Kutatások a Karlsruher Institut für Technolgie intézetében

EKBI Energetikai szeminárium
2016. március 21.

Hartmann Bálint
tudományos munkatárs
hartmann.balint@energia.mta.hu

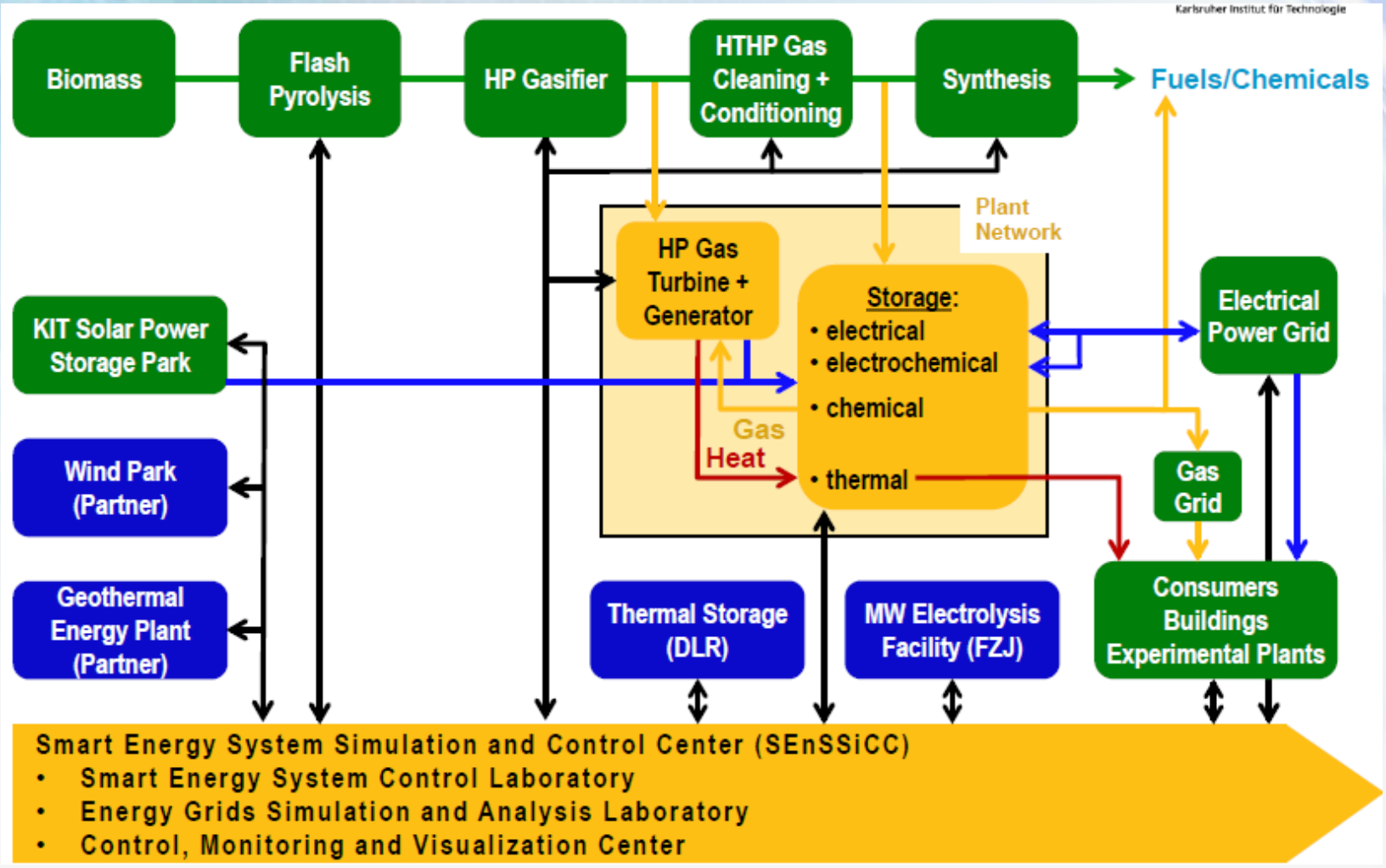
Magyar Tudományos Akadémia
Energiatudományi Kutatóközpont

Környezetfizikai Laboratórium

Energy Lab 2.0

- Energy Lab projekt céljai
  - 1: Valós környezetet leképező laboratórium, kutatói platform kialakítása (Hogyan nézhet ki a valóságban az Energiewende?)
    - Kisléptékű kísérletek a határterületeken
    - Nagyléptékű implementáció
  - 2: Az 1. ponthoz kapcsolódó kutatási kérdések (modellezés, elemzés, szabályozási lehetőségek, stb.) megválaszolása
    - Helmholtz támogatás
    - Más pályázat források
    - Ipari partnerek

Energy Lab 2.0 topológia

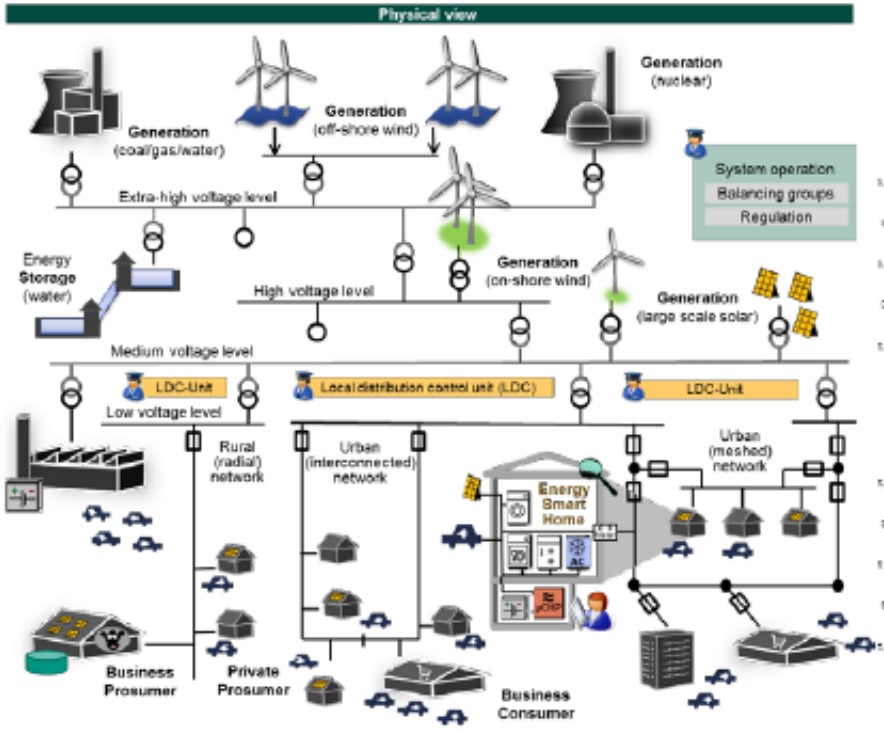


Smart Energy System Simulation and Control (SEnSSiCC)

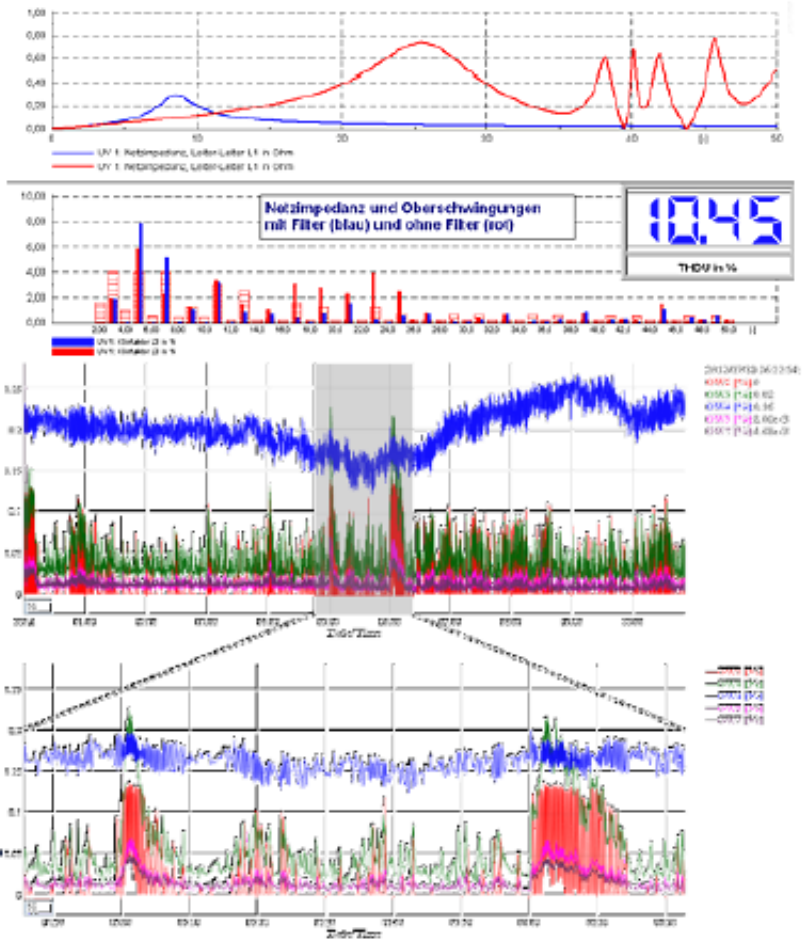
- Rendszerelemek
  - Smart energy system control laboratory (IAI)
  - Power hardware in-the-loop test facility (ITEP)
  - Energy grids simulation and analysis laboratory (IAI)
  - Control, monitoring and visualisation center (IAI)
- Interdiszciplináris területek
  - Big Data (adatok + elemzés)
  - Intelligens irányítás és vezérlés
  - Megbízhatóság, biztonság, irányíthatóság

Energy grids simulation and analysis laboratory

Modellierung von Netzen und technischen Anlagen (Erzeuger, Verbraucher, Prosumer);
Ko-Simulationsframework für Smart Grids



