

OTDK-dolgozat

Thirring Helga

BA

2013

Miért olyan intelligens az intelligens hálózat?

A smart grid rendszer bevezetésének és működésének kérdései.

Why is the smart grid so smart?

Questions of implementation and functioning of smart grid.

Thirring Helga

Kézirat lezárása: 2012. március 25

Tartalomjegyzék

I. BEVEZETÉS, A DOLGOZAT CÉLJÁNAK MEGHATÁROZÁSA.....	1
II. MI AZ A SMART GRID RENDSZER, ÉS HOGYAN MŰKÖDIK?.....	3
III. MILYEN KAPCSOLAT VAN A SMART GRID RENDSZER ÉS A MEGÚJULÓ ERŐFORRÁSOK KÖZÖTT?.....	7
IV. KORÁBBI KUTATÁSOK A TÉMÁBAN.....	7
1. MERegion.....	11
2. Consumer Acceptance.....	17
V. ÁRAZÁS AZ INTELLIGENS HÁLÓZATBAN.....	21
VI. PRIMER KUTATÁS BEMUTATÁSA.....	30
VII. ÖSSZEFOGLALÁS, KONKLÚZIÓ.....	43

Ábrajegyzék

1. ábra Az elektromos rendszer lineáris modellje.....	4
2. ábra. A smart grid kör-körös működési elve (Hitachi.com).....	4
3. ábra. Egy háztartás rendszerterhelési profilja (Frey).....	7
4. ábra. Megújuló energiaforrások részaránya a végső bruttó fogyasztásban.....	8
5. ábra. A megújuló energiák rendszerintegrálási problémái (KIT).....	9
6. ábra. Dinamikus árazási modell az MERegion tesztprojektben (Hillemacher).....	12
7. ábra Rendszerterhelés alakulása az MERegion tesztprojektben a dinamikus árazás bevezetését követően(Hillemacher).....	13
8. ábra Az MERegion tesztszoport rendszerterhelésének relatív eltérése a referenciacsoporthoz viszonyítva(Hillemacher).....	14
9. ábra Az MERegion tesztszoport rendszerterhelésének relatív eltérése a referenciacsoporthoz képest, tarifaszávonként bontva(Hillemacher).....	14
10. ábra Modellezett rendszerterhelés az MERegion tesztszoportban(KIT).....	16
11. ábra Részvételi szándék alakulása a Consumer Acceptance kutatásban kommunikációs módok és országok szerint(Thøgersen).....	18
12. ábra A smart grid elfogadottságának alakulása a Consumer Acceptance kutatásban kommunikációs módok és országok szerint (Thøgersen).....	20
13. ábra A dinamikus árazás két dimenziós mátrixa.....	23
14. ábra Szolgáltatási és átvételi árak kialakításának modellje a smart grid rendszerben.....	27
15. ábra A háztartásban lévő főkereső életkora.....	31
16. ábra Összefüggés a jövedelmi kvantilisok és energetikai célú kiadásai között Magyarországon(Eurostat).....	31
17. ábra Tájékozottság mérése a villanyszáma összetételéről.....	32
18. ábra Dinamikus árazásra való átvételi hajlandóság mérése.....	33
19. ábra Dinamikus árazásra való átvételi hajlandóság mérése abban a szegmensben, akik nem foglalkoznak a számla összetételével.....	33
20. ábra Megtakarítási lehetőségek a háztartási villanyfogyasztásban.....	35
21. ábra Energiatakarékos beruházások motivációja.....	36
22. ábra Fogyasztási adatok ellenőrzésének gyakorisági igénye.....	37
23. ábra Átvételi hajlandóság mérése, abban a szegmensben, ahol mér felmerült az igény a valós idejű fogyasztási adatok iránt.....	38
24. ábra Okos mérők iránti vásárlási hajlandóság.....	39
25. ábra Fizetési hajlandóság görbe.....	40
26. ábra A magas villanyszámlával rendelkezők fizetési hajlandóság görbéje.....	41

I. BEVEZETÉS, A DOLGOZAT CÉLJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

Napjainkban egyre fontosabb gazdasági, környezeti, társadalmi és biztonsági szerepet tulajdonítunk a megfelelő energiaellátásnak. Megfelelőség alatt értjük annak a minőségbeli, mennyiségbeli és költségbeli megfelelőségét is. Mára már látjuk, hogy akár a közeljövőben is globális problémává válhat a megfelelő energiaellátás biztosítása.

A minőségbeli követelmények alatt gondolok a könnyű hozzáférhetőségre, az előállítás módjára, hogy azzal ne okozzunk más globális, vagy akár regionális problémákat, hiszen ezzel azt érnénk el, hogy amit egyik oldalról megoldunk, azzal a másik oldalon esetenként még súlyosabb problémákat okozunk. Ilyen értelemben a legtöbbször által ismert hasonló jelenség az energiaigényesség környezetszennyező mivolta. Az energia ellátás során a nyersanyag kitermelésétől kezdve, a feldolgozáson, a szállításon át, egész a felhasználásig többszörösen is veszélyeztetjük a környezeti állapotot, ami számos más területen indukál megoldandó problémákat. Így a gazdaságban, az egészségügyben, a társadalomban és a mindezek szabályozására létrejött jogban is. A könnyű elérhetőség kritériumának ellentmondó tényező hazánk esetében az energetikai import függőségünk folyamatos növekedése. 1995-től 2007-ig Magyarország energiaimport függősége 47,8%-ról 62,8%-ra emelkedett(KSH 2008:142)

