $\Delta n_{m,h}$ pedig az áramlásváltozást előidéző nettó export változás

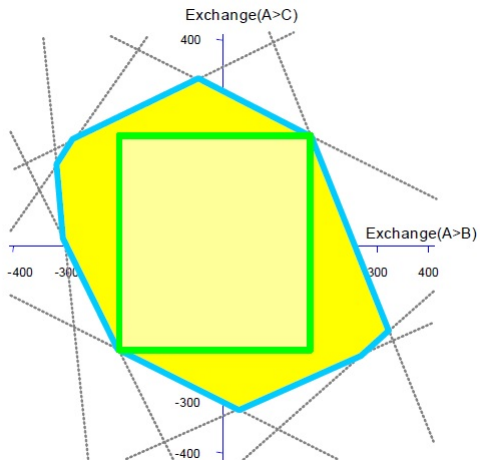
PTDF mátrix

Tehát a cb kritikus elemre egy co üzemállapotot feltételezve a h órában

$$\sum_{m \in M_{FB}} PTDF_{cb,co,h,m} n_{m,h}$$

mennyiség terhelődik, ahol $n_{m,h}$ jelöli az m piac nettó exportját a h órában.

A két modell megengedett tartományai



Célfüggvény

Az egységes piaci árak hatására

- kialakulnak az **eladói** és a **vételi többletek**
- az eltérő piaci árak és a hozzájuk tartozó nettó exportok adják a **rendszerirányítói bevételt**

Célfüggvény

Az egységes piaci árak hatására

- kialakulnak az **eladói** és a **vételi többletek**
- az eltérő piaci árak és a hozzájuk tartozó nettó exportok adják a **rendszerirányítói bevételt**

Definíció

Az aukció által kialakuló eladói és vevői többletek valamint a rendszerirányítói bevételek együttesét **társadalmi jólétnek (Social Welfare)** nevezzük.

Célfüggvény

Az egységes piaci árak hatására

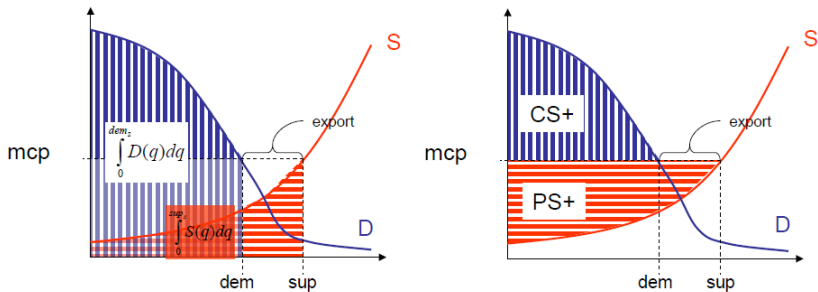
- kialakulnak az **eladói** és a **vételi többletek**
- az eltérő piaci árak és a hozzájuk tartozó nettó exportok adják a **rendszerirányítói bevételt**

Definíció

Az aukció által kialakuló eladói és vevői többletek valamint a rendszerirányítói bevételek együttesét **társadalmi jólétnek (Social Welfare)** nevezzük.

Cél: A társadalmi jólét maximalizálása

Social Welfare



Social Welfare

$$\begin{aligned}
 & \sum_{o \in O} Q_o \left((p_{m_o, h_o} - P_o^0) x_o - \frac{P_o^1 - P_o^0}{2} x_o^2 \right) \\
 & \quad + \\
 & \sum_{b \in B} \sum_{h \in H_b} Q_{b, h} (p_{m_b, h} - P_b) x_b \\
 & \quad - \\
 & \sum_{m \in M} \sum_{h \in H} p_{m, h} n_{m, h}
 \end{aligned}$$

Social Welfare

$$\begin{aligned}
 & \sum_{o \in O} Q_o \left((p_{m_o, h_o} - P_o^0) x_o - \frac{P_o^1 - P_o^0}{2} x_o^2 \right) \\
 & \quad + \\
 & \quad \sum_{b \in B} \sum_{h \in H_b} Q_{b, h} (p_{m_b, h} - P_b) x_b \\
 & \quad - \\
 & \quad \sum_{m \in M} \sum_{h \in H} p_{m, h} n_{m, h} \\
 & \quad = \\
 & - \sum_{o \in O} Q_o \left(P_o^0 x_o + \frac{P_o^1 - P_o^0}{2} x_o^2 \right) - \sum_{b \in B} \sum_{h \in H_b} Q_{b, h} P_b x_b
 \end{aligned}$$

Rendszerirányítói bevétel

Megjegyzés: Később láthatjuk majd, hogy

$$- \sum_{m \in M} \sum_{h \in H} p_{m,h} n_{m,h}$$

éppen a torlódási árakból származó bevétel.