Stabilitätsanalyse



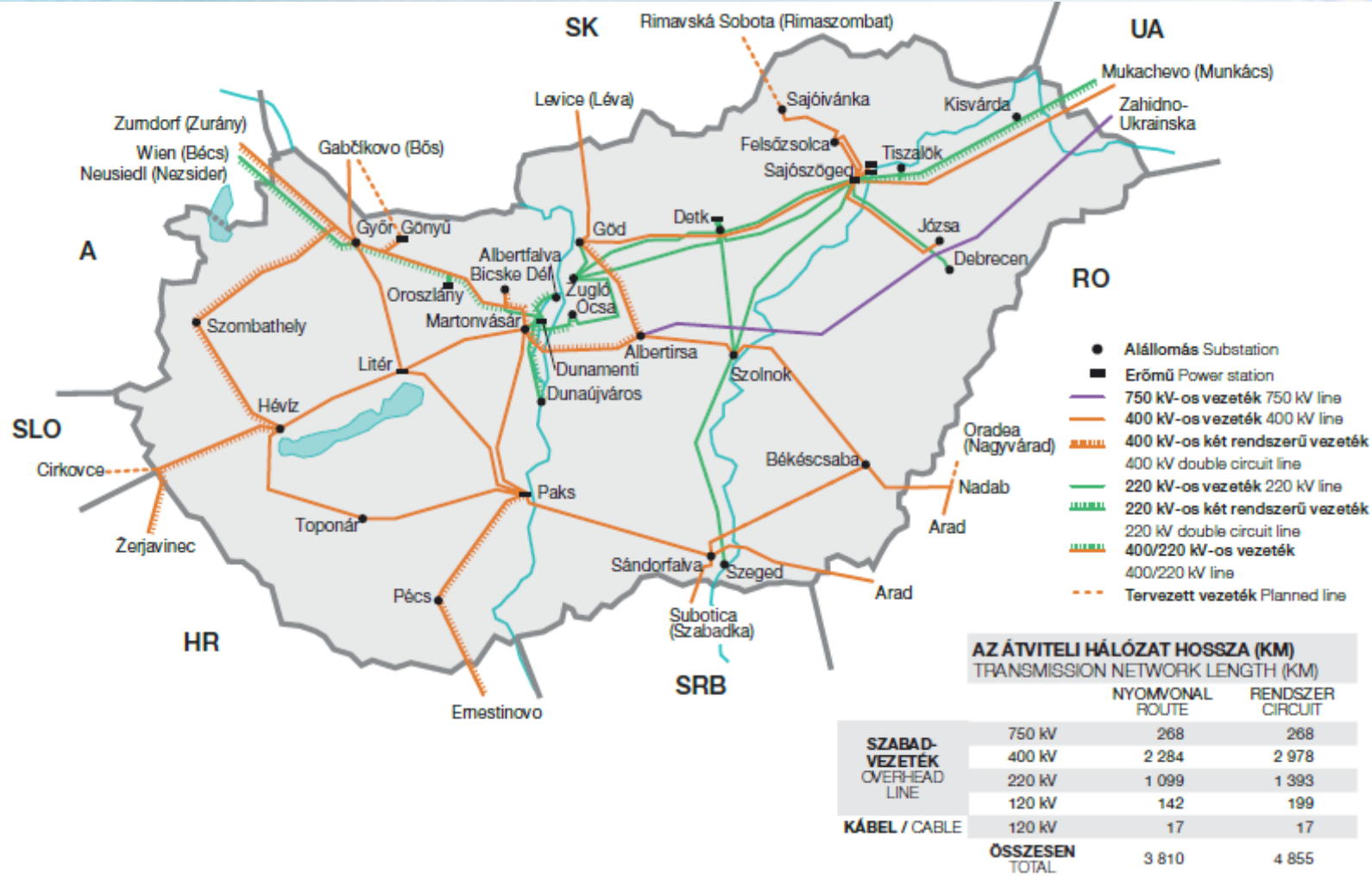
Saját kutatási témák

- Villamosenergia-szimulátor programok összehasonlítása
- MS Excel – Digsilent PowerFactory interfész
- Magyar villamosenergia-rendszer leképezése
- Téli és nyári terhelési napok leképezése

Magyarország villamosenergia-rendszere, 2014

- MAVIR, 2014-es adatok
- 30 alállomás
  - 1x750/400 kV, 4x400/220/120 kV, 1x400 kV, 1x400/220 kV, 12x400/120 kV, 11x220/120 kV
- 4855 km távvezeték
  - 268 km 750 kV
  - 2978 km 400 kV
  - 1393 km 220 kV
  - 199 km 120 kV
- 12 nemzetközi összeköttetés
- 26 nagyerőmű

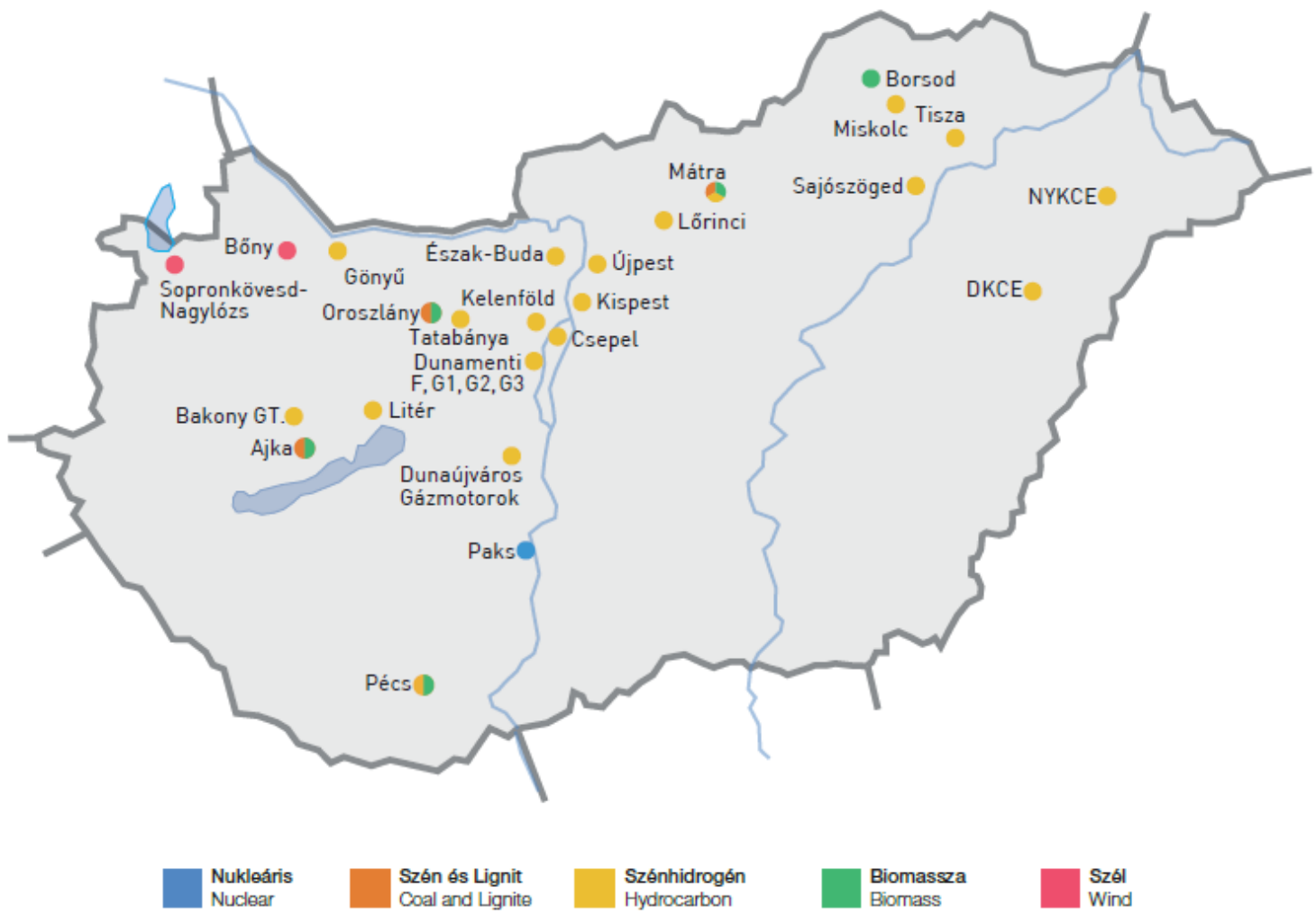
Magyarország villamosenergia-rendszere, 2014



