

A városi energiaellátás sajátosságai

Dr. Kádár Péter

Óbudai Egyetem KVK Villamosenergetikai Intézet
kadar.peter@kvk.uni-obuda.hu

Bevezetés

Az energiatermelés és fogyasztás korszerű, fenntarthatóbb módszerei a városokban, közvetlen a lakosság közelében is meg kell, hogy jelenjenek. Számos megújuló energiaforrás hasznosító technológia a városokban is alkalmazható (napelemek, napkollektorok), de pl. az egyedi fatüzelés, vagy a nagy szél és vízerőmű itt nem releváns. A meglévő elavult technológiákat át kell alakítani, kogenerációs erőműveket építeni, a fűtés hatékonyságát többek közt hőszigeteléssel lehet javítani. Megjelennek az új technológiák, mint a szennyvíziszapból előállított biogáz vagy hulladékégetés. A hagyományos gáz alapú távfűtés mellett a közösségi biomassza alapú fűtés is elképzelhető.

A következőkben korszerű városi energiatermelési technológiákra mutatunk hazai példákat.

1. Az energia szállítása

A villamos energia termelés és fogyasztás súlypontjai nem esnek egybe. A szénerőműveket a bányákhoz, az atomerőművet a ritkábban lakott területekre, a vízerőműveket értelemszerűen a megfelelő geomorfológiai adottsággal rendelkező területekre építik, de lehetőleg a nagy szénhidrogén tüzelésű erőművek többségét is igyekeznek távolabb telepíteni. Manapság kiemelt szerepe van a vezetékes hálózatoknak, melyekből a legfontosabbak az olaj-, gáz- és villamos energia hálózatok. Érdekes, hogy a hálózatok üzemeltetésében és modellezésében számos analógia van: *pl. villamos – gáz analógia*

$$U = \text{feszültség} \sim \text{nyomás} = p$$

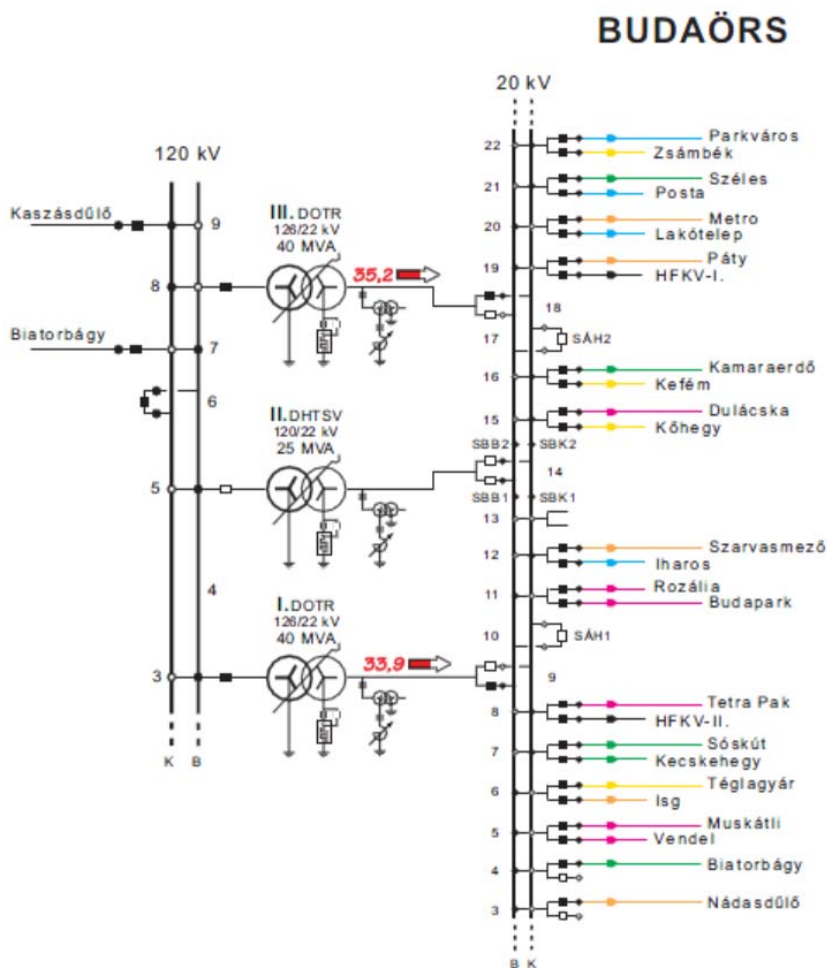
$$I = \text{áram} \sim \text{térfogatáram} = V/t$$

$$P = U * I = \text{teljesítmény} \sim \text{nyomás} * \text{térfogatáram} = V * p / t$$