Hibrid Piac-összekapcsolás

- 1 Árampiac sajátosságai
- 2 Market Coupling
- 3 Hibrid piac-összekapcsolás**
 - Üzleti oldal
 - Matematikai modell
 - Technikai kérdések
- 4 Prototípus alkalmazás

A hibrid modell szükségessége és nehézsége

Hosszú távú cél az áramlás alapú modell bevezetése mindenhol

- több lépésben érhető el
- a piac-csoportok nem egyszerre fognak átállni az áramlás alapú modellre
- a kontinensen kívüli piacok bekapcsolása ATC tranzakciókkal

A hibrid modell szükségessége és nehézsége

Hosszú távú cél az áramlás alapú modell bevezetése mindenhol

- több lépésben érhető el
- a piac-csoportok nem egyszerre fognak átállni az áramlás alapú modellre
- a kontinensen kívüli piacok bekapcsolása ATC tranzakciókkal

A két modell összekapcsolásának nehézségei

- modellek egymásra gyakorolt hatásai
- ATC tranzakció hatása a kritikus elemeken
- korrekt kapacitások és torlódási árak meghatározása

A hibrid összekapcsolás elemei

A hibrid piac-összekapcsolás főbb elvei

- ATC alapú piacok összekapcsolása FB alapú piacokkal
- két piaccsoport között csak ATC tranzakciók megengedettek
- ATC tranzakciók hatásának kezelése
- ezen hatások igazságos számításba vétele
- két megközelítés
 - standard (durva)
 - haladó

A hibrid összekapcsolás elemei

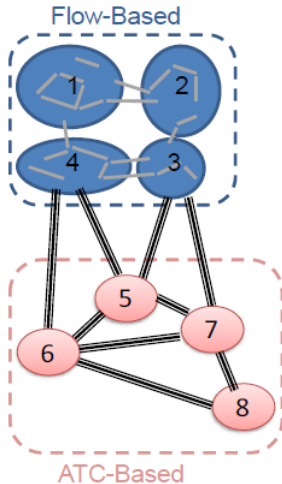
A hibrid piac-összekapcsolás főbb elvei

- ATC alapú piacok összekapcsolása FB alapú piacokkal
- két piaccsoport között csak ATC tranzakciók megengedettek
- ATC tranzakciók hatásának kezelése
- ezen hatások igazságos számításba vétele
- két megközelítés
 - standard (durva)
 - haladó

Megjegyzés:

- több piaccsoport is összekapcsolható ezen az elven
- két áramlás alapú piac is összekapcsolható ily módon
- most egy ATC csoport és egy FB csoport összekapcsolását tárgyaljuk

Két piaccsoport összekapcsolása



Standard hibrid modell

Standard hibrid megközelítés esetén

- nem veszi figyelembe a tényleges ATC tranzakciók hatását a kritikus elemeken
- az ellátás biztonságának (**Security of Supply**) fenntartása érdekében
 - a TSO-k megbecsülik a maximális ATC tranzakciók mértékét
 - egy biztonsági értéket levonnak a RAM kapacitásokból

Standard hibrid modell

Standard hibrid megközelítés esetén

- nem veszi figyelembe a tényleges ATC tranzakciók hatását a kritikus elemeken
- az ellátás biztonságának (**Security of Supply**) fenntartása érdekében
 - a TSO-k megbecsülik a maximális ATC tranzakciók mértékét
 - egy biztonsági értéket levonnak a RAM kapacitásokból

Hátrányok

- nem a tényleges ATC tranzakciók csökkentik a kritikus elemek terhelhetőségét
- szuboptimális megoldás alakulhat ki
- nem használják ki a kritikus elemek tényleges korlátait
- két piaci ár kiegyenlítődhethetne, de nem fog, mert valamelyik kritikus ág nem lett ténylegesen kihasználva

Haladó hibrid modell

A haladó hibrid megközelítés

- számításba veszi az ATC tranzakciók hatását a kritikus elemeken
- az FB piacok rendszerirányítói meghatározzák, hogy az ATC alapú piacok nettó exportjának mekkora része terhelődik egy adott kritikus elemre

Haladó hibrid modell

A haladó hibrid megközelítés

- számításba veszi az ATC tranzakciók hatását a kritikus elemeken
- az FB piacok rendszerirányítói meghatározzák, hogy az ATC alapú piacok nettó exportjának mekkora része terhelődik egy adott kritikus elemre

Előnyök

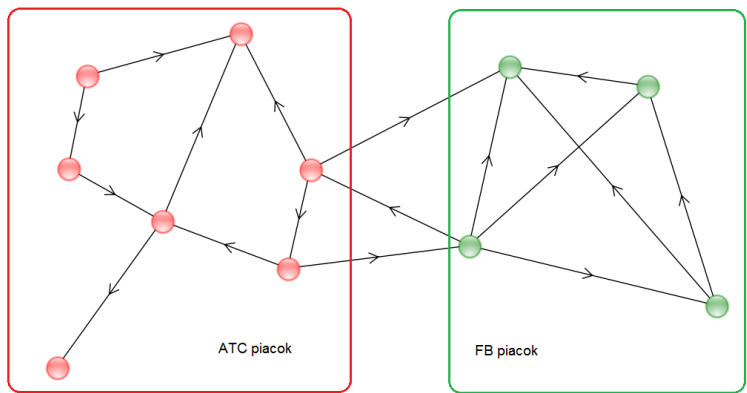
- nem kell előzetes hipotézis a maximális ATC kereskedelmek értékéről
- tényleges tranzakcióval csökkenek a RAM értékek
- optimális lesz a szűkös erőforrások kihasználása
- piaci árak csak akkor nem egyenlítődnek ki, ha torlódás van legalább egy
 - ATC élen vagy kritikus elemen