A megfelelő energiaellátás alapkövetelménye, hogy az ne egy luxus jószág legyen, bárkinek megfizethető áron rendelkezésére álljon. Ez pedig az árak növekedésével egyre inkább a fenyegetett kritériumok körébe tartozik. A nyersolaj ára 1970-ben még 10 US\$/hordó alatt volt, 2008-ban meghaladta a 130 US\$/hordó árat is(Rahim 2010:2)

A mennyiségbeli megfelelést pedig a kimerülő energiaforrások energiatermelésben betöltött magas részaránya hosszútávon nem képes biztosítani. Magyarországon a felhasznált energia közel 80%-a fosszilis energiaforrásokból származott 2008-ban.(KSH 2009)

A megújuló energiaforrások magasabb arányú hasznosítása megoldást nyújthatna a fent említett problémák közül néhányra. Környezeti szempontból kisebb költségeket eredményezne, helyben előállítható lenne, ami a gazdaságot is élénkíthetné és stratégiai biztonsági szempontokból is előnyösebb, mint az energiaimport. Ezeken túl a fosszilis energiaforrások árának trendjét figyelembe véve, hosszú távon több megújuló forrás is alacsonyabb energia előállítási költségeket eredményezhet, mint a szénhidrogének felhasználása.

Az alternatív energiaforrások magas arányú hasznosítása nagy nehézségeket okoz

ellenben a mennyiségi megfelelés terén. Ezek ugyanis nem vagy kevésbé szabályozhatóan rendelkezésre álló erőforrások. Ez azt jelenti, hogy a termelési rendszerbe beépített kapacitások kihasználtsága egy külső tényező függvénye is. Ilyen külső tényező, az időjárás. Ezért a jelenlegi fogyasztás-alapú energiaellátási rendszerben az energia mennyiségi igényének biztosításához, a megújuló források nagyobb arányú kihasználása mellett, szükséges lenne a rendszer többszörös túlbiztosítása. Ez megvalósítható kapacitások sokszoros túltervezésével, vagy az előállított energia tárolásával.

Mivel mindkét megoldás igen magas pénzügyi és környezeti költségeket is indukálna, érdemes elgondolkodni egy újabb megoldáson, ami esetleg az energiaellátás piacát újradefiniálná, megszüntetné a jelenleg létező korlátokat. Ahhoz, hogy ezt megléphessük, előbb átfogóan definiálni szükséges a létező ellátórendszer problémáját. Ez pedig így hangzik: Az elv, amely mentén jelenleg működik az energia szolgáltatás rendszere, csupán egy kereslet vezérelt működési elv, a kínálat szabta korlátok nem, vagy nem megfelelő mértékben kerültek beépítésre. Ez ösztönzést nyújt a túlzott fogyasztásra, a fogyasztási struktúra nem megfelelő kialakítására, mélyítve ezzel a meglévő rendszerszintű problémákat.

Erre a problémára nyújthat megoldást egy olyan rendszerépítő elv, amely a piac önfenntartó képességét használja ki, annak működtetése érdekében, azaz nem csupán egy oldalról, keresleti, vagy kínálati oldalról közelíti meg az energia ellátás kérdését, hanem a kettőt összehangolva épít egy új működési elvet, ami alkalmas a piaci kudarcok hosszú távú elkerülésére.

A dolgozatom célja, hogy bemutassam a smart grid rendszert, ami a fent leírt hatékonysági elv mentén valósítja meg az energia fogyasztás mérését, elszámolási rendszerét, termelési, készletezési és szolgáltatási mechanizmusát. Ezért a munka során előbb bemutatom az intelligens hálózat működést, majd kitérek arra, hogyan képes ez a rendszer megoldani a megújuló energiaforrások hálózati integrálásának a problémáját. Szó esik a témában két már elkészült kutatás eredményeiről, hogy ezzel a felmerülő kérdésekre választ adhassak. Ezek után kitérek a smart grid megvalósításának lépcsőire, amelyekhez hozzárendelem a megfelelő díjkalkuláció elvét. Végezetül pedig a saját kérdőíves felmérésem eredményeit vázolom fel, ami számos addig még megválaszolatlan, hazai vonatkozású kérdésre ad választ, illetve segít rávilágítani azokra a területekre, ahol a rendszer esetleges bevezetése előtt további tanulmányok készítése szükséges.

II. MI AZ A SMART GRID RENDSZER, ÉS HOGYAN MŰKÖDIK?

A smart grid rendszer az elektromos ellátó hálózat egy olyan irányú modernizálását, újraértelmezését jelenti, ami lehetővé teszi egy komplex, a jelenlegitől jóval hatékonyabban működő ellátási kör kialakítását. A *The Electric Power Research Institute* - magyar nevén Az Elektromos Energia Kutató Intézet¹ definíciója szerint ez a rendszer az információ és az elektromos energia kétirányú áramlása egy automatizált elosztási rendszerben. Ez azt jelenti, hogy az elektromos hálózaton keresztül már nem csak elektromos áram folyik, hanem információ is, amely lehetővé teszi a háztartások fogyasztásának egyedi mérését, sőt akár szabályozását is. Ez a rendszer képes az elektromos energia ellátást a mostani láncos szerkezetből, az információ áramlás és áramoltatás segítségével egy körkörös, minden irányba kiterjedő szolgáltatási rendszerre szervezni. /Mivel a smart grid szónak egyelőre nem létezik magyar megfelelője, más idegen országokban is az angol eredetű smart grid szót vették át, így a dolgozatban én is többször fogok erre a rendszerre a smart grid szóval hivatkozni. Az ismétlések elkerülése, és a magyar nyelv használatának előnyben részesítése miatt, azonban a saját fordításomnak megfelelően, okos hálózatnak, intelligens hálózatnak és is fogom nevezni/

A smart grid-et egyik irányból egy kommunikációs rendszer támogatja, ami minden, a rendszerben használatos eszközről rendelkezik információval. Másik irányból pedig egy fejlett technológia, ami lehetővé teszi a kifinomult méréseket és ezek alapján számítások elvégzését². (Ali Reza 2010:2)

Az információ áramlás nem csupán a szolgáltató, azaz az elosztó és a fogyasztó között valósul meg bizonyos rendszerességgel, az esetek többségében a fizetési kötelezettséggel együtt, hanem az okos hálózat minden szereplője között oda-vissza megtörténik. Azaz a termelésből, a transzformálásból, az elosztásból és a felhasználásból származó minden adat egy közös tudáshalmazba tömörül.