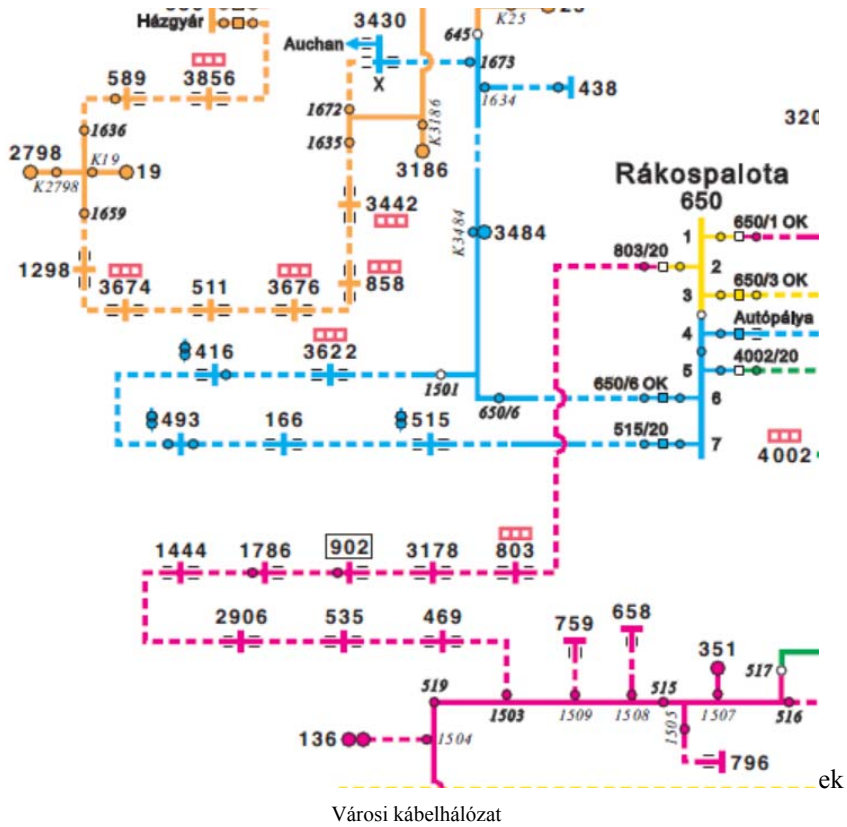
$$W = U * I * t = \text{energia} \sim \text{nyomás} * \text{térfogat} * \text{égéshő} = V * p * H$$

A városokba koncentrált ipari, gazdasági tevékenység, a lakosság kis területen nagy energiaigény sűrűséget jelent. A villamos energiaszállítás tipikus eszköze a nagyfeszültségű távvezeték. Ez valósítja meg a kapcsolatot távoli erőművek és fogyasztói centrumok és országok között. A városokhoz érve a nagytávolságú szállítási feladat tipikusan elosztási feladattá módosul. Az állomások célja, hogy fogadják a

nagyfeszültségű távvezetéseket és közép feszültségű kábelhálózaton vigyék tovább az energiát a fogyasztó közelébe. Ilyen állomás pl. az óbudai Kaszásdűlő alállomás, ahol többirányú légvezetéki betáplálás van, de innen csak kábelek haladnak a “város” felé. Az ipari és lakossági hőigény kielégítése sokkal kisebb távolságokból történik. A hővezetékek tipikusan városon belüliek. Számos helyen ezek a föld felett haladnak.