Megengedett kereskedelmek gráfja

A megengedett bilaterális kereskedelmek digráfja

- az egyes piacokból mint pontokból áll
- az ATC élekből áll
- az FB piacok alkotta feszített részgráfja irányított teljes gráf
- élhalmazát E jelöli

Megengedett kereskedelmek gráfja



Indexek

Az alábbi indexeket és halmazokat fogjuk használni

$m \in M$ piacok

$h \in H$ órák

$o \in O$ órás ajánlatok

$b \in B$ blokk ajánlatok

$l \in L$ ATC élek ($l = m^- m^+$, $L \subseteq E$)

$c \in C$ kritikus élek ($c = (cb, co, h)$)

Indexek

Az alábbi indexeket és halmazokat fogjuk használni

$m \in M$	piacok
$h \in H$	órák
$o \in O$	órás ajánlatok
$b \in B$	blokk ajánlatok
$l \in L$	ATC élek ($l = m^- m^+$, $L \subseteq E$)
$c \in C$	kritikus élek ($c = (cb, co, h)$)

Az alábbi halmazokat használjuk még

M_{ATC}	$= \{m \in M \mid m \text{ ATC piac}\}$
M_{FB}	$= \{m \in M \mid m \text{ FB piac}\}$
$O_{m,h}$	$= \{o \in O \mid m_o = m \text{ és } h_o = h\}$
$B_{m,h}$	$= \{b \in B \mid m_b = m \text{ és } h \in H_b\}$
C_h	$= \{c \in C \mid h_c = h\}$

Döntési változók

Az alábbi döntési változókat fogjuk használni

$x_o \in [0, 1]$	az o órás ajánlat elfogadottsága	$(o \in O)$
$x_b \in \{0, 1\}$	a b blokk ajánlat elfogadottsága	$(b \in B)$
$n_{m,h} \in \mathbb{R}$	az m piac nettó exportja a h órában	$(m \in M, h \in H)$
$p_{m,h} \in \mathbb{R}$	az m piac piactisztító ára a h órában	$(m \in M, h \in H)$
$e_{m,m',h} \in \mathbb{R}$	az m és m' piac közötti kereskedelem	$(mm' \in E)$
$p_{l,h} \in \mathbb{R}$	az l ATC él torlódási ára a h órában	$(l \in L)$
$p_c \in \mathbb{R}$	a c kritikus elem torlódási ára	$(c \in C)$

Döntési változók

Az alábbi döntési változókat fogjuk használni

$x_o \in [0, 1]$	az o órás ajánlat elfogadottsága	$(o \in O)$
$x_b \in \{0, 1\}$	a b blokk ajánlat elfogadottsága	$(b \in B)$
$n_{m,h} \in \mathbb{R}$	az m piac nettó exportja a h órában	$(m \in M, h \in H)$
$p_{m,h} \in \mathbb{R}$	az m piac piactisztító ára a h órában	$(m \in M, h \in H)$
$e_{m,m',h} \in \mathbb{R}$	az m és m' piac közötti kereskedelem	$(mm' \in E)$
$p_{l,h} \in \mathbb{R}$	az l ATC él torlódási ára a h órában	$(l \in L)$
$p_c \in \mathbb{R}$	a c kritikus elem torlódási ára	$(c \in C)$

Megjegyzés: Az egészértékű változók miatt a feladat vegyes programozási feladat (**MIP**).

Órás termékek elfogadottsága

- (1) Az **in-the-money** óras ajánlatokat teljesen el kell fogadni

$$Q_o P_o^1 < Q_o p_{m_o h_o} \Rightarrow x_o = 1 \quad (o \in O)$$

- (2) Az **out-the-money** óras ajánlatokat el kell utasítani

$$Q_o p_{m_o h_o} < Q_o P_o^0 \Rightarrow x_o = 0 \quad (o \in O)$$

- (3) Az **at-the-money** óras ajánlatokat az ár arányában kell elfogadni

$$Q_o P_o^0 \leq Q_o p_{m_o h_o} \leq Q_o P_o^1 \Rightarrow p_{m_o h_o} = P_o^0 + (P_o^1 - P_o^0) x_o \quad (o \in O)$$

- (4) Az **out-the-money** blokk ajánlatokat el kell utasítani

$$\sum_{h \in H_b} Q_{bh} p_{m_b h} < \sum_{h \in H_b} Q_{bh} P_b \Rightarrow x_b = 0 \quad (b \in B)$$

Paradox módon elutasított ajánlat

Előfordulhat, hogy egy blokk ajánlat in-the-money vagy at-the-money, de mégis elutasítjuk.

Paradox módon elutasított ajánlat

Előfordulhat, hogy egy blokk ajánlat in-the-money vagy at-the-money, de mégis elutasítjuk.