Bekapcsolódik egy újabb szereplő is, a rendszer irányító és felügyelő. Ezt a különbséget mutatja be az 1-es ábra³, amelyen a ma is létező struktúrát vázoltam fel, illetve a 2-es ábra⁴, amely az ellátórendszer okos változatát mutatja be, jól érzékeltetve annak

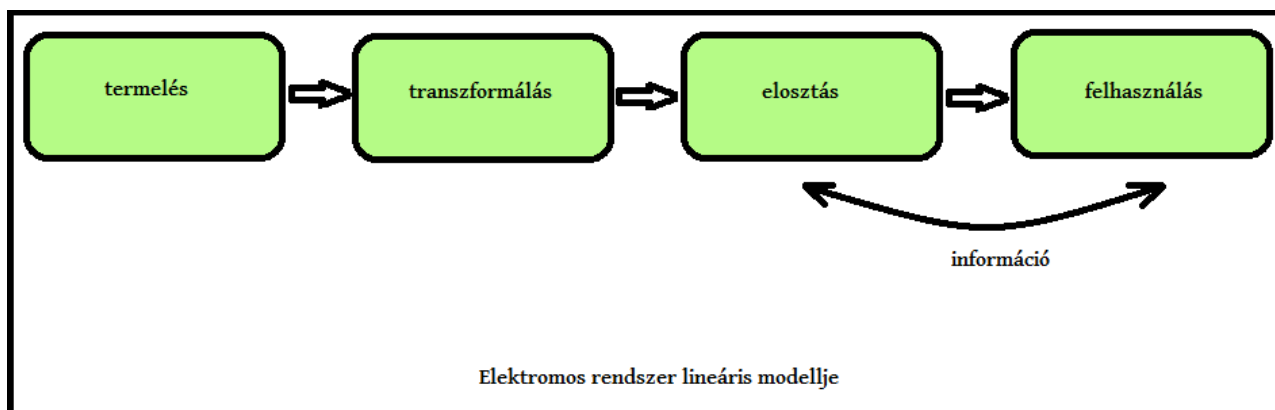
1 Saját fordítás

2 Saját fordítás, az eredeti definíció így szól: „The Electric Power Research Institute defines the Smart Grid as a two way flow of electricity and information in an automated electricity delivery network. The Smart Grid is interconnected by a communication fabric that reaches every device and is highly instrumented with advanced sensors and computing”

3 Saját készítésű ábra

4 Ábra forrása: <http://www.hitachi.com/environment/showcase/solution/energy/smartgrid.html>

többirányúságát, az egyes szereplők közötti oda-vissza irányú kapcsolatokat.



1. ábra Az elektromos rendszer lineáris modellje



2. ábra. A smart grid kör-körös működési elve (Hitachi.com)

Az 1-es ábrán látható, hogy a rendszerben csak az elektromos energia áramlik, az is csak egy irányban. Információ áramlás csak minimális szinten van jelen. Míg az intelligens hálózat rendszerében a piac összes szereplője aktívan részt vesz minden működési folyamatban, és kellő információval rendelkezik a döntések meghozatalához, köszönhetően a többszörös visszacsatolásnak. Egy központi rendszerfelügyelet biztosítja az információ áramlás fenntartását és a rendszer fizika üzemeltetését.

Az okos hálózatnak három alap pillére van. Ezek közül az első a háztartásokban lévő mérőeszközök, amikről folyamatosan leolvashatók az éppen aktuális fogyasztási adatok. Második az elektromos hálózat egészére jutó fogyasztás távoli mérése és monitorozása. Harmadik pedig a lokális, kismértékű villamos áram betáplálási lehetőség megteremtése a

fogyasztók számára, illetve ennek a rendszer menedzselése.(Clark 2010:4)

Ez azt jelenti, hogy egy intelligens rendszerben minden háztartás rendelkezik olyan mérőberendezésekkel, amelyek valós időben mutatják a fogyasztást, illetve a felhasznált energia után fizetendő díjat, ezzel is elősegítve, hogy a végfelhasználókat megtakarításra ösztönözzék. A fizetendő összeg azonnali kalkulálására azért is szükség van, mert az egységenkénti díj időben folytonosan változik, igazodva a valós keresleti és kínálati adatokhoz, megteremtve a reális döntéshozatalhoz szükséges információs háttérrel. A mérések eredményei nem csupán a felhasználók számára elérhetők, hanem a szolgáltató és a termelő egységek számára is hozzáférhetők. Ezt nevezik együttesen smart metering-nek, azaz okos mérésnek⁵.