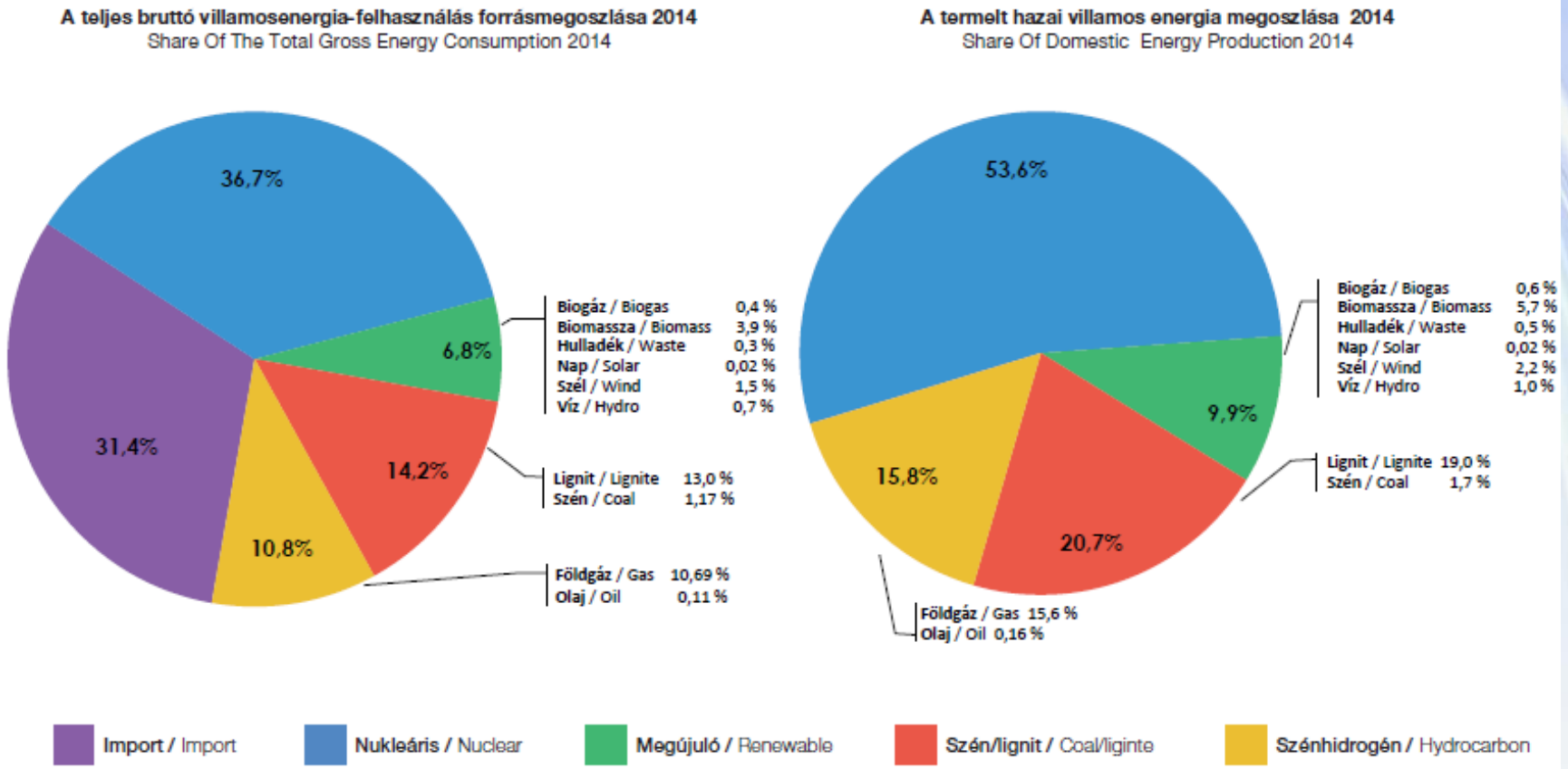
AZ ÁTVITELI HÁLÓZAT HOSSZA (KM)
TRANSMISSION NETWORK LENGTH (KM)

		NYOMVONAL ROUTE	RENDSZER CIRCUIT
SZABAD-VEZETÉK OVERHEAD LINE	750 kV	268	268
	400 kV	2 284	2 978
	220 kV	1 099	1 393
	120 kV	142	199
KÁBEL / CABLE	120 kV	17	17
	ÖSSZESEN TOTAL	3 810	4 855

Magyarország villamosenergia-rendszere, 2014



Magyarország villamosenergia-rendszere, 2014



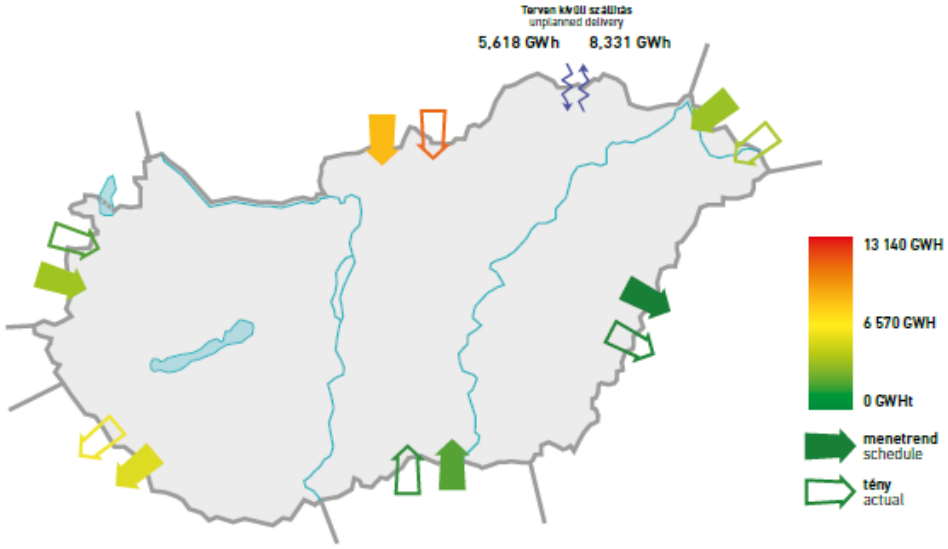
Teljes bruttó villamosenegia-felhasználás / Total gross energy consumption: 42 589 GWh
Hazai termelés / Domestic energy production: 29 200,9 GWh
Import energia / Import energy: 13 388,1 GWh

Magyarország villamosenergia-rendszere, 2014

AUSZTRIA AUSTRIA	MENETREND SCHEDULE	TÉNY ACTUAL
Import	3 113,7 GWh	1 375,3 GWh
Export	2 104,1 GWh	1 009,8 GWh
Szaldó – Balance	1 009,6 GWh	365,5 GWh
Átlagos import Average import	395,8 MW	157,4 MW
Átlagos export Average export	438,6 MW	83,7 MW

SZLOVÁKIA SLOVAKIA	MENETREND SCHEDULE	TÉNY ACTUAL
Import	7 218,9 GWh	8 286,8 GWh
Export	849,4 GWh	8,5 GWh
Szaldó – Balance	6 395,5 GWh	8 278,3 GWh
Átlagos import Average import	1 153,4 MW	948,6 MW
Átlagos export Average export	1 078,1 MW	1,0 MW

UKRAJNA UKRAINE	MENETREND SCHEDULE	TÉNY ACTUAL
Import	4 371,2 GWh	4 820,0 GWh
Export	0,0 GWh	21,4 GWh
Szaldó – Balance	4 371,2 GWh	4 798,7 GWh
Átlagos import Average import	1 326,6 MW	551,7 MW
Átlagos export Average export	0,0 MW	2,4 MW

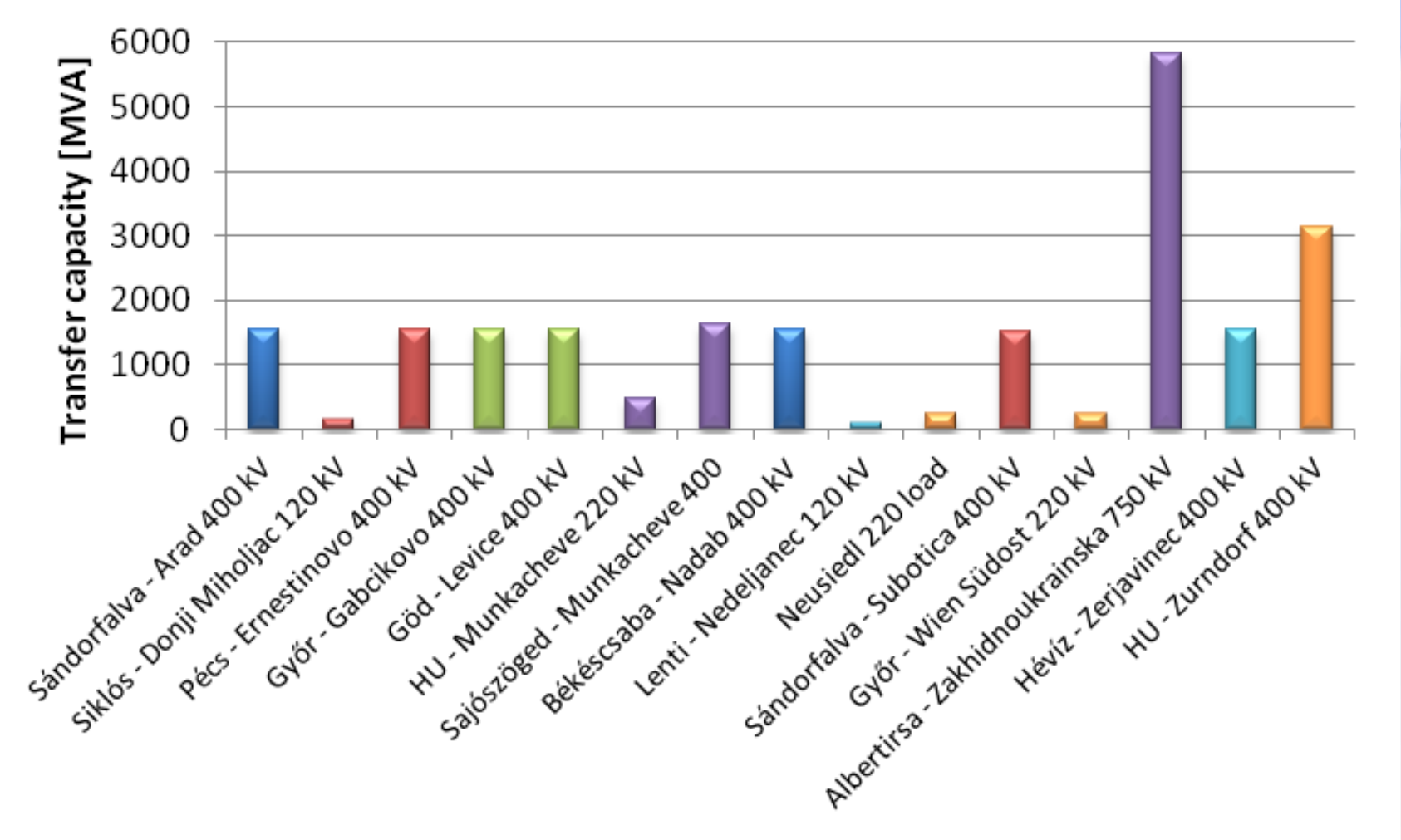


HORVÁTORSZÁG CROATIA	MENETREND SCHEDULE	TÉNY ACTUAL
Import	3 219,0 GWh	417,0 GWh
Export	5 218,1 GWh	2 908,4 GWh
Szaldó – Balance	-1 999,1 GWh	-2 491,4 GWh
Átlagos import Average import	522,5 MW	23,9 MW
Átlagos export Average export	527,6 MW	111,0 MW