Megjegyzés: A paradox elutasíthatóság lehetősége

- megkönnyíti egy kezdeti vegyes egészértékű megengedett megoldás megtalálását
- biztosítja a modell megoldhatóságát

Nettó exportok

- (5) Az egyes nettó exportok az elfogadott eladási és vételi mennyiségek különbsége

$$n_{m,h} = \sum_{o \in O_{m,h}} Q_o x_o + \sum_{b \in B_{m,h}} Q_{b,h} x_b \quad (m \in M, h \in H)$$

- (6) Az egyes nettó exportok megegyeznek az előjeles bilaterális kereskedelmek összegével

$$n_{m,h} = \sum_{\substack{m' \in M \\ mm' \in E}} e_{m,m',h} - \sum_{\substack{m' \in M \\ m'm \in E}} e_{m',m,h} \quad (m \in M, h \in H)$$

Nettó exportok

- (5) Az egyes nettó exportok az elfogadott eladási és vételi mennyiségek különbsége

$$n_{m,h} = \sum_{o \in O_{m,h}} Q_o x_o + \sum_{b \in B_{m,h}} Q_{b,h} x_b \quad (m \in M, h \in H)$$

- (6) Az egyes nettó exportok megegyeznek az előjeles bilaterális kereskedelmek összegével

$$n_{m,h} = \sum_{\substack{m' \in M \\ mm' \in E}} e_{m,m',h} - \sum_{\substack{m' \in M \\ m'm \in E}} e_{m',m,h} \quad (m \in M, h \in H)$$

Megjegyzés: Következésképp a nettó exportok összege minden órában 0.

ATC tranzakciók

(7) Az ATC tranzakciók az ATC kapacitásokkal korlátozottak

$$ATC_{l,h}^- \leq e_{m_l^-, m_l^+, h} \leq ATC_{l,h}^+ \quad (l \in L)$$

(8) Egy ATC él torlódási ára csak abban az esetben térhet el 0-tól, ha a megfelelő irányba telítődött az ATC él

$$p_{l,h} > 0 \Rightarrow e_{m_l^-, m_l^+, h} = ATC_{l,h}^+ \quad (l \in L, h \in H)$$

$$p_{l,h} < 0 \Rightarrow e_{m_l^-, m_l^+, h} = ATC_{l,h}^- \quad (l \in L, h \in H)$$

Kritikus elemek

- (9) A kritikus elemek előjeles terhelését a RAM kapacitások korlátozzák

$$RAM_c^- \leq \sum_{m \in M} PTDF_{c,m} n_{m,h_c} \leq RAM_c^+ \quad (c \in C)$$

- (10) Egy kritikus elem torlódási ára csak abban az esetben térhet el 0-tól, ha a megfelelő irányban telítődött

$$p_c > 0 \Rightarrow \sum_{m \in M} PTDF_{c,m} n_{m,h_c} = RAM_c^+ \quad (c \in C)$$

$$p_c < 0 \Rightarrow \sum_{m \in M} PTDF_{c,m} n_{m,h_c} = RAM_c^- \quad (c \in C)$$

Árkülönbségek

- (11) ATC éllel összekötött piacok piaci árának különbsége az ATC torlódási ár és a kritikus elemek torlódási árainak súlyozott összege

$$p_{m_l^+,h} - p_{m_l^-,h} = p_{lh} + \sum_{c \in C_h} (PTDF_{c,m_l^-} - PTDF_{c,m_l^+}) p_c$$

$$(l \in L, c \in C)$$

- (12) FB piacok piaci árának különbsége a kritikus elemek torlódási árainak súlyozott összege

$$p_{m',h} - p_{m,h} = \sum_{c \in C_h} (PTDF_{c,m} - PTDF_{c,m'}) p_c$$

$$(m, m' \in M_{FB}, c \in C)$$

Célfüggvény

Az alábbi célfüggvényt maximalizáljuk

$$\max - \sum_{o \in O} Q_o \left(P_o^0 x_o + \frac{P_o^1 - P_o^0}{2} x_o^2 \right) - \sum_{b \in B} \sum_{h \in H_b} Q_{b,h} P_{b,h} x_b$$

Célfüggvény

Az alábbi célfüggvényt maximalizáljuk

$$\max - \sum_{o \in O} Q_o \left(P_o^0 x_o + \frac{P_o^1 - P_o^0}{2} x_o^2 \right) - \sum_{b \in B} \sum_{h \in H_b} Q_{b,h} P_{b,h} x_b$$

Megjegyzés: Ha a (11) – (12) egyenleteket megszorozzuk a megfelelő $e_{m,m',h}$ bilaterális kereskedelmekkel, majd rögzített h mellett összegzünk az összes lehet $mm' \in E$ szerint, akkor az alábbiakat kapjuk:

- bal oldal: $-\sum_{m \in M} p_{m,h} n_{m,h}$
- jobb oldal: rendszerirányítók bevétele a torlódási árakból

Célfüggvény

Az alábbi célfüggvényt maximalizáljuk

$$\max \quad - \sum_{o \in O} Q_o \left(P_o^0 x_o + \frac{P_o^1 - P_o^0}{2} x_o^2 \right) - \sum_{b \in B} \sum_{h \in H_b} Q_{b,h} P_{b,h} x_b$$

Megjegyzés: Ha a (11) – (12) egyenleteket megszorozzuk a megfelelő $e_{m,m',h}$ bilaterális kereskedelmekkel, majd rögzített h mellett összegzünk az összes lehet $mm' \in E$ szerint, akkor az alábbiakat kapjuk:

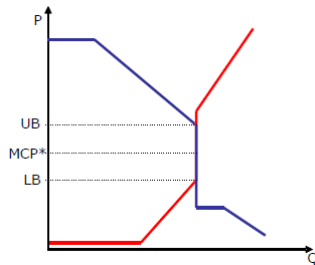
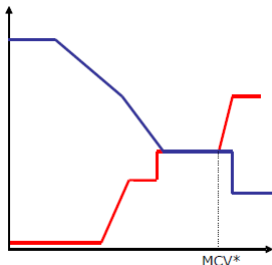
- bal oldal: $-\sum_{m \in M} P_{m,h} n_{m,h}$
- jobb oldal: rendszerirányítók bevétele a torlódási árakból

Megjegyzés: A modellünk egy vegyes értékű kvadratikus konvex optimalizálási feladat (MIQP).