A második alapelvnek megfelelően ezeket az adatokat egy egységes rendszerben összegezve elérhetők, így aztán a központi rendszerirányító, amely szintén automatizált, ha szükséges riasztást tud küldeni a felhasználóknak. Ha a rendszerszintű fogyasztás egy bizonyos értéket túllép, és ezzel eléri az értesítési fokozatot, a vevői oldal jelzést kap, hogy csökkentse a felhasználását. Mivel a dinamikus árazásnak köszönhetően a kereslet minden bizonnyal önmagától is csökkenni fog, így a túlterhelés közeli állapotba nehéz eljutni, de bizonyos külső körülmények fennállása esetén ez előfordulhat, így ha a szükség úgy kívánja a rendszerfelügyelőnek képesnek kell lennie közbeavatkozni, és kívülről bizonyos berendezések lekapcsolásával a keresletet csökkenteni, esetleg bizonyos tartalék források betáplálásával a kínálatot növelni. Ezt a felügyeleti rendszert nevezi a szakirodalom smart monitoring-nak, tehát magyarra fordítva okos ellenőrzésnek⁶.

A harmadik működési elv, amelyre támaszkodik a smart grid szisztémája a kettős áramlás, nem csak az információ, hanem az elektromos áram terén is. Tehát a fogyasztók ezen koncepció szerint nem csupán fogyasztói minőségben vesznek részt, hanem kibővül a szerepkörük a termelésbe való bekapcsolódás lehetőségével. Az angol nyelvű szakirodalomban ezt a megváltozott szerepet „prosumers”-nek nevezik(Varga 2011:6), ami a consumer és producer szavak összetételéből származik. Ennek a mozaik szónak nincs magyar megfelelője, de arra mutat rá, hogy a fogyasztó egyben előállítóvá is válik. Lehetősége nyílik az otthonában elektromos energiát előállítani és azt a rendszerbe betáplálni. Ez által a szolgáltatóval egy dinamikus kapcsolat alakul ki, amely a fizetendő összeg elszámolásában is megjelenik. Ez teszi lehetővé, hogy az okos hálózat valóban egy körbefonódó rendszert alkothasson.

5 Saját fordítás

6 Saját fordítás

A harmadik pillér megléte egy újabb feladatot ró a központi rendszerfelügyeletre, hiszen nem csupán a nagy erőművek termelésével kell kalkulálniuk a kínálat helyes szintjének megállapításánál, hanem a kis, lokális szintű betáplálással is. Ennek a menedzseléséhez szintén szükséges a dinamikus árazás kialakítása az átvételi oldalon is. Így aztán a végfelhasználók az átvételi árak időbeni változásának köszönhetően eldönthetik, hogy mikor szeretnék, mikor éri meg betáplálni a rendszerbe az általuk előállított energiát.

Ez azonban azzal a következménnyel is jár, hogy szükségessé válik az energia kismértékű, otthoni raktározása. Vegyünk egy egyszerű példát. Ha egy fogyasztónak az otthonában van egy kis szélkereke, azzal elektromos áramot akkor tud előállítani, amikor kellően magas a szél sebessége. Mivel az országban, vagy a rendszerben résztvevő területen is ekkor működnek a szélerőművek magas határfokon, azaz a kínálat megnő, az energia ára lecsökken, amennyiben nem módosul a kereslet. Így ha a kistermelő ekkor injektálná a hálózatba az általa előállított áramot, egészen alacsony átvételi áron tehetné ezt meg. Ezzel szemben, ha saját maga megoldja a tárolás kérdését, egészen addig, amíg a kínálat csökken, esetleg a kereslet nő, jóval magasabb áron fogja tőle megvásárolni a szolgáltató az áramot, tehát magasabb haszonra tehet szert a kistermelő.

A fogyasztóknak, még ha nem is képesek energiát előállítani, akkor is megérheti tárolási kapacitásokkal is rendelkezni, mert előfordulhatnak olyan esetek, amikor olyan alacsony a villamos energia értékesítési ára, hogy érdemes abból „készletre” is bevásárolni, majd az árak emelkedésével a csúcsterhelés idején egy magasabb átvételi áron azt a rendszerbe visszatáplálni. Ennek köszönhetően a végfelhasználókra immáron hármas szerep esik, a fogyasztói, a termelői és a raktározói szerepek.

Ennek a hármasságnak köszönhetően tovább bővül a csomóponti rendszerfelügyelet hatásköre is. Ugyanis a decentralizáltan történő termelés szükségessé teszi, hogy a nagy kapacitású erőművek teljesítményét a piaci igényekhez igazodva folyamatosan szabályozzák, növeljék esetleg csökkentsek a termelést. Ehhez szükség van arra, hogy a rendszerbe az alaperőműveken⁷ kívül több szabályozható erőmű⁸ és csúcserőmű⁹ is csatlakozzon.

Köszönhetően a dinamikus árazás kialakításának, a fogyasztók valós időben történő informálásának, esetleg riasztásának és a decentralizált energiatermelés megteremtésének, az okos hálózatban a fogyasztás jóval kevésbé ingadozik a csúcsidezőszakok és holtidőszakok