SZERBIA SERBIA	MENETREND SCHEDULE	TÉNY ACTUAL
Import	4 344,9 GWh	945,2 GWh
Export	3 385,4 GWh	278,2 GWh
Szaldó – Balance	959,5 GWh	667,0 GWh
Átlagos import Average import	507,4 MW	108,2 MW
Átlagos export Average export	611,8 MW	31,8 MW

ROMÁNIA ROMANIA	MENETREND SCHEDULE	TÉNY ACTUAL
Import	2 256,2 GWh	754,7 GWh
Export	1 058,5 GWh	523,9 GWh
Szaldó – Balance	1 197,7 GWh	230,8 GWh
Átlagos import Average import	344,0 MW	86,4 MW
Átlagos export Average export	256,1 MW	60,0 MW

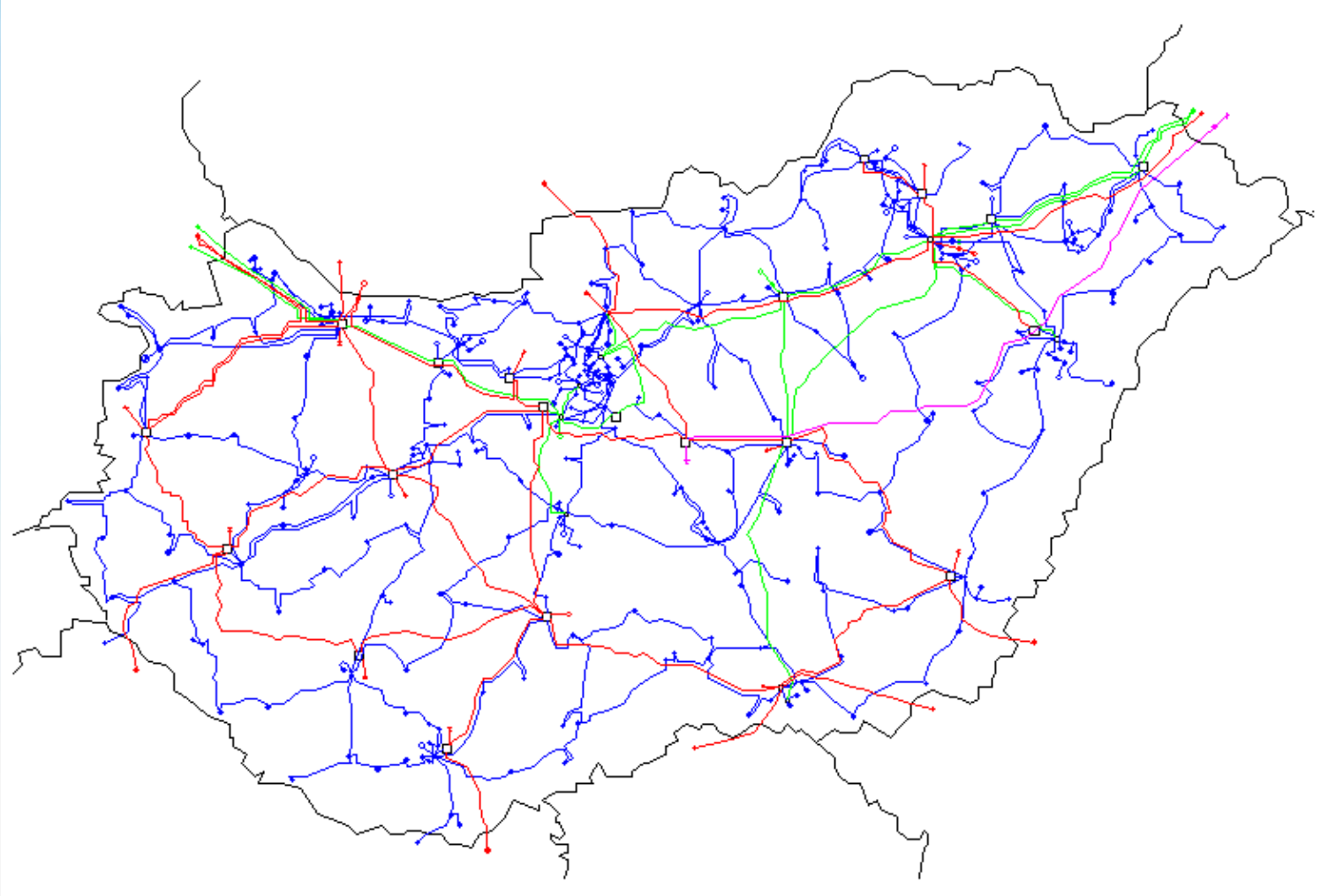
Magyarország villamosenergia-rendszere, 2014



A PowerFactory modell

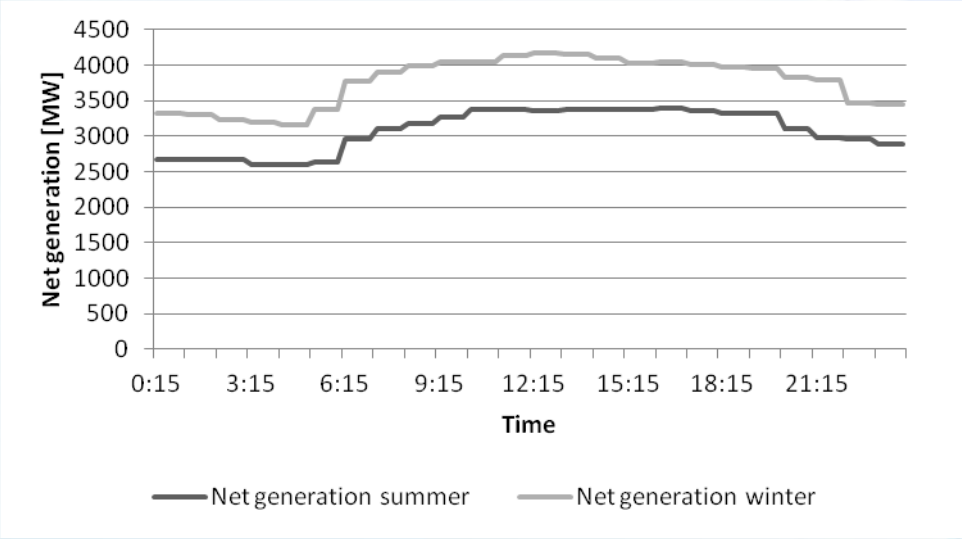
- 120, 220, 400 és 750 kV
  - Alállomások részletes topológiával, kivéve 120 kV
- Fogyasztás: általános terhelés (general load type)
- Termelés: szinkron generátorok
- Határkeresztező távvezetékek: általános terhelés
- Egyéb elemek (pl. söntfojtók)
- Összesen
  - 470 távvezeték
  - 386 gyűjtősín
  - 64 transzformátor
  - 25 termelő
  - 14 söntfojtó

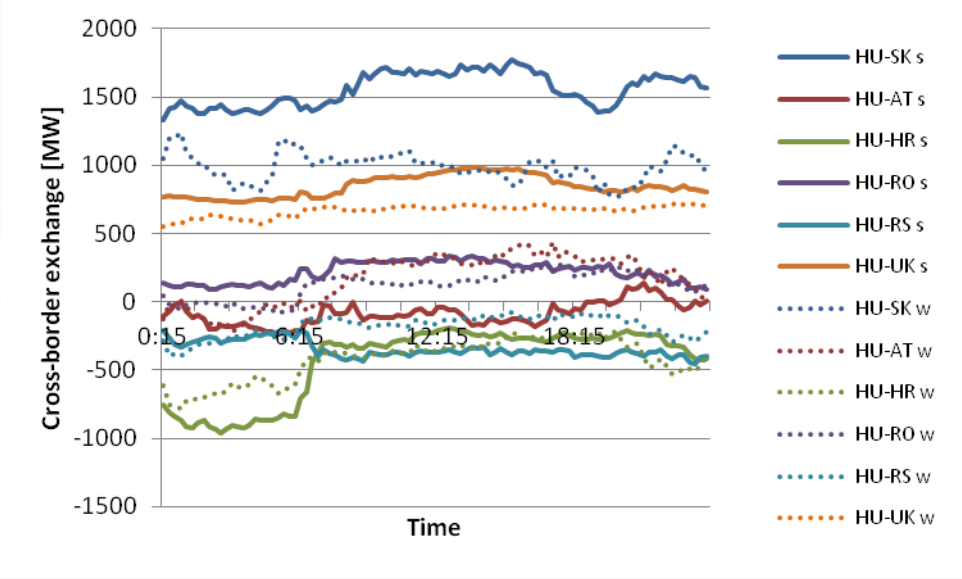
A PowerFactory modell



A PowerFactory modell

- Nyári és téli csúcs
  - Júl. 21. (5695 MW)
  - Dec. 1. (5098 MW)
- Fogyasztás
  - Háztartási fogyasztók
  - Ipari fogyasztók
  - Vasút
- Termelés
  - MAVIR
- Határkeresztező távvezetékek
  - MAVIR