Többértelműség kezelése

Az alábbi szempontok szerint kell kezelni az alternatív optimumok közüli választást

- árelfogadó ajánlatok párosítása
- mennyiségi maximalizálás
- árak egyértelműsítése



Felvetések a matematikai modellel kapcsolatban

A modellel kapcsolatban két technikai kérdés merül fel

- (1) miként kezelhetők az implikáció típusú feltételek
- (2) miért az említett árazási módszertan kerül alkalmazásra

Felvetések a matematikai modellel kapcsolatban

A modellel kapcsolatban két technikai kérdés merül fel

- (1) miként kezelhetők az implikáció típusú feltételek
- (2) miért az említett árazási módszertan kerül alkalmazásra

Megoldás:

- az implikáció típusú feltételek bináris segédváltozókkal is kezelhetők
- az árazást az árnyékárak határozzák meg
- a Karush-Kuhn-Tucker tétel mindkét kérdésre választ ad

Példa implikáció linearizálására

Legyen $A \subseteq \mathbb{R}^n$, $C \subseteq \mathbb{R}^m$ nemüres kompakt halmazok, $a \in \mathbb{R}^n$, $c \in \mathbb{R}^m$, $b, c \in \mathbb{R}$ és

- $m_a := \min\{ax \mid x \in A\}$
- $m_c := \min\{cy \mid y \in C\}$
- $M_c := \max\{cy \mid y \in C\}$

Példa implikáció linearizálására

Legyen $A \subseteq \mathbb{R}^n$, $C \subseteq \mathbb{R}^m$ nemüres kompakt halmazok, $a \in \mathbb{R}^n$, $c \in \mathbb{R}^m$, $b, d \in \mathbb{R}$ és

- $m_a := \min\{ax \mid x \in A\}$
- $m_c := \min\{cy \mid y \in C\}$
- $M_c := \max\{cy \mid y \in C\}$

Ekkor az

$$ax < b \Rightarrow cy = d$$

implikáció egy s bináris változóval az alábbi módon linearizálható

$$ax \geq bs + m_a(1 - s)$$

$$cy \geq d(1 - s) + m_c s$$

$$cy \leq d(1 - s) + M_c s$$

Órás ajánlat out-the-money tulajdonsága

Az alábbi

$$Q_o p_{m_o h_o} < Q_o P_o^0 \Rightarrow x_o = 0$$

feltétel linearizálása

$$Q_o p_{m_o h_o} \geq Q_o P_o^0 s_o + Q_o P_{m_o h_o}^{\min} (1 - s_o)$$

$$x_o \leq s_o$$

(felhasználva, hogy $x_o \in [0, 1]$)

Karush-Kuhn-Tucker tétel - feltételek

Tétel

Tegyük fel, hogy $C \subseteq \mathbb{R}^{n+m}$ egy konvex, relatív nyílt halmaz, $f, g_i : C \rightarrow \mathbb{R}$ konvex függvények folytonosan differenciálhatóak C egy nyílt környezetében ($1 \leq i \leq s$), $h_j : C \rightarrow \mathbb{R}$ affin függvények ($1 \leq j \leq t$) és a

$$\begin{aligned} & \min f(x, y) \\ & g_i(x, y) \leq 0 \quad (1 \leq i \leq s) \\ & h_j(x, y) = 0 \quad (1 \leq j \leq t) \\ & x_k \geq 0 \quad (1 \leq k \leq n) \\ & (x, y) \in C \end{aligned}$$

feladat Slater-reguláris, azaz

Karush-Kuhn-Tucker tétel - Slater regularitás

Slater regularitás

Létezik olyan $(x, y) \in C$ pont, amelyre teljesülnek az alábbi feltételek:

- (1) (x, y) megengedett megoldás
- (2) az (x, y) pont C -beli megengedett irányainak kúpja egyenlő $\text{lin}(C)$ -vel
- (3) ha g_i nemlineáris, akkor $g_i(x, y) < 0$ ($1 \leq i \leq s$)