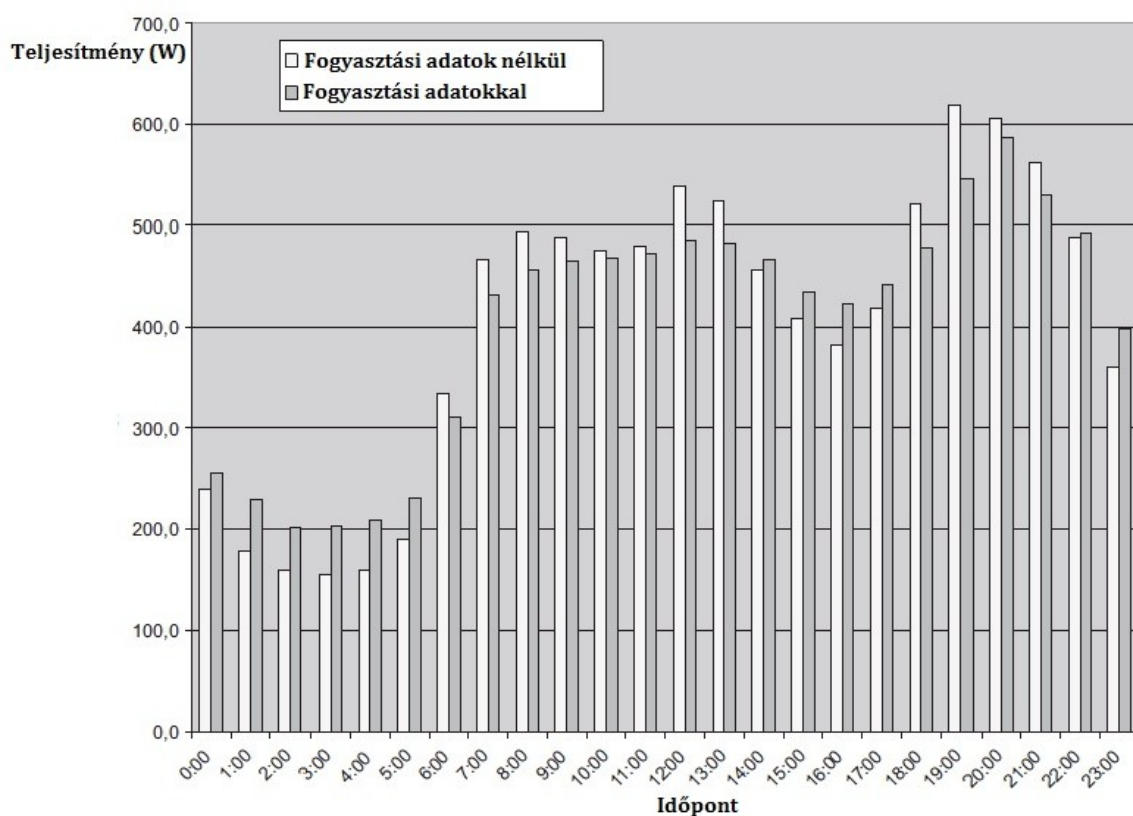
7 Az alaperőmű olyan nagy teljesítményű erőművel jelent, amely folyamatosan igen magas kapacitás kihasználtsággal működik.

8 A szabályozható erőművek olyan erőműveket jelentenek, amelyek gyorsan indíthatók és leállíthatóak, a teljesítményük könnyen növelhető és csökkenthető.

9 A csúcserőmű fogalma alatt azokat az erőműveket értjük, amelyeket a csúcsterhelés időszakában kapcsolnak be az energia ellátórendszerbe.

között, mint a jelenlegi rendszerben. A 3-as ábra(Frey 2009:4) egy háztartás villamos energia fogyasztását mutatja be egy napon keresztül hagyományos árazás és dinamikus árazás mellett.

Az ábrán a sötét színű oszlopok jelzik a fogyasztás szintjét a dinamikus árazás bevezetése után, a világos oszlopok pedig a hagyományos árazás melletti felhasználást jelölik. Jól látszik, hogy a fluktuáció csökkent, csupán a díjszabási rendszer átalakítása miatt.



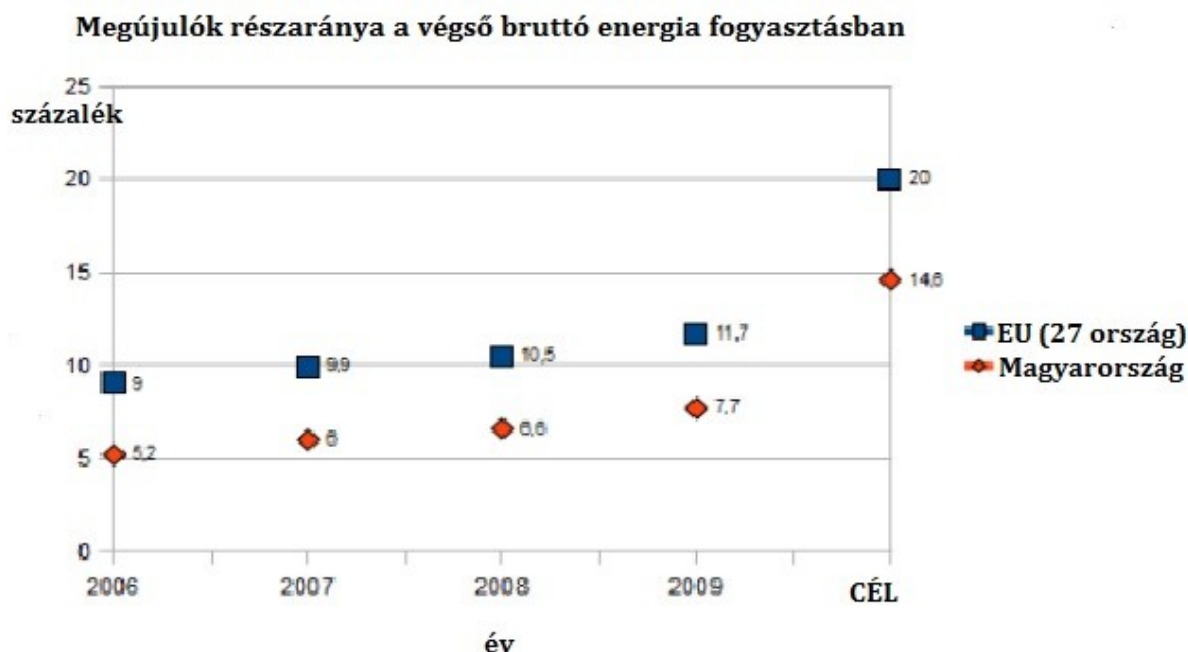
3. ábra. Egy háztartás rendszerterhelési profilja (Frey)

Ez lehetővé teszi a megújuló energiaforrások könnyebb rendszer integrációját anélkül, hogy hatalmas tározós erőműveket kellene kiépíteni. Ezáltal hozzájárul ezen energiaforrások nagyobb arányú hasznosításához. A valós adatoknak köszönhetően pedig megkönnyíti az energetikai befektetések korrekt értékelését és a döntéshozatalt.