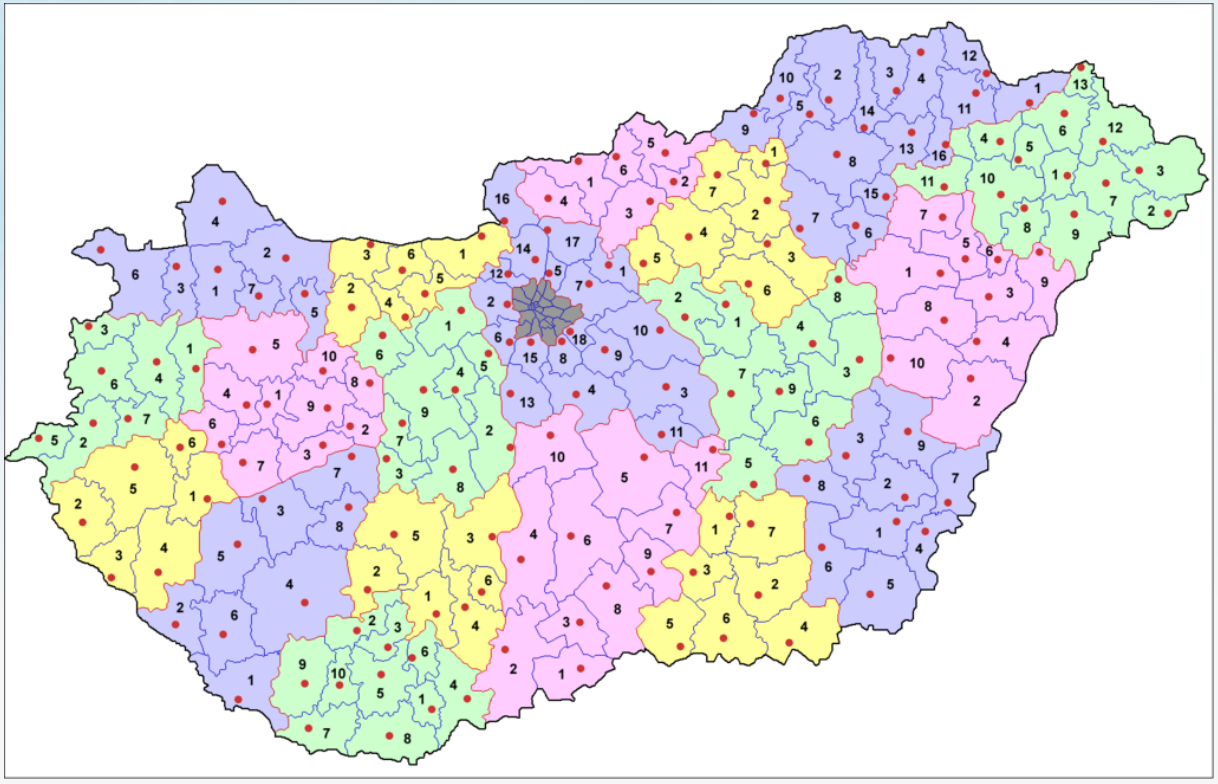


Fogyasztási modellek

- Cél: nyári és téli terhelési csúcs összfogyasztásának szétosztása a közel 400 fogyasztói csomópont között, 15 perces bontásban
- Nehézség
  - Időbeliség
  - Csoportosítás
- Két módszer
  - Statisztikai alapú
  - Topológiai alapú

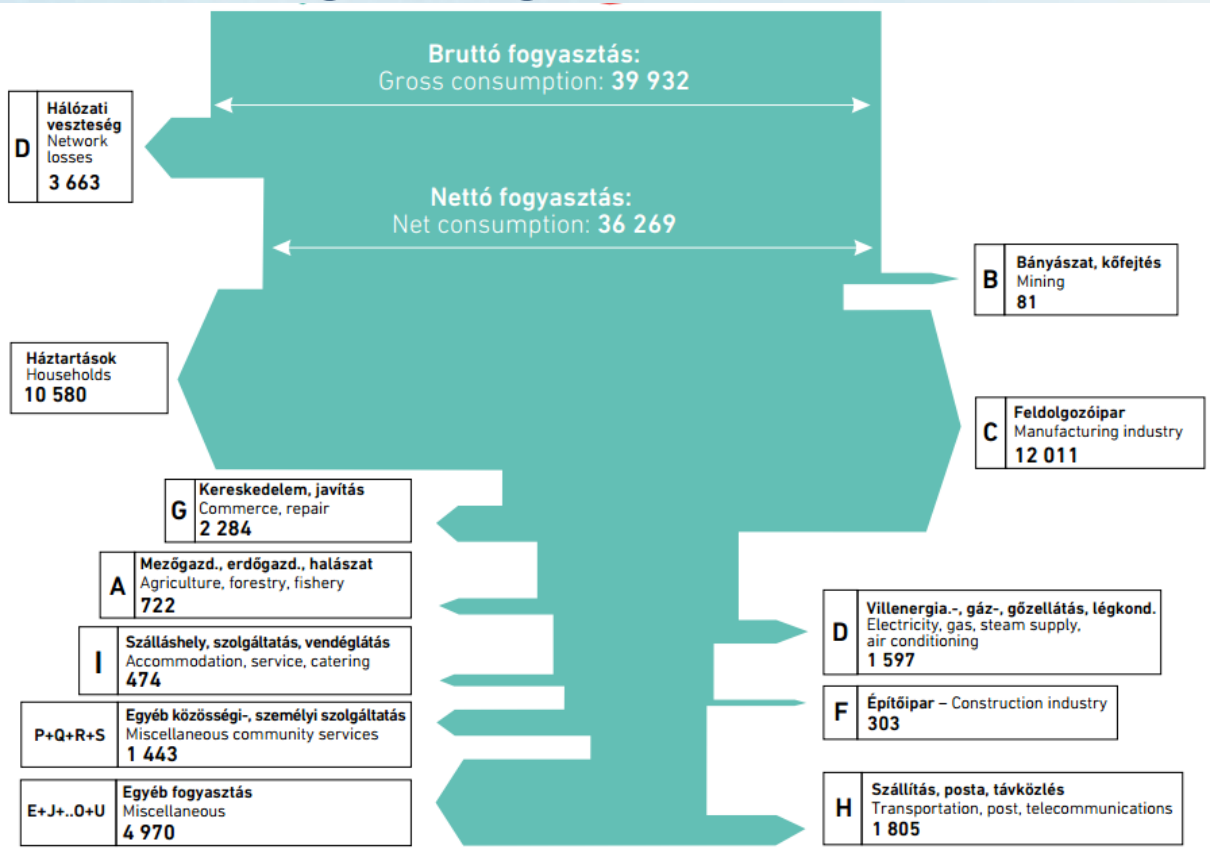
Statisztikai alapú fogyasztási modell

- „Open-source”
  - MAVIR és MEKH publikációk
  - Területi KSH adatok



Statisztikai alapú fogyasztási modell

- Háztartások
- C, G, H és két vegyes ágazat



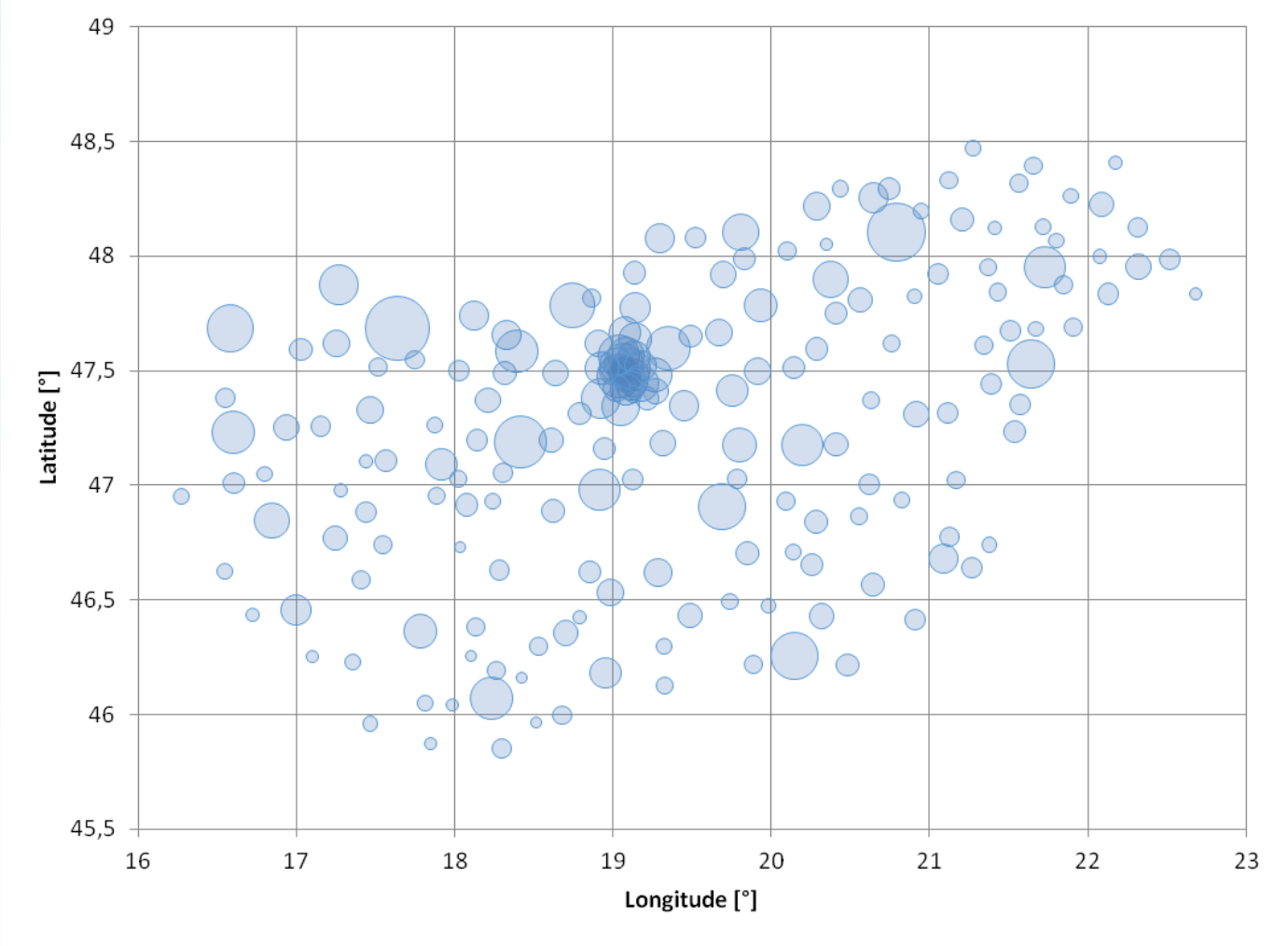
Statisztikai alapú fogyasztási modell

- Megfelelő statisztikai mutatók hozzárendelése
  - Ipari vállalatok termelési volumene (B, C, D) – KSH 4.2.1. – 4.2.3., 6.4.2.1.1. – 6.4.2.1.3.
  - Építőipari vállalatok termelési volumene (F) – KSH 6.4.3.1.
  - Mezőgazdasági szektor GDP-je (A) – KSH
  - Közösségi szolgáltatások teljesítménye (P–S) – KSH
  - Vendégéjszakák száma (I) – KSH 6.4.5.2.
  - Kereskedelem volumene (G) – KSH 6.4.4.6.
  - Lakosság száma (H, E+J+K+L+M+N+O+U) – KSH 6.4.2.1.
- Háztartási fogyasztás – KSH 6.2.2.7.
- Hálózati veszteségek és kiserőművek termelése
  - Egyenletes eloszlás szerint