Karush-Kuhn-Tucker tétel - optimalitás

Tétel

Ekkor egy (x^*, y^*) megengedett megoldás pontosan akkor optimális, ha vannak olyan $\mu_i, \lambda_j, \sigma_k \in \mathbb{R}$ számok, melyekre

$$\nabla f(x^*, y^*) + \sum_{i=1}^s \lambda_i \nabla g_i(x^*, y^*) + \sum_{j=1}^t \mu_j \nabla h_j(x^*, y^*) - \sum_{k=1}^n \sigma_k e_k \perp \text{lin}(C)$$

$$\lambda_i, \sigma_k \geq 0 \quad (1 \leq i \leq s, 1 \leq k \leq n)$$

$$\lambda_i g_i(x^*, y^*) = 0 \quad (1 \leq i \leq s)$$

$$\sigma_k x_k^* = 0 \quad (1 \leq k \leq n)$$

Nettó export változók eliminálása

A nettó exportokat mérő változók könnyen eliminálhatók a modellből

- az (5) – (6) egyenletek összevonásával
- a (10) egyenletek bilaterális kereskedelmekkel történő felírásával

Nettó export változók eliminálása

A nettó exportokat mérő változók könnyen eliminálhatók a modellből

- az (5) – (6) egyenletek összevonásával
- a (10) egyenletek bilaterális kereskedelmekkel történő felírásával

$$\sum_{m \in M} PTDF_{c,m} n_{m,h_c} =$$

$$\sum_{m \in M} \sum_{\substack{m' \in M \\ mm' \in E}} PTDF_{c,m} e_{m,m',h_c} - \sum_{m \in M} \sum_{\substack{m' \in M \\ m' m \in E}} PTDF_{c,m} e_{m',m,h_c} =$$

$$\sum_{mm' \in E} (PTDF_{c,m} - PTDF_{c,m'}) e_{m,m',h_c}$$

Market Coupling primál feladat

(1) Minden $m \in M$ piacra és $h \in H$ órára ($p_{m,h} \in \mathbb{R}$)

$$\sum_{o \in O_{m,h}} Q_o x_o + \sum_{b \in B_{m,h}} Q_{b,h} x_b = \sum_{\substack{m' \in M \\ mm' \in E}} e_{m,m',h} - \sum_{\substack{m' \in M \\ m'm \in E}} e_{m',m,h}$$

(2) Minden $o \in O$ órás ajánlatra ($s_o^0 \geq 0, s_o^1 \geq 0$)

$$0 \leq x_o \leq 1$$

(3) Minden $b \in B$ blokk ajánlatra ($s_b^0 \geq 0, s_b^1 \geq 0$)

$$0 \leq x_b \leq 1$$

Market Coupling primál feladat

(4) Minden $l \in L_{ATC}$ ATC élre és $h \in H$ órára ($p_{l,h}^+ \geq 0, p_{l,h}^- \geq 0$)

$$ATC_{l,h}^- \leq e_{m_l^-, m_l^+, h} \leq ATC_{l,h}^+$$

(5) Minden $c \in C$ kritikus elemre ($p_c^+ \geq 0, p_c^- \geq 0$)

$$RAM_c^- \leq \sum_{mm' \in E} (PTDF_{c,m} - PTDF_{c,m'}) e_{m,m',h_c} \leq RAM_c^+$$

Cél Az alábbi célfüggvényt minimalizáljuk

$$\sum_{o \in O} Q_o \left(P_o^0 x_o + \frac{P_o^1 - P_o^0}{2} x_o^2 \right) + \sum_{b \in B} \sum_{h \in H_b} Q_{b,h} P_b x_b$$

Karush-Kuhn-Tucker feltételek

(a) Minden $o \in O$ órás ajánlatra

$$\begin{aligned}
 Q_o (P_o^0 + (P_o^1 - P_o^0)x_o) - Q_o p_{m_o, h_o} + (s_o^1 - s_o^0) &= 0 \\
 (1 - x_o)s_o^1 &= 0 \\
 x_o s_o^0 &= 0
 \end{aligned}$$

(b) Minden $b \in B$ blokk ajánlatra

$$\begin{aligned}
 \sum_{h \in H_b} Q_{b, h} P_b - \sum_{h \in H_b} Q_{b, h} P_{m_b, h} + (s_b^1 - s_b^0) &= 0 \\
 (1 - x_b)s_b^1 &= 0 \\
 x_b s_b^0 &= 0
 \end{aligned}$$

Karush-Kuhn-Tucker feltételek

(c) Minden $l \in L_{ATC}$ ATC élre és $h \in H$ órára

$$p_{m_l^+, h} - p_{m_l^-, h} =$$

$$(p_{l, h}^+ - p_{l, h}^-) + \sum_{c \in C_h} \left(PTDF_{c, m_l^-} - PTDF_{c, m_l^+} \right) (p_c^+ - p_c^-)$$

$$p_{l, h}^+ \left(ATC_c^+ - e_{m_l^-, m_l^+, h} \right) = 0$$

$$p_{l, h}^- \left(e_{m_l^-, m_l^+, h} - ATC_c^- \right) = 0$$

Karush-Kuhn-Tucker feltételek

(d) Minden $mm' \in E \cap (M_{FB} \times M_{FB})$ piacpárra és $c \in C$ kritikus elemre

$$p_{m',h} - p_{m,h} = \sum_{c \in C_h} (PTDF_{c,m} - PTDF_{c,m'}) (p_c^+ - p_c^-)$$

$$p_c^+ \left(RAM_c^+ - \sum_{c \in C_h} (PTDF_{c,m} - PTDF_{c,m'}) e_{m,m',h} \right) = 0$$

$$p_c^- \left(\sum_{c \in C_h} (PTDF_{c,m} - PTDF_{c,m'}) e_{m,m',h} - RAM_c^- \right) = 0$$