III. MILYEN KAPCSOLAT VAN A SMART GRID RENDSZER ÉS A MEGÚJULÓ ERŐFORRÁSOK KÖZÖTT?

Hazánkban is egyre nagyobb szerep jut a megújuló erőforrások hasznosításának az energia előállítás területén. Az utóbbi években is dinamikus növekedést tapasztalhattunk a

megújuló és megújítható erőforrások energia termelésből kiszakított részarányában. Ezt mutatja be a 4. ábra¹⁰. A diagramról leolvasható még a 27 EU-tagállam átlagos adata is. Az ábrán látható célérték 2020-ra vonatkozik

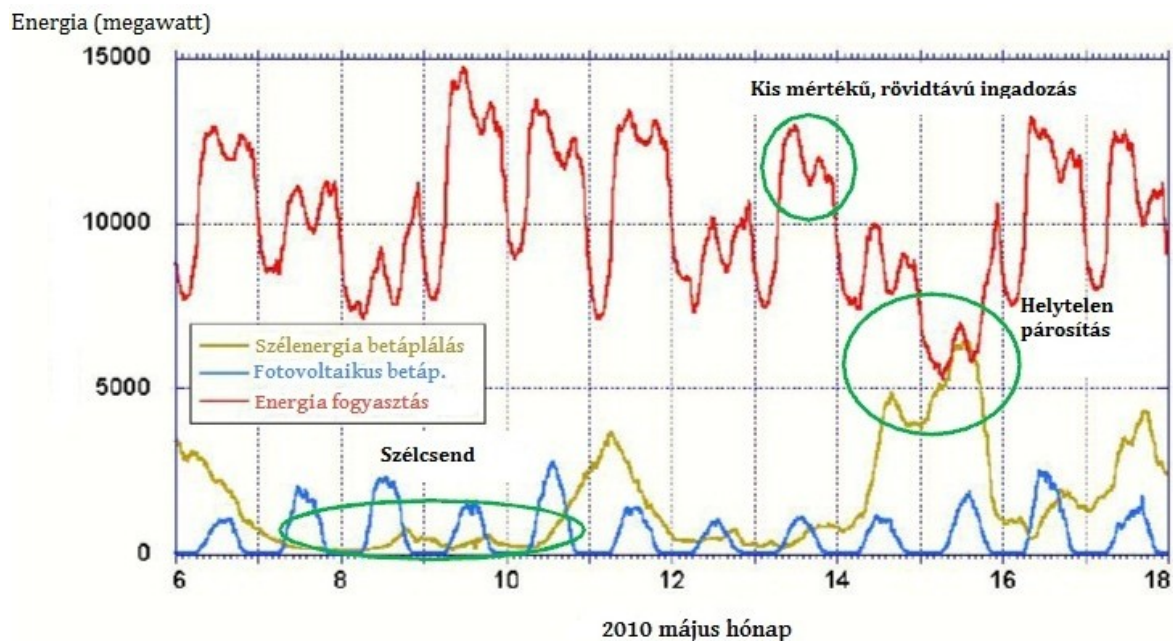


4. ábra. Megújuló energiaforrások részaránya a végső bruttó fogyasztásban

A diagramról leolvasható, hogy Magyarország az EU vállalásával összhangban, 2020-ra nagy léptékű részarány növelésre szánta el magát a megújuló energiaforrások terén. Ez a 14,6%-os részesedés a megújuló stratégiánk értelmében 186,4 PJ össztermelést jelent 2020-ra.

A megújuló energiaforrások rendszerintegrálása azonban nehézségekbe ütközik, mivel ezek legfőbb tulajdonsága, hogy jóval kiszámíthatatlanabbak, mint a jelenleg is alkalmazott fosszilis vagy akár nukleáris erőművek. Erre az ingadozásra mutat példát az 5. ábra.(KIT 2011)

¹⁰ Az adatok forrása az EUROSTAT Share of renewable energy in gross final energy consumption című statisztikája



5. ábra. A megújuló energiák rendszerintegrálási problémái (KIT)

Az ábrán 2010 májusában 12 napon keresztül figyelhetjük meg a németországi villamos energia fogyasztást pirossal jelölve, illetve a szélenergiából és a fotovoltaikus energiából származó termelés alakulását sárgával és kékkel jelölve. A grafikonon különböző kritikus pontokat zöld színnel bekarikázva jelölték is.

A hetedik és a tizennegyedik nap között egy szélcsendes időszaknak lehetünk tanúi, mivel a szélenergiából előállított villamos áram igen alacsony értékeket mutat, néhol szinte el is éri a nullát. A tizennegyedik és tizenhatodik nap között ezzel ellentétben viszont igen szeles periódus mutatkozik az ábrán, ekkor a szélenergiából nyert elektromos áram termelés szintje néhol azonos volt a teljes fogyasztással.