Statisztikai alapú fogyasztási modell

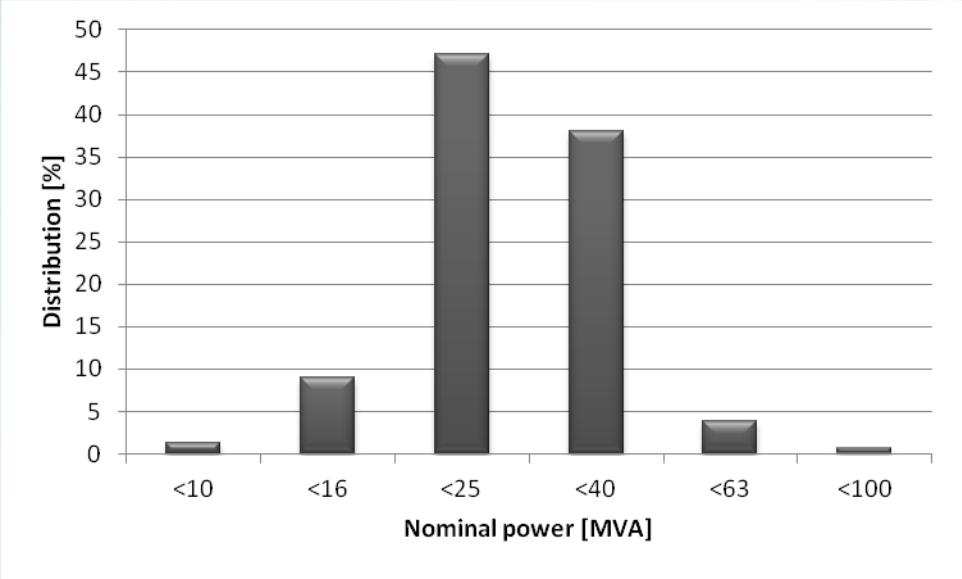
County	Section A [kWh/cap/yr]	Section B, C and D [kWh/cap/yr]	Section F [kWh/cap/yr]	Section G [kWh/cap/yr]	Section I [kWh/cap/yr]	Sections P-S [kWh/cap/yr]	H, and E+J+K+L+M+N+O+U [kWh/cap/yr]	Household consumption [kWh/cap/yr]	Network losses [kWh/cap/yr]	Small power plants [kWh/cap/yr]	Total [kWh/cap/yr]
Bács-Kiskun	124.49	1649.45	36.67	217.55	15.52	85.72	683.74	1048.77	369.97	456.56	3861.90
Baranya	107.84	524.67	17.97	208.11	35.88	99.17	683.74	1077.53	369.97	456.56	2754.91
Békés	146.37	695.14	16.90	217.55	25.28	73.18	683.74	977.79	369.97	456.56	2835.95
Borsod-Abaúj-Zemplén	48.71	1862.51	15.36	183.85	25.31	75.17	683.74	919.05	369.97	456.56	3813.68
Budapest	5.84	946.42	60.06	285.57	101.19	395.86	683.74	1061.62	369.97	456.56	3540.29
Csongrád	123.70	959.16	24.82	217.55	25.49	103.87	683.74	991.25	369.97	456.56	3129.58
Fejér	88.81	2951.89	21.47	223.72	20.30	94.28	683.74	1040.82	369.97	456.56	5125.02
Győr-Moson-Sopron	96.55	3418.62	31.99	240.92	56.76	117.33	683.74	1259.87	369.97	456.56	5905.78
Hajdú-Bihar	129.08	690.57	23.33	181.74	34.76	99.56	683.74	1061.01	369.97	456.56	2903.78
Heves	67.05	1745.76	21.54	183.85	78.40	79.60	683.74	1144.84	369.97	456.56	4004.75
Jász-Nagykun-Szolnok	89.24	1995.53	27.51	181.74	22.16	66.06	683.74	989.42	369.97	456.56	4055.38
Komárom-Esztergom	93.10	3660.05	22.08	223.72	23.39	92.08	683.74	1083.65	369.97	456.56	5881.80
Nógrád	31.60	699.32	7.52	183.85	12.86	62.15	683.74	1024.91	369.97	456.56	2705.94
Pest	34.33	1134.75	29.39	285.57	19.20	114.62	683.74	1374.29	369.97	456.56	3675.88
Somogy	115.21	576.05	25.74	208.11	93.68	96.56	683.74	839.51	369.97	456.56	2638.60
Szabolcs-Szatmár-Bereg	82.78	676.38	18.44	181.74	13.35	74.17	683.74	1087.93	369.97	456.56	2818.53
Tolna	129.58	1009.14	23.29	208.11	16.82	81.57	683.74	1144.22	369.97	456.56	3296.47
Vas	104.41	2101.39	41.72	240.92	87.58	100.28	683.74	1086.71	369.97	456.56	4446.75
Veszprém	68.42	1177.97	19.42	223.72	83.21	92.06	683.74	930.68	369.97	456.56	3279.21
Zala	86.24	1266.83	26.81	240.92	102.11	101.30	683.74	809.52	369.97	456.56	3317.48

Statisztikai alapú fogyasztási modell



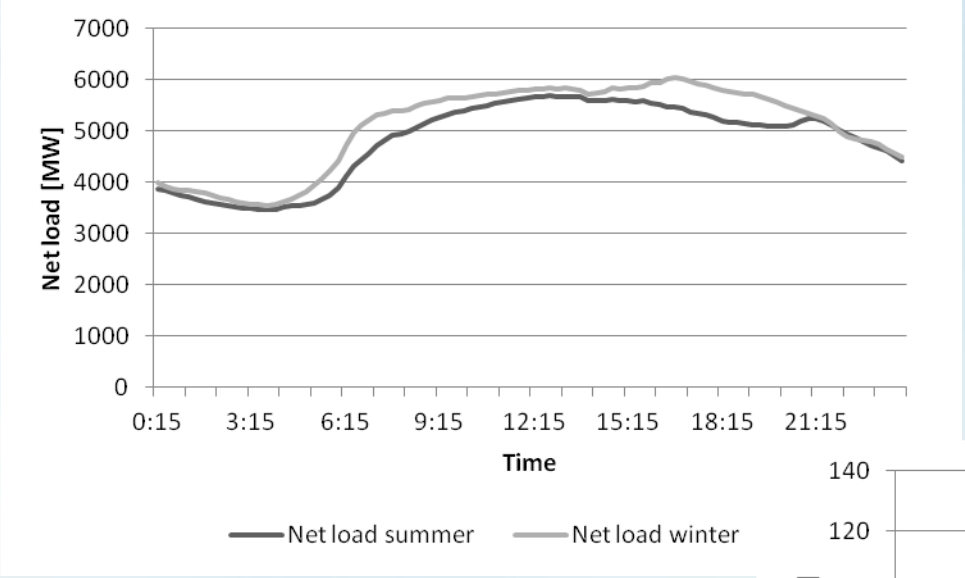
Topológiai alapú fogyasztási modell

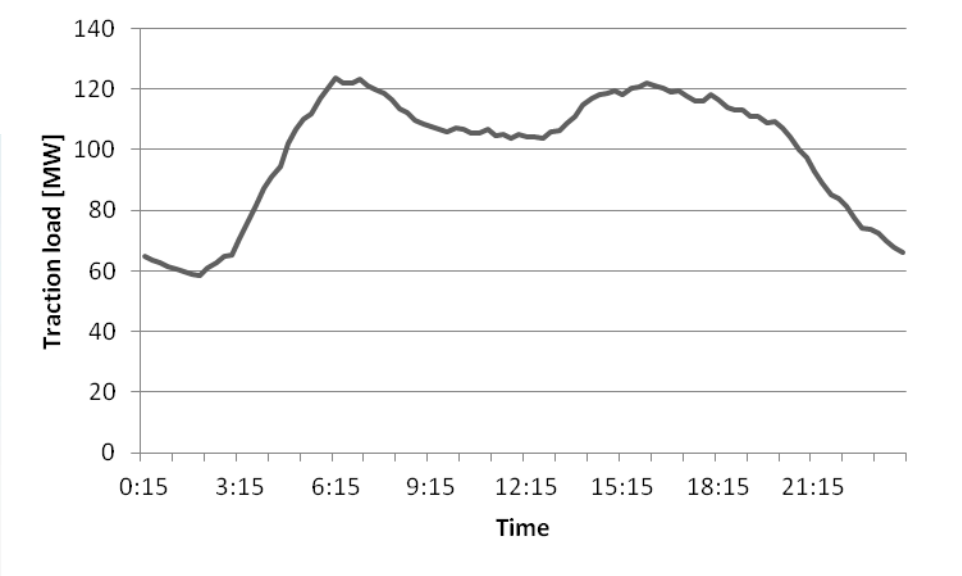
- 120/KÖF alállomások azonosítása
  - Tulajdonos/üzemeltető (közcélú, ipari, MÁV)
  - Teljesítmény