Egy „energia fogadó” alállomás



2. Közlekedés

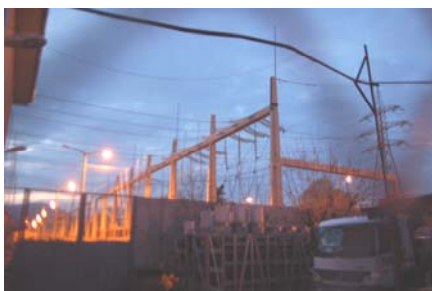
Tipikus városi villamos energia fogyasztást jelent a tömegközlekedés, mint a villamos, trolis, metró és HÉV. Ezek különlegessége, hogy egyenárammal működnek, a villamos pl. 600 V feszültséggel. Ezt „áramátalakítók” állítják elő, melyek régen veszélyes higanygőzös egyenirányítók, ma pedig félvezetős berendezésekkel vannak felszerelve. Ezek a fogyasztások rendkívül jól tervezhetőek. A korszerű villamos vontatás során már kevesebb a veszteség, mert a fékező energia egy részét visszatáplálják a hálózatba.

3. Le a föld alá!

A távvezetékek a legolcsóbb energiaszállító eszközök, de városi környezetben korlátozott a szerepük. Bevált eszköz a távvezetékeknél egy nagyságrenddel

költségesebb, régebben egyáltalán nem környezetbarát kábel. Folytak fejlesztések a kompakt távvezetékek irányába is, ami kisebb térkeresztmetszeten több energiát tud továbbítani (azaz kevesebb helyet és kisebb védőtávolságot igényel).

A közép feszültségű kábelek a fogyasztó közelébe viszik az energiát, a közép/kis feszültségű transzformátorokhoz, melyek a nagyobb épületek vagy háztömbök egy földszintjén kapnak helyet – a járókelők szeme elől elrejtve. A növekvő energiaigény megköveteli, hogy nagyfeszültségű kábelrel szállítsák az energiát. Ma már teljes nagy/közép feszültségű alállomások is elhelyeznek a föld alatt, ilyen pl. az ELMŰ Vérmező alatti 120/10 kV-os alállomása.



Az ELMŰ kaszásdűlői normál- és a Vérmezőn lévő földalatti alállomása

4 Szennyvíz kezelés

A kommunális és lakossági lét egyik velejáró terméke a szerves anyagokban gazdag szennyvíz, amit tisztítani, ártalmatlanítani, kezelni kell. A keletkező szennyvíziszap kezelésére vonatkozó technológiai alternatívák:

- iszap lerakás (hagyományos eljárás)
- égetés (energia igényes)
- biogáz fejlesztés (hazai perspektivikus gyakorlat)

A szennyvíziszapból történő biogáz előállításnak általában nem a villamos energia és a hőtermelés az elsődleges célja, ezek inkább csak hasznos következmények. A lehetséges célokat a következőkben foglaljuk össze:

- veszélyes hulladék (iszap) kezelése
- szennyvíz-technológia saját energiafelhasználásának fedezése
- megújuló alapú energiatermelési hányad növelése
- az iszap szervesanyag-tartalma és mennyiségének csökkentése
- javul az iszap vízteleníthetősége
- olyan anyagokat is tud fogadni a telep, amely növeli a gáztermelést (pl. éttermi szerves hulladék)

- csökken a fertőzésveszély
- CO₂ kibocsátás csökkentése
- hőtermelés

A Fővárosi Csatornázási Művek Észak-Pesti telephelye szennyvízkezelési és biogáz technológiát is tartalmaz. Elkészültek a foszfátmentesítő déli pihentető medencék is, illetve felújításra került az Archimédesz csavaros átemelő berendezés.

A két db rothasztótartályba szakaszosan (két óránként) kerül a darabos anyagoktól már megtisztított, megszárt, előkezelt, beállított konzisztenciájú szennyvíziszap. A mezofil technológia ezáltal folyamatos üzeműnek tekintendő, mert „mindig töltik és mindig elvesznek belőle”. A keletkező gázt gázmotorban égetik el (835 kW, ill. 2 x 1 MW). A gáztermeléssel a szennyvízkezelési technológia villamos energiaigényének mintegy 70 %-át tudják saját erőből fedezni, tehát a termelt villamos energiát teljes egészében elfogyasztja a szennyvízkezelési technológia. Az újonnan épült Dél-Pesti szennyvíztisztítóban ez az arány csak kb. 35% a nagyon korszerű, de nagy energiaigényű tisztítási technológia miatt.