Így aztán, hogy az energiatermelés nagyobb arányban támaszkodhasson ezekre az erőforrásokra szükséges ezt a nehézséget feloldani. Erre több elméleti módszer is elképzelhető. Az egyik megoldás lehet az energia tárolása, áthidalva ezzel a termelési kapacitások ingadozását. Napjainkban a legelterjedtebb energia tárolási módszer a szivattyús-tározós vízerőmű, ami úgy üzemel, hogy túltermelés esetén a fölös energiával a vizet egy magasabb medencébe szivattyúzzák, majd mikor a termelési kapacitások nem képesek kielégíteni a fogyasztási igényeket, a vizet leeresztik és a vízenergiával előállított elektromos áramot táplálják vissza rendszerbe. Ez a megoldás egész magas hatásfokkal képes üzemelni, hazánkban azonban a természeti adottságaink miatt egy ilyen erőmű megépítése rendkívül költséges lenne, illetve annak a természet és tájkép romboló hatása miatt sem a legkifizetődőbb módszer.

Másik lehetőség, ha nem kívánjuk az energiát nagy mértékekben tárolni, a termelés szabályozhatóvá tétele és fogyasztáshoz igazítása. Ebben az esetben a hazai erőműparkot kellene korszerűsíteni, hogy minél több szabályozható erőművel rendelkezünk, amelyek a technológia jelen állása szerint csak jóval költségesebben tudnak elektromos áramot előállítani, így ez a megoldás igen nagy mértékben megdrágítaná a villamos energia termelést.

A harmadik elméleti megoldás, ha a fogyasztást alakítjuk a termeléshez, vagyis csak annyit fogyasztunk, amennyit meg is termelünk, vagy importból behozunk. Ez a megoldás olykor igen nagy felhasználási korlátozásokat eredményezhetne, ugyanis bizonyos megújuló energiaforrások, mint például a szél energia is, épp akkor nem képes a rendszerbe magas szinten villamos energiát betáplálni, amikor a fogyasztás megugrik. Ilyenek lehetnek például a forró, szélcsendes nyári napok, amikor a légkondicionálók használata növeli az elektromos áram fogyasztást.

Természetesen a fent említett elméleti megoldásokat kombinálni is lehetséges, erre jó példa az okos hálózat, amelyben megvalósul az energia raktározása, viszont nem egy nagy központosított erőműben, hanem decentralizáltan a lakosság körében. Tárolásra ösztönző a dinamikus árazás is, hiszen érdemes lehet a holtidőszaki alacsony energiaárak mellett „készletre” vásárolni, hogy a feles kapacitásokat csúcsidőben egy magasabb átvételi áron visszatáplálhassák a rendszerbe. Ezen túlmenően még a lakossági termelésből származó villamos energiát is megéri a termelőnek raktározni egész addig, míg az átvételi ár magasabb nem lesz.

Mindenképpen megvalósul a szabályozható erőművek terjedése is, hiszen ellátásbiztonsági szempontokat figyelembe véve ez a korszerűsítés elkerülhetetlen. Szükséges ugyanis a rendszerbe tartalék kapacitásokat is beépíteni, főként, ha megújuló részaránya megnő. Ami várható a hazai vállalatokat alapul véve, illetve ezen felül, a decentralizált, lakossági energiatermelés megvalósulásával is növekszik ezen erőforrások aránya a termelésben.

A legkritikusabb pont, ami a legnagyobb átalakításokat igényli, a fogyasztás termeléshez igazítása. A smart grid rendszerében ez is megvalósul. Egy részt a fogyasztók saját, tudatos döntései által, amelyekhez az okos mérők szolgáltatják a kellő információt és az árak helyes megállapításával érhető el, hogy csupán a racionális döntéseken keresztül csökkenhessenek a kilengések a fogyasztási holt- és csúcsidőszakok között. Más részről pedig a központi rendszerirányítóra hárul a szerep, hogy kontrollálja a felhasználást jelzések küldésével a fogyasztók felé, továbbá ha szükséges be is avatkozzon, és kívülről csökkentse a

hálózati szereplők felhasználását.

A smart grid így közvetlen és közvetett módon, többszöri visszacsatolás segítségével képes a megújuló energiaforrások nagyobb arányú hasznosíthatóságát elősegíteni. A rendszer nagy előnye, hogy mindezt komoly piaci beavatkozások nélkül, a kereslet és kínálat által szabályozva tudja megvalósítani.

IV. KORÁBBI KUTATÁSOK A TÉMÁBAN

A témában, annak újszerűsége ellenére már találhatunk szakirodalmat, és ezen belül kutatási projekteket is, amik az okos hálózat technikai megvalósíthatóságát, gazdasági kérdéseit, vagy akár a fogyasztói reakciókat vizsgálták. Ezek közül kettőt szeretnék bemutatni a dolgozatomban. Az első kísérleti projektet Németországban hajtották végre, illetve még a mai napig sem zárult le a tesztfázis, így ebből a kutatásból még további adatok nyilvánosságra hozatalára számíthatunk. Ez az úgy nevezett MERegion nevű tanulmány, amelyben az intelligens hálózat működésének a rendszerterhelés alakulására gyakorolt hatását vizsgálták

Ezt követően egy olyan tanulmányt mutatok be, amely az új mérési-elszámolási szisztéma bevezetésére koncentrált. A fogyasztói reakciókat, attitűdöket kívánta mérni. Nagy különbség az első tanulmányhoz képest, hogy itt a hálózat fizikai értelemben nem került kiépítésre, a megkérdések teoretikusan vizsgálták, hogy milyen fogyasztói magtartásmintákkal találkozánk, ha valóban kialakítanák az intelligens hálózatot.

A két tanulmány együttesen átfogó képet ad a smart grid bevezetésének lehetőségeiről, annak működési előnyeiről, és rávilágít a még vizsgálandó területekre, a létező korlátokra és nehézségekre.

1. MERegion

2011-ben került megrendezésre a Bécsi Műszaki Egyetemen (Technische Universität Wien) a 7. Nemzetközi Energiagazdálkodási Konferencia¹¹, amelyen a „MERegion Aufbruch zu Minimum Emission Regions” (továbbiakban MERegion) elnevezésű kísérleti projekt első eredményeit ismertették.¹² (Hillemacher 2011)¹³

11 Saját fordítás, a rendezvény eredeti neve: 7. Internationale Energiewirtschaftstagung

12 A projekt nevét szó szerint annak magyartalansága miatt nem fordítom le, de tartalmában egy olyan út elindulására utal, aminek a végére egy minimális káros anyag kibocsátású terület jön létre.

13 A továbbiakban, míg más utalás erre nem történik az MERegion projekt bemutatásával ugyanerre a forrásra fogok

A kísérlet során Németországban, Baden-Württemberg területén 1000 villamos energia fogyasztót, köztük lakossági és ipari felhasználókat egyaránt megfigyeltek. A tanulmányban résztvevők az időben változó energiaár mellett a felhasználásukról és hatékonyságukról is folyamatos jelzéseket kaptak.

A projekt első fázisában 2009 novemberében 100 lakossági fogyasztó vett csak rész, majd később, 2010-ben nőtt a számuk 850-re. Csak a projekt harmadik fázisában nőtt a megfigyelt háztartási és vállalati fogyasztók száma 1000-re. A tesztalanyok minden este árelőrejelzéseket kaptak, a prognosztizált termeléshez és kereslethez igazodva, a következő napra vonatkozóan.

A tesztprojekt során, hogy a fogyasztók magatartását megfelelően tudják értelmezni, létrehoztak egy hasonló összetételű referenciacsoportot is, akik energia ellátásában nem történt semmilyen változás, csak megfigyelték a felhasználásukat, és összevetették azt a tesztalanyok magatartásával.

Az árszerkezetet három lépcsősre alakították ki. A legkisebb terhelés idején 15,81 centbe került 1 kW/h áram. A csúcsidőben 22,31 centet kellett egységenként fizetni, míg a kettő közötti átmenet idején 19,31 centet. Az árak időbeni alakulására előzetes becslést készítettek, ezt mutatja a 6. ábra.

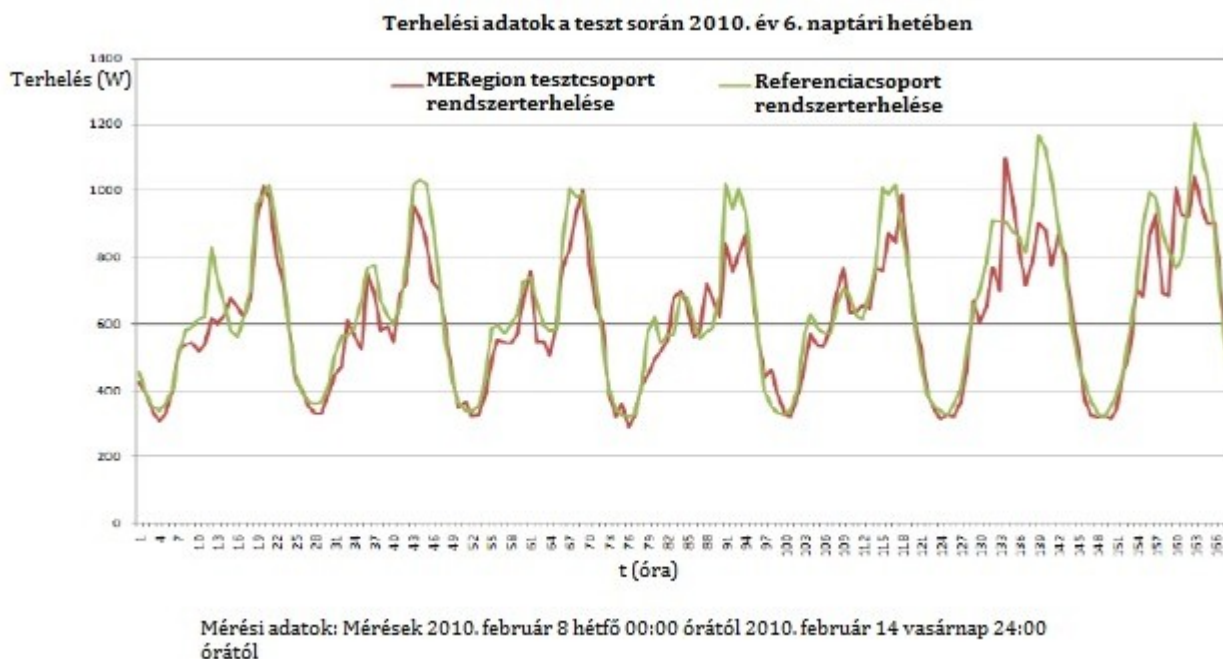


6. ábra. Dinamikus árazási modell az MERegion tesztprojektben (Hillemacher)

A teszt során összevetették a teszt- és a referenciacsoport fogyasztási szokásait. Az

hivatkozni.

egy hetes időtartamú összehasonlítás elkészítésével jól látható, hogy az a csoport, akik dinamikus árazásban vettek részt és folyamatosan visszajelzéseket kaptak a fogyasztásukról, megváltoztatta a szokásait. A projekt indításakor is készítettek egy ugyanilyen összehasonlítást, amelyből kiderült, hogy a két csoport rendszerterhelése időben nagyon hasonlóan alakult, az ezt ábrázoló grafikon az 1. mellékletben megtalálható. Ez mutatja be a 7. ábra.



7. ábra Rendszerterhelés alakulása az MERRegion tesztprojektben a dinamikus árazás bevezetését követően(Hillemacher)