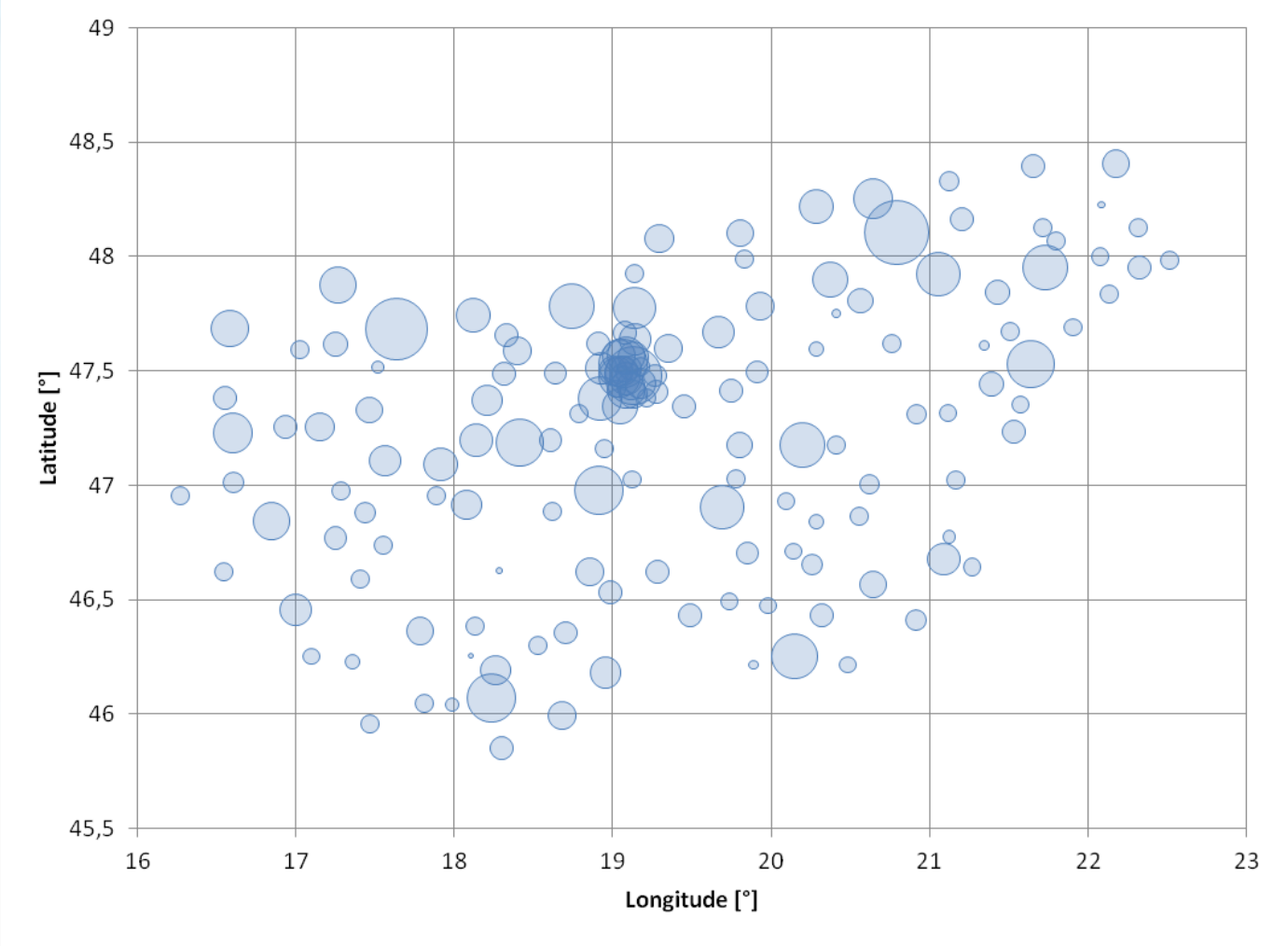
- Terhelési görbe minimuma egyenletesen oszlik meg a közcélú+ipari alállomások között
- Terhelési görbe változó része egyenletesen oszlik meg a közcélú alállomások között

Topológiai alapú fogyasztási modell



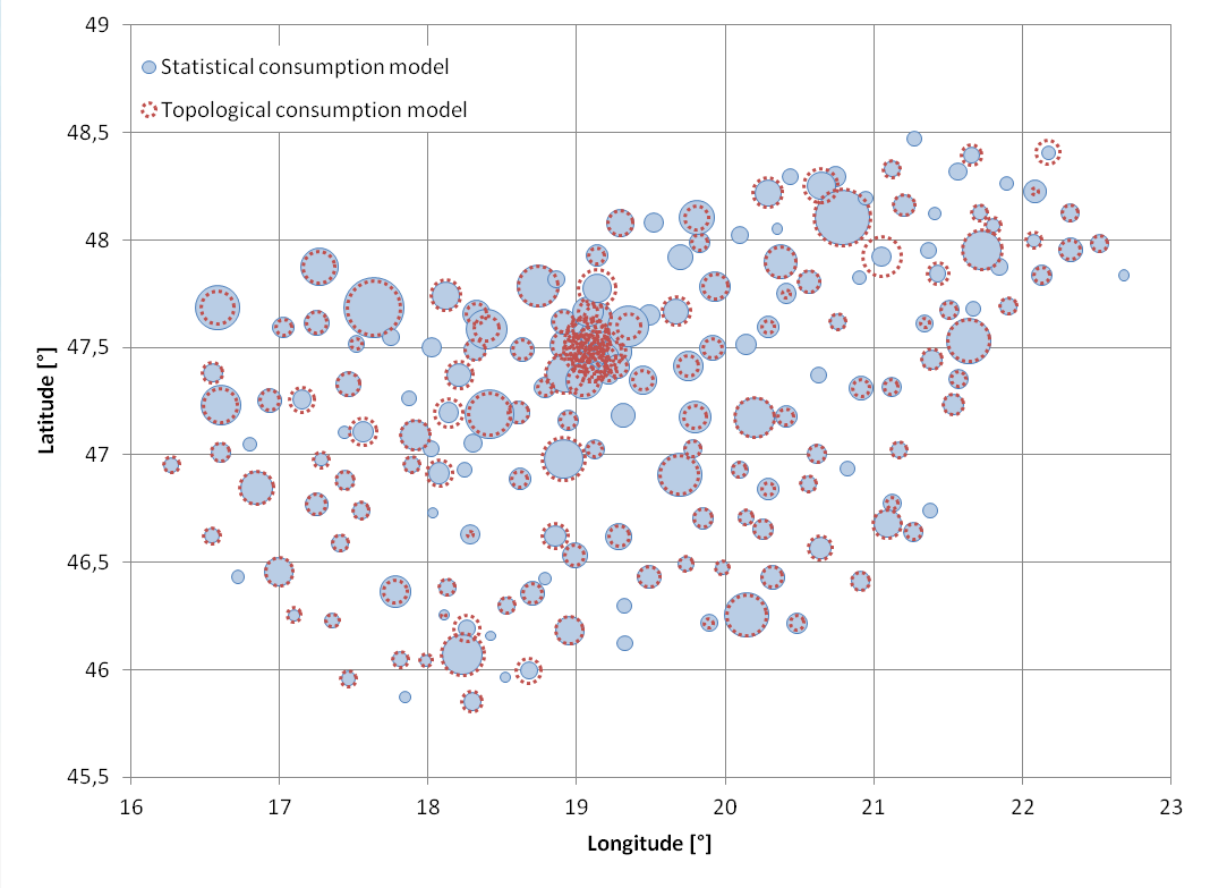


Topológiai alapú fogyasztási modell



Modellek összehasonlítása

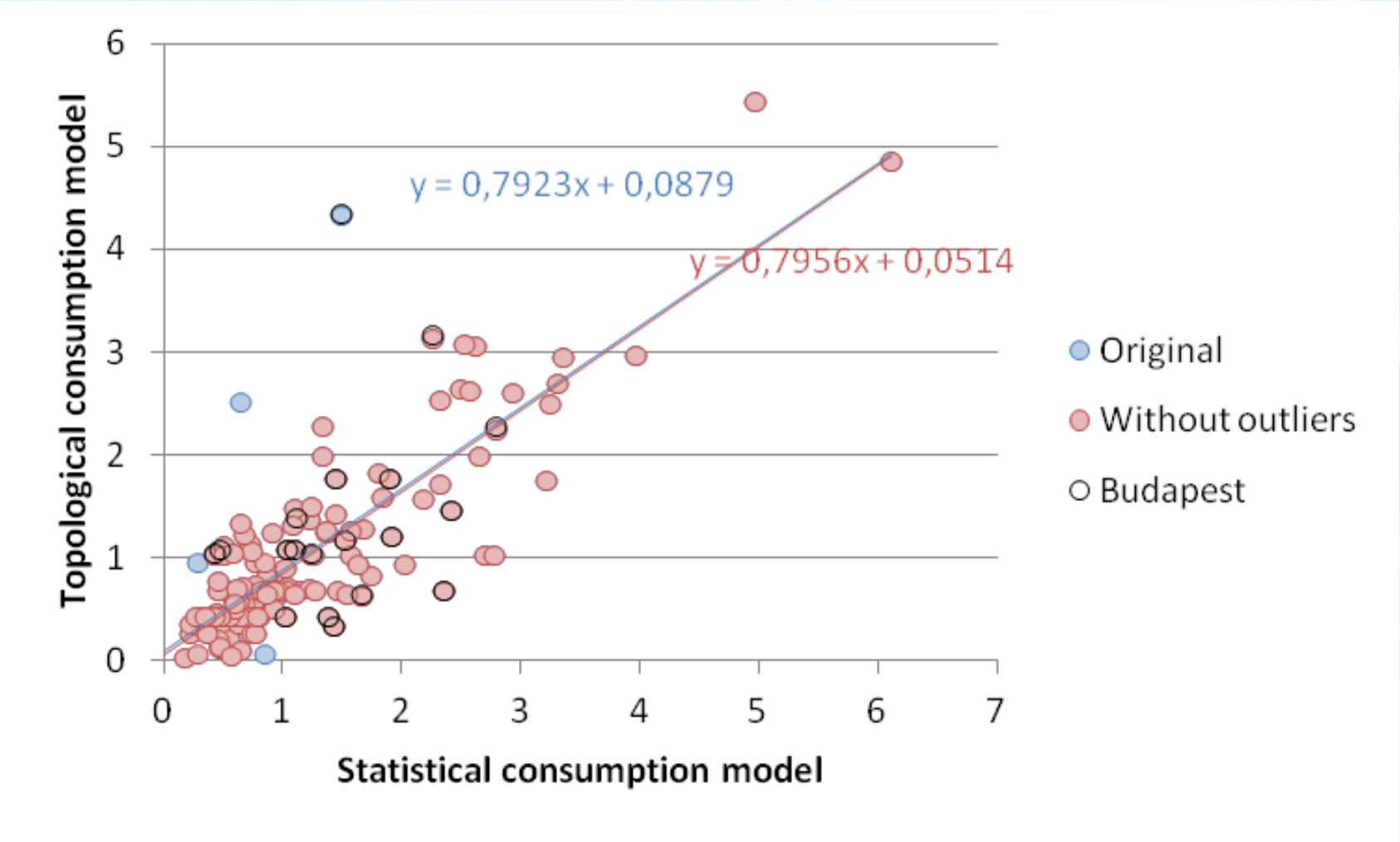
- Min.: 0,1711 és 0.0303; Max.: 6,1044 és 5,4341
- Korreláció 0,8183