A Fővárosi Csatornázási Művek Észak-Pesti telephelye



Biogáz termelés a Dél-Pesti Szennyvíztisztítóban

5. Hulladékkezelés

A kommunális hulladékkezelésére több eljárás is ismert:

- A legkedvezőbb lenne, ha a hulladékot szelektíven gyűjtenék és minél nagyobb százalékban újrahasznosításra kerülne. Léteznek olyan külföldi próbálkozások, melyekben a hulladék 100%-át feldolgozzák.¹ Ez az érték nálunk csak néhány %.
- A szemét lerakása – ez a legrosszabb, mert a csapadék szennyező anyagokat mos be a talajba, talajvízbe; a lassú rothadással metán szabadul fel, illetve egyre

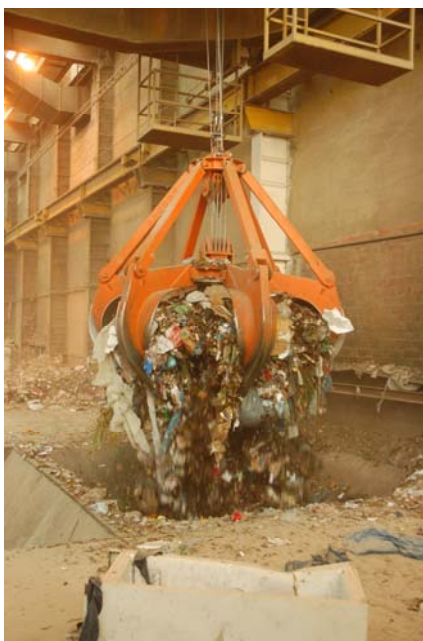
¹ http://www.grn.org/zerowaste/zw_world.html

több terület válik lerakóvá. Sajnos hazánkban a hulladék többsége lerakókra kerül.

- Átmeneti megoldást jelent a hulladékégetés. Ennek előnye, hogy a lerakásra kerülő anyag térfogata mintegy 23%-ra csökken, kémiaiilag stabil, azaz nemigen szennyezi a talajt és mindemellet villamos- és hőenergiát is termel. Magyarországon egyetlen ilyen üzemel, ez viszont Budapest hulladékának felét kezeli.

A FKF Zrt. Fővárosi (Rákospalotai) Hulladékhasznosító Mű², mint Magyarország egyetlen települési szilárd hulladékégető műve, 1982. óta üzemel. A szennyező anyagok levegőbe történő kibocsátásának határértékeit a korszerű füstgáztisztító segítségével tudják betartani, de több szennyező anyag vonatkozásában a tényleges emisszió nagyságrenddel kisebb, mint az egyébként igen szigorúan meghatározott határérték (pl. por, elégtelen szén-hidrogének, nehézfémek, dioxinok esetében).

Tervbe van véve egy Dél-Pesti égetőmű létesítése is.



A hulladék az égetés előtt és után a Rákospalotai Hulladékhasznosító műben

² www.fkf.hu

6. Távfűtés – hőtermelés

A távfűtés tipikusan városi megoldás, ahol az egyedi fűtőberendezések kibocsátásai (lakásonkénti szenes-, fás- vagy gáz- kazánok) igen nagy környezetterhelést jelentenének. Ehelyett központilag termelnek hőt és használati meleg vizet, amelyet vezetéken szállítanak a fogyasztókhoz és szolgáltatás formájában értékesítenek. Budapesten is számos távfűtő mű épült ki a lakótelepek fűtésére.

A tüzelőanyagok árának növekedésével (elsősorban gáz) felmerült, hogy a gáz elégetése után, a hőfelhasználás előtt lehetséges a villamosenergia termelés is. Ennek eszközei a gázturbina vagy gázmotor. Ezt kogenerációnak nevezik, jelentése: hő- és villamos energia együttes termelése. Az eljárás környezetvédelmi és erőforrás gazdálkodási szempontból is kedvező, mert ugyanazt a hatást kevesebb tüzelőanyag elégetésével ériük el. A kogeneráció minden nemű fűtőanyagra értelmezhető.

Gázturbinák

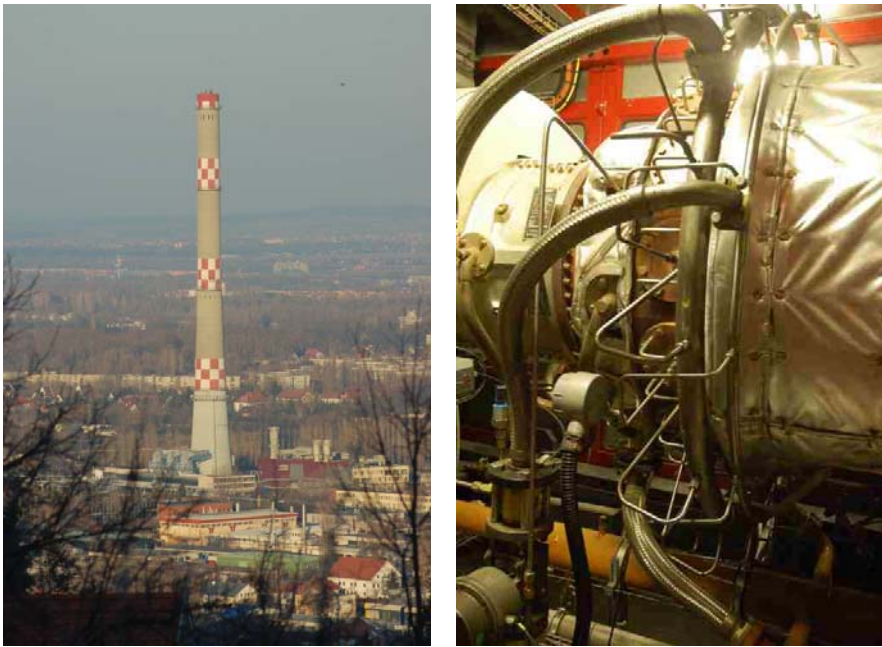
Az elmúlt évtizedekben az észak-budai fűtőműben gázkazánokban állították elő a távfűtéshez szükséges forró vizet. Néhány éve egy új, három egységből álló (30 + 10 + 10 MW) gázturbinás villamos energiát termelő erőművet adtak át, az Észak-Budai Fűtőerőművet³, amely a keletkező füstgáz hőjét táplálja be az óbudai távfűtési rendszerbe.

Ma már a legtöbb fűtőerőmű villamosenergiát is termel. Bécs igen korszerű és olcsó távfűtési rendszerét részben az ottani hulladékégető mű hője is táplálja, de egy körvezetéken más hőtermelők is kapcsolódnak a rendszerhez.

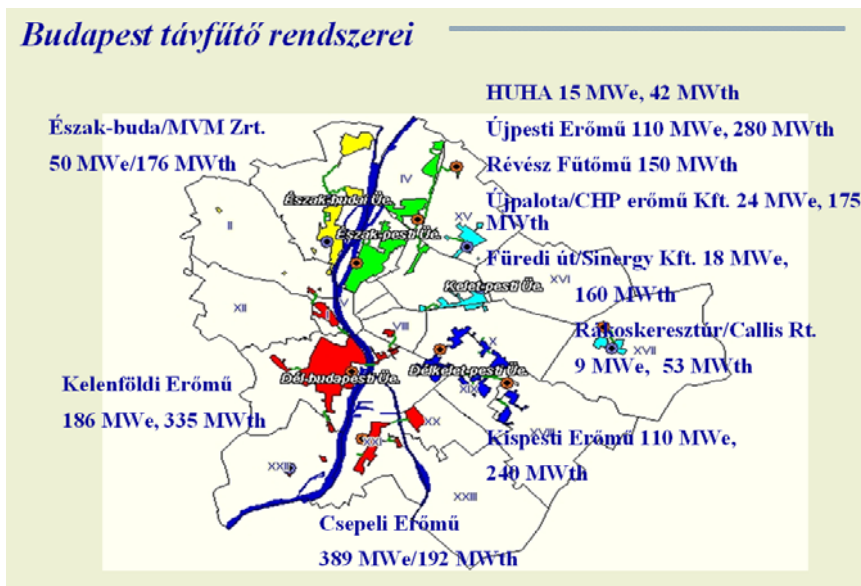
A Fővárosi Távfűtő Művek szándékában áll 2015-re kiépíteni egy 41 km-es hőtávvezeték, amely felfűzi a budapesti hőtermelőket és hőfogyasztókat.

³ <http://www.gter.hu/futo.php>

Kádár Péter: A városi energiaellátás sajátosságai



Az Észak-Budai Fűtőerőmű és a 30 MW-os gázturbina

A fővárosi távhőszolgáltatás térképázata⁴

A gázmotorok

Hazánkban a közepes léptékű kogenerációt zömében a gázmotorok valósítják meg. Az ezredforduló környékén igen erőteljes fejlődés volt megfigyelhető, jelenlegi összteljesítményük meghaladja a 600 MW-ot, míg egységteljesítményük tipikusan 0,6 – 3 MW között van. A gázmotor egy földgázzal működő sokhengeres Otto robbanómotor. A kogeneráció minden előnye mellett sajnos villamoenergia-rendszer szinten elmaradt a szabályozhatóság kiépítése, sőt a gazdasági érdekek (és kényszerűség) miatt esetenként jogtalan többlettámogatáshoz is jutnak az üzemeltetők.

⁴ Rudolf Viktor: Energetika és társadalom – Távfűtés 2007



12 hengeres 800 kW-os gázmotor



16 hengeres 1,6 MW-os gázmotor

Az abszorpciós hűtőgépek, trigeneráció

A hőkapacitások rendelkezésre állása ellenére a nyári hőigény igen alacsony. A gázmotorok üzemeltetése viszont csak a kogeneráció esetén rentábilis, és nemzetgazdasági szinten is csak így kifizetődő. Ennek a helyzetnek a megoldására terjednek az intézményi szintű légkondicionálást ellátó, hővel üzemelő abszorpciós hűtőgépek, amelyek nyári melegben a gázmotorok által termelt hőt hűtési célra forgatják vissza. Az olyan elrendezéseket nevezzük trigenerációs rendszereknek, amelyek a villamos energia mellett télen hőt, nyáron pedig hűtési energiát is termelnek. Egyes országokban megjelent a távhűtési szolgáltatás is.

Biomassza alapú távfűtés

Előremutató kezdeményezés a biomassza közepes léptékű, közösségi fűtőműben való felhasználása. Előnyei:

- Gazdaságos méretarány
- Megújuló energiaforrás
- Ideális tüzelőanyag beszállítási körzet nagyság (max. 50 km)
- Munkahelyteremtés

- Civil közreműködés
- Korszerű távfűtés, stb.

A Tatán egy 400 t/nap felhasználású, 8 MW fűtőteljesítményű, faaprítékkal üzemelő kazán látja el részben a távhő szolgáltatást. A nedvesített hamu és a leválasztott pernye konténerekben kerülhet a természeti környezetbe való visszaforgatásra.



A Tatai Távhő Kft. berendezései



Jennersdorfi 80 közintézményt ellátó biotávfűtőmű

A fenti előnyök ellenére a nagyobb távfűtőművi projekteknek a következő problémákkal kell szembenézni:

- Megfelelő méretű, csapadékmentes tárolóhely kialakítás (min. két hétre)
- Folyamatos, jó minőségű tüzelőanyag ellátás
- Tartalék hőforrás
- Rögzített, biztos szállítói ár a tervezhetőséghez

A hazai biomassza ellátásra jellemző, hogy az éppen külföldre ki nem vitt biomasszát a hazai nagy erőművek – esetleg együttégetésre (co-firing) – vásárolják fel, és ezáltal nem marad tüzelőanyag rentábilis áron a kis és közepes, elosztott energiatermelőknek.⁵

7. Energiahatékonyság

Mind az energiatermelő berendezéseknél, mind pedig az energia felhasználásnál célszerű a hatásfokot növelni, azaz minél kevesebb primer vagy másodlagos energiával érjük el a kívánt hatást. A számos megoldás közül az egyik legnagyobb hatású a lakóépületek,

⁵ Kéri László: Biomassza kiserőmű erdei tüzelőanyag nélkül, avagy hogyan üzemeltessünk kiserőművet Magyarországon - BIOHŐ Energetikai Kft. Pellet&Brikett – Termőföldtől a kazánig Szakmai nap 2006. Szeptember 20., Gödöllő

elsősorban a panelépületek szigetelésének javítása, amivel mintegy 50%-os fűtési energia mennyiség megtakarítás érhető el. A műszaki megoldás, a folyamat nyilvánvaló, de a munka tömegében még nem kezdődött el.



A faluház hőszigetelés előtt és után

8. Napelemek alkalmazása

Hazánkban is lehetséges a háztartási léptékű, hálózatra dolgozó kiserőművek, elsősorban napelemek telepítése. A napelemeken, a napelem-tartó modulokon, és a villamos kábelezésen kívül szükség van még az inverterre és a szolgáltató által biztosított „ad-vesz” mérőóra. Az *inverter hálózati betápláláshoz* 230V váltakozófeszültséget állít elő a hagyományos háztartási fogyasztók számára, a fel nem használt villamos energiát a vezetékes hálózatba táplálja vissza. 400-500W-tól, 2-5kW névleges teljesítményekkel.

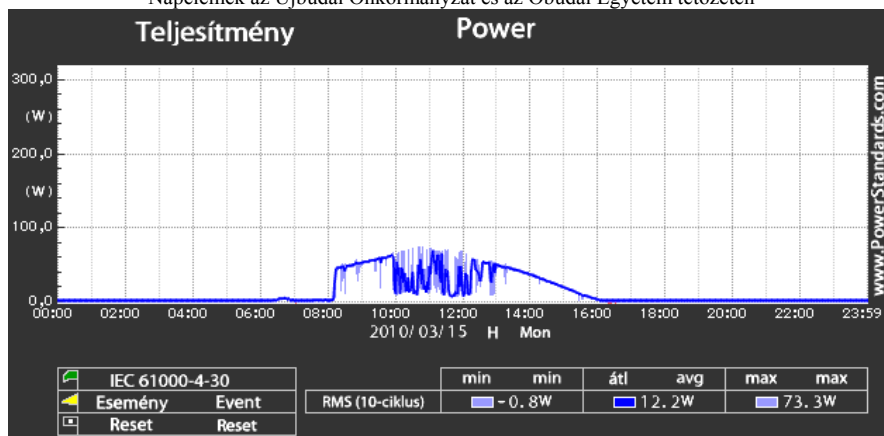
A városi napelemes rendszerek nem csak a családi házak, társasházak kiegészítő villamos energia termelője, hanem épületintegrációs alkalmazásnál használható homlokzatok, tetőszerkezetek kialakítására, valamint fényáteresztő napelem modulokkal árnyékoló rendszerek létesítésére.

Hatása kettős: villamos energiát termel a csúcspotyosztási időszakban (nappal), illetve árnyékolóként csökkenti az nyári hűtési igényt.

Kommunális alkalmazásként meg kell említeni a XI. kerületi polgármesteri hivatalt, ahol egy 20 kWp-s rendszer üzemel.



Napelemek az Újbudai Önkormányzat és az Óbudai Egyetem tetőzetén



Az Óbudai Egyetem 80 Wp napelemes rendszerének termelése 2010. márc. 15-én

9. Napkollektorok alkalmazása

Az egyedi családi házak napkollektoros rendszerei egyelőre kis mértékben járulnak hozzá a város energiafelhasználásának csökkenéséhez. Minőségi ugrást jelentett, amikor a Budapest, Szőlő utcai „Faluház” projekt keretében egy több mint 800 lakásos távfűtéses panelépületben a használati meleg víz ellátás napkollektoros rásegítésére 125 db nagyfelületű napkollektort telepítettek, összesen 1515 m² felülettel.



Napkollektorok a faluház tetején⁶ Napkollektorok az Óbudai Egyetem tetején

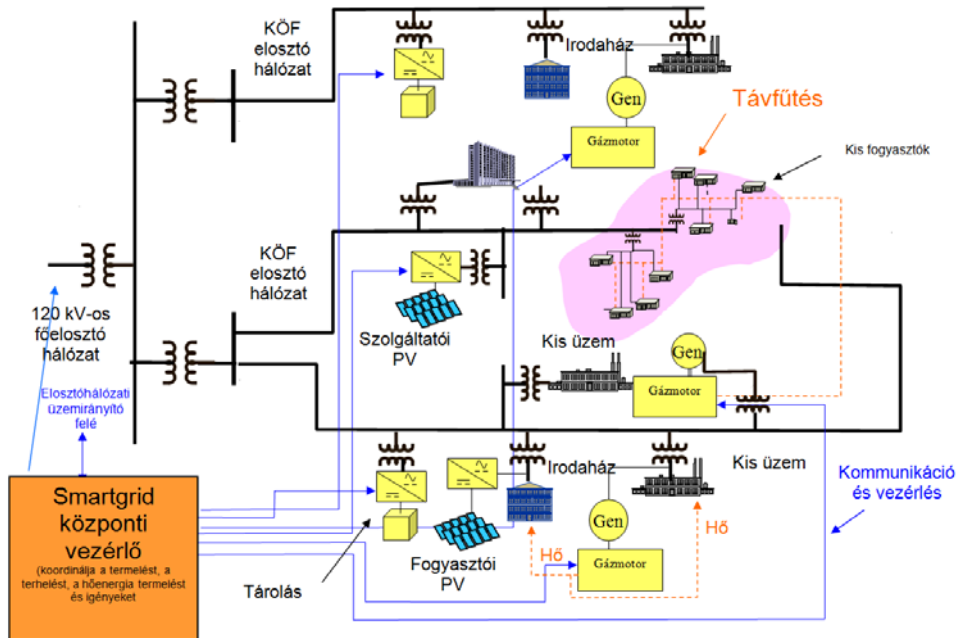
10. Smart hálózat

Smart Gridnek nevezzük azt az intelligens hálózati együttműködést, ahol az ellátás jobb minőségéért és a rendelkezésre álló erőforrások jobb kihasználásáért a korszerű elektronikai, információ és kommunikáció technológiai (ICT) technológiát használjuk fel.

A smart hálózat jellemzői:

- Intelligens elemei vannak
- A fogyasztó aktívan részt vesz benne
- A digitális technológia átszövi az energiaszállítás minden részletét
- Lehetőséget teremt az elosztott termelés integrációjára
- Optimalizálja a hálózatot
- A hálózat önjavító, megbízható, biztonságosabb, jobb hatásfokú lesz, miközben a fogyasztó is energiatudatosabbá válik.
- Mindez hozzájárul a fenntarthatósághoz, környezetvédelemhez
- Nem izolált/izolálható hálózatrész, a közép- és nagyfeszültségű hálózaton helyezkedik el
- Saját koordinációs/felügyelő központtal rendelkezik
- A “kellemetlen és kicsi” termelőket és fogyasztókat fogja össze
- A saját termelés és fogyasztás egy nagyságrendbe esik
- Kifelé mérlegkörü elszámolással, menetrendadással, míg befelé terhelés- és termelésbefolyásolással működik
- Középfeszültségű és nagyfeszültségű hálózatot használja

⁶ forrás: Urbancsik Attila Melegviz nagyban: Faluház - Hasznalati melegviz ellátás napkollektoros rasegítéssel tarsasházak részere MEGSZ konferencia 2010.11.09.



Energia termelők és fogyasztók Smart együttműködése

Mint azt korábban láttuk, Budapesten is léteznek olyan energiatermelő egységek, amelyek alkalmasak lehet(én)ek a Smart együttműködésre.

11. Smart metering

A Smart metering a smart grid filozófia részét képezi. Az áramszolgáltatás utóbbi száz évében a fogyasztásmérő alapvetően csak *mért*, miközben a mérési elv sokat fejlődött. Ma már egészen új funkciócsomag van kialakulóban, amivel a Smart mérőket fel kívánják ruházni. Egyes országokban már millió számra kerültek felszerelésre smart mérők, míg hazánkban csak megkezdődött a tájékozódás. A Smart Metering kapcsán az alábbi lehetséges funkciók merültek:

- Fogyasztásmérés
- Menetrend alapú mérés
- Telekommunikációs állomás
- Körvezérlő jelek fogadására alkalmas készülék
- Lokális mérések továbbítására alkalmas eszköz

- Tarifa információk fogadása
- Energiaminőségi információk gyűjtése stb.

A városi koncentrált fogyasztás jó lehetőséget teremt a smart mérők bevezetésére, itt ugyanis lépcsőházanként lehetséges a hagyományos mérők cseréje, és a Smart előnyök – mint pl. a fogyasztásvezérlés vagy lakossági tájékoztatás – is koncentráltan, nagyobb egységekben valósulnak meg, mintha csak egyedi kertvárosi lakásokról volna szó. Hasonló a helyzet a kommunális fogyasztóknál, irodaházaknál, lakóparkoknál is.

Összefoglalás

Összességében megállapítható, hogy Budapest energiaellátása mindenben hasonló a távoli metropoliszoknál alkalmazottakhoz, annak ellenére, hogy a fejlesztések nem annyira dinamikusak, mint a világ számos országában. Az elméleti vagy távoli példák helyett a közelünkben vannak azok a műszaki megoldások, amelyek nagyságrendileg tudnák csökkenteni az energiateljesítményt, visszafognák a fogyasztást, hogy ne kelljen újabb és újabb erőforrásokat bevonni a termelésbe. Közel vannak az eurókonform megoldások – most ezek elterjesztése a következők.