Prototípus alkalmazás

- 1 Árampiac sajátosságai
- 2 Market Coupling
- 3 Hibrid piac-összekapcsolás
- 4 Prototípus alkalmazás**
 - Az alkalmazás néhány tulajdonsága
 - Felhasználói felület

Az alkalmazás tulajdonságai

A prototípus technikai oldala

- front-end: Java, Flex
- back-end: Java, Gurobi (C++)

Többértelműség kezelése

- árelfogadó ajánlatok párosítása
- mennyiségi többértelműség
- ár többértelműség

Üzleti elemzést támogató eszközök

- maximális elméleti értékek (MTSF, MTEX, MTIM)
- Market Spread aukció
 - nettó exportok változása a piaci árak függvényében

Kezdő felület

Egyedi szimuláció (Kockázat menedzsment > Piacösszekapcsolás > Egyedi szimuláció) Expert ?

Paraméterek

Szimuláció azonosító:

Kereskedés napja:

Piac struktúra:

ATC:

PTDF:

MT értékek

Orsói garánsok:

Block garánsok:

Össz eredmények **Block eredmények** **MTSF** **MTIN/MTEX**

Piac	Termék	Vétel/Eladás	Piaci ár	Állékált mennyiség	Igényelt mennyiség	Kerülő határ	Befizetési határ

Input adatok - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Piac	Termék	Vétel/ Eladás	Piaci ár	Allokált mennyiség	Igényelt mennyiség	Kezdő határ	Befejező határ
2	Piäckód	H01 - H25		EUR/MWh	MWh	MWh	EUR/MWh	EUR/MWh
3	FB_B	H01	Vétel	72	100	100	80	80
4	FB_B	H01	Vétel	72	106,6	400	80	50
5	FB_B	H01	Eladás	72	-100	-100	20	20
6	FB_C	H01	Vétel	59,6	100	100	100	100
7	FB_C	H01	Eladás	59,6	-296,1	-300	30	60
8	FB_C	H01	Eladás	59,6	-200	-200	20	40
9	FB_D	H01	Vétel	96,8	23,9	300	100	60
10	FB_D	H01	Vétel	96,8	100	100	140	140
11	FB_D	H01	Vétel	96,8	200	200	120	120
12	FB_D	H01	Vétel	96,8	265,5	400	130	80
13	FB_D	H01	Eladás	96,8	-100	-100	20	20
14	FB_B	H02	Vétel	60	100	100	80	80
15	FB_B	H02	Vétel	60	133,3	400	70	40
16	FB_B	H02	Eladás	60	-133,3	-200	40	70
17	FB_B	H02	Eladás	60	-100	-300	50	80
18	FB_C	H02	Vétel	60	100	200	80	40
19	FB_C	H02	Vétel	60	300	300	120	90
20	FB_C	H02	Eladás	60	-300	-300	30	60
21	FB_C	H02	Eladás	60	-200	-200	20	40
22	FB_D	H02	Vétel	60	100	100	90	90
23	FB_D	H02	Vétel	60	200	200	130	130
24	FB_D	H02	Vétel	60	300	300	150	90
25	FB_D	H02	Vétel	60	400	400	140	100
26	FB_D	H02	Eladás	60	-200	-200	10	50
27	FB_D	H02	Eladás	60	-100	-300	40	100

Input adatok - Határmetszések

	A	B	C	D	E	F	G
1	Határmetszések [Piackód>Piackód]	HU>CZ	CZ>HU	CZ>SK	SK>CZ	SK>HU	HU>SK
2	Órák	Elérhető kapacitás [MW]					
3	H01	200,00	100,00	400,00	200,00	100,00	200,00
4	H02	200,00	100,00	400,00	200,00	100,00	200,00
5	H03	200,00	100,00	400,00	200,00	100,00	200,00
6	H04	200,00	100,00	400,00	200,00	100,00	200,00
7	H05	200,00	100,00	400,00	200,00	100,00	200,00
8	H06	270,00	100,00	400,00	200,00	100,00	200,00
9	H07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Eredmények - Órás ajánlatok

Órás eredmények		Blokks eredmények		MTSF	MTW/MTEX			
Piac	Termék	Vétel/Eladás	Piaci ár	Allokált mennyiség	Igényelt mennyiség	Kezdő határár	Befejező határár	
A	H01	Vétel	56,700	100,000	100,000	60,000	60,000	A
A	H01	Eladás	56,700	-500,000	-500,000	30,000	30,000	
A	H01	Eladás	56,700	-266,700	-300,000	30,000	60,000	
A	H01	Eladás	56,700	-200,000	-200,000	20,000	40,000	
A	H01	Eladás	56,700	-133,300	-600,000	50,000	80,000	
B	H01	Vétel	80,000	100,000	100,000	80,000	80,000	
B	H01	Vétel	80,000	200,000	200,000	120,000	120,000	
B	H01	Vétel	80,000	225,000	300,000	110,000	70,000	
B	H01	Vétel	80,000	400,000	400,000	120,000	90,000	
B	H01	Eladás	80,000	-100,000	-100,000	70,000	70,000	
C	H01	Vétel	80,000	100,000	100,000	130,000	130,000	
C	H01	Eladás	80,000	-200,000	-200,000	65,000	75,000	
C	H01	Eladás	80,000	-25,000	-500,000	80,000	80,000	
A	H02	Vétel	72,700	54,500	300,000	80,000	40,000	
A	H02	Eladás	72,700	-500,000	-500,000	50,000	50,000	
A	H02	Eladás	72,700	-300,000	-300,000	30,000	60,000	
A	H02	Eladás	72,700	-200,000	-200,000	20,000	40,000	
A	H02	Eladás	72,700	-54,500	-600,000	70,000	100,000	
B	H02	Vétel	74,400	100,000	100,000	75,000	75,000	
B	H02	Vétel	74,400	200,000	200,000	100,000	100,000	
B	H02	Vétel	74,400	300,000	300,000	110,000	80,000	
B	H02	Vétel	74,400	364,400	400,000	120,000	70,000	
B	H02	Eladás	74,400	-57,800	-200,000	60,000	110,000	
B	H02	Eladás	74,400	-26,700	-300,000	70,000	120,000	
C	H02	Vétel	74,400	200,000	200,000	125,000	75,000	
C	H02	Vétel	74,400	300,000	300,000	180,000	150,000	
C	H02	Eladás	74,400	-500,000	-500,000	50,000	50,000	
C	H02	Eladás	74,400	-44,400	-300,000	70,000	100,000	
C	H02	Eladás	74,400	-35,600	-200,000	70,000	95,000	

Eredmények - Blokk ajánlatok

Órás eredmények	Blokk eredmények	MTSF	MTIM/MTEX		
Piac	Vétel/Eladás	Átlag piaci egységár	Igényelt mennyiség	Ajánlati egységár	
B	Vétel	129,000	500,000	130,000	

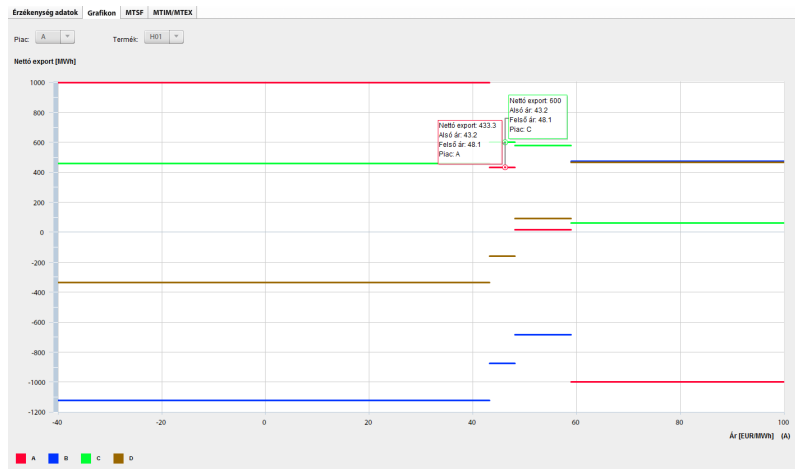
Eredmények - MT értékek

Óras eredmények	Blokk eredmények	MTSF	MTIM/MTEX	Maximum Theoretical Import / Export				
Óra	D MTIM	D MTEX	C MTIM	C MTEX	B MTIM	B MTEX	A MTIM	A MTEX
H01	266,700	333,300	500,000	375,000	956,800	798,600	1 000,000	978,700
H02	400,000	466,700	333,300	388,900	816,700	700,000	1 000,000	1 000,000
H03	Végtelen	Végtelen	Végtelen	Végtelen	0,000	0,000	0,000	0,000
H04	Végtelen	Végtelen	Végtelen	Végtelen	0,000	0,000	0,000	0,000
H05	Végtelen	Végtelen	Végtelen	Végtelen	0,000	0,000	0,000	0,000
H06	Végtelen	Végtelen	Végtelen	Végtelen	0,000	0,000	0,000	0,000

Eredmények - Market Spread Érzékenységvizsgálat

	A	B	C	D	E	F
1	Termék	Piac	Nettó export	Ár	Minimum ár	Maximum ár
2	H01 - H25	Piackód	MWh	EUR/MWh	EUR/MWh	EUR/MWh
3	H01	CZ	-400	50	30	Végtelen
4	H01	HU	100	30	30	50
5	H01	SK	300	30	-Végtelen	30
6	H02	CZ	500	30,5	-Végtelen	45
7	H02	HU	100	45	30,5	62
8	H02	SK	-600	62	45	Végtelen
9	H03	CZ	500	-35	-Végtelen	44
10	H03	HU	-200	84	44	Végtelen
11	H03	SK	-300	44	-35	84
12	H04	CZ	-400	70	67	Végtelen
13	H04	HU	400	29	-Végtelen	67
14	H04	SK	0	67	29	70
15	H05	CZ	500	22	-Végtelen	42
16	H05	HU	-200	90	42	Végtelen
17	H05	SK	-300	42	22	90
18	H06	CZ	130	30	-12	100
19	H06	HU	470	-12	-Végtelen	30
20	H06	SK	-600	100	30	Végtelen

Eredmények - Árváltozás hatása



EOF

Köszönöm a figyelmet!