Modellek összehasonlítása

- Szűrés, ellenőrzés
  - Outlierek eltávolítása
    - Budapest X. kerület (sok alállomás)
    - Tiszaújváros (nagy ipari fogyasztás)
    - Korreláció: 0,8183→0,8657
  - Járási adatok cseréje
    - Kisvárda (0,8523 és 0,0589) – Záhony (0,2881 és 0,9592); Tuzsér alállomás
    - Korreláció: 0,8657 →0,87
  - Budapest eltávolítása
    - Nagyvárosi energiaellátás specialitásai
    - Korreláció: 0,87 →0,8969

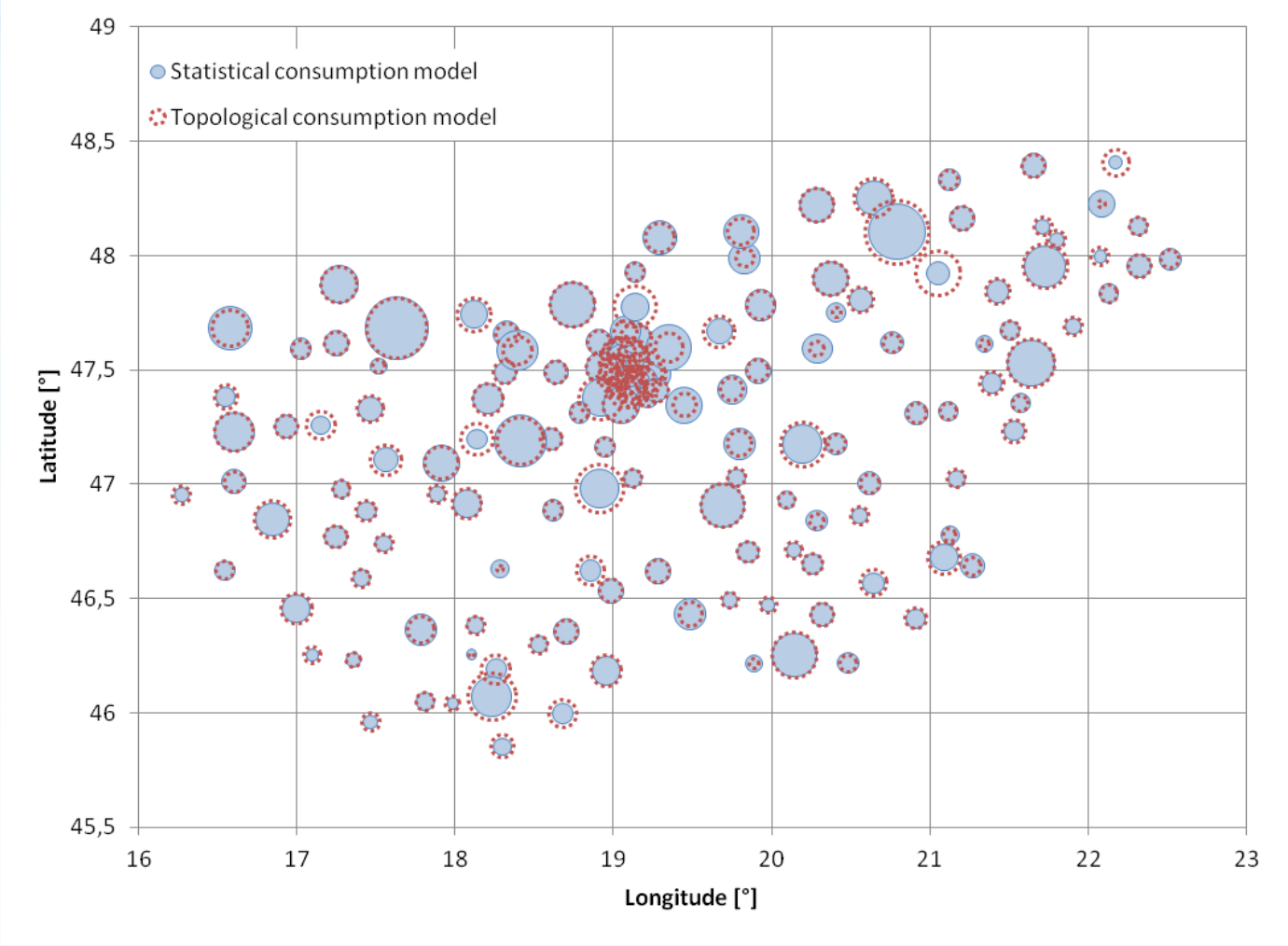
Modellek összehasonlítása



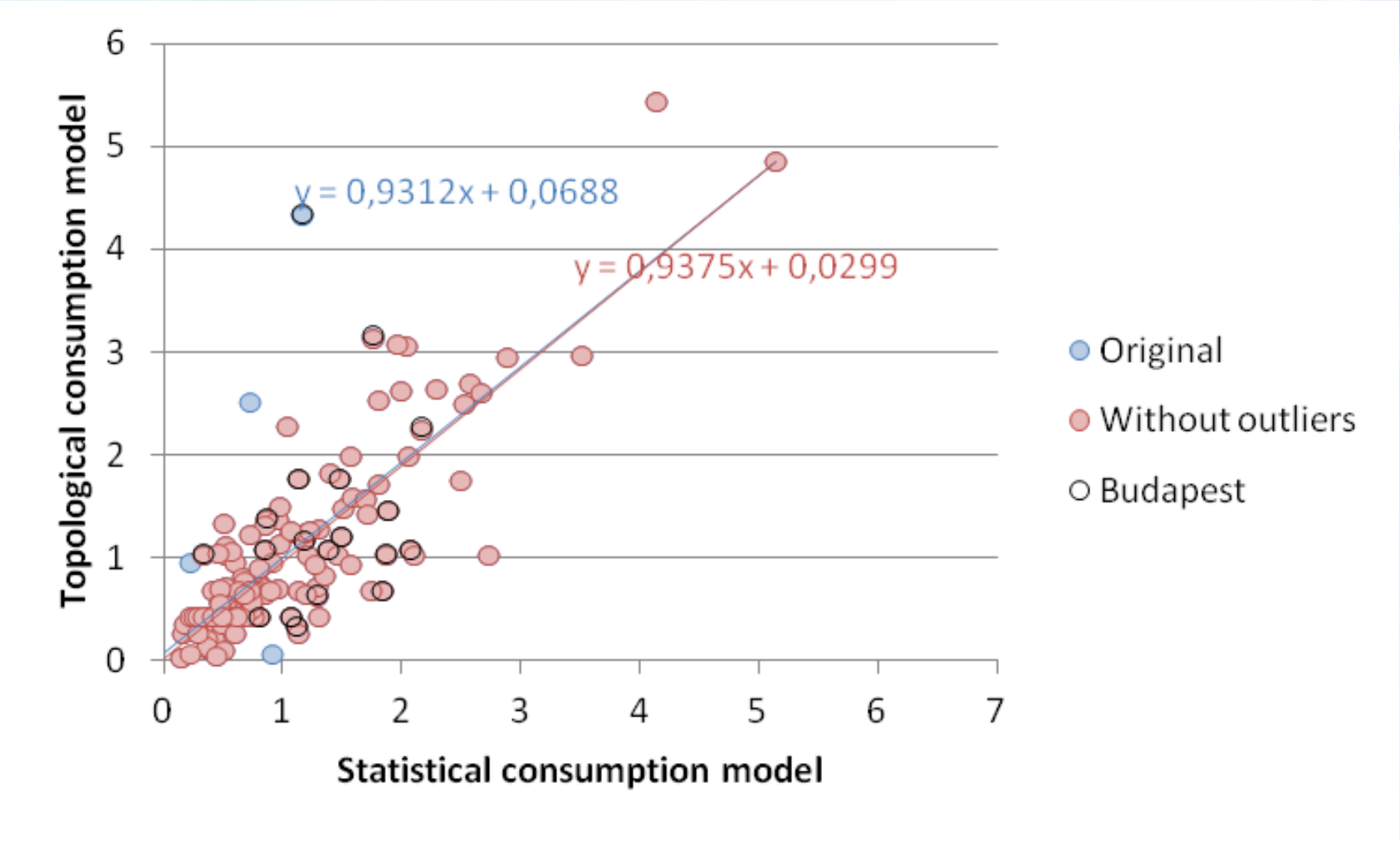
Modellek összehasonlítása

- Fogyasztás újraosztása
  - 198 járás
  - 154 járás alállomással
- Korreláció
  - 0,8183→0,8029 (újraosztás)
  - 0,8029→0,8566 (outlier)
  - 0,8566→0,8864 (Budapest)
- Kisebb korreláció, de jobban egyező normált értékek

Modellek összehasonlítása



Modellek összehasonlítása



Köszönöm a figyelmet!

hartmann.balint@energia.mta.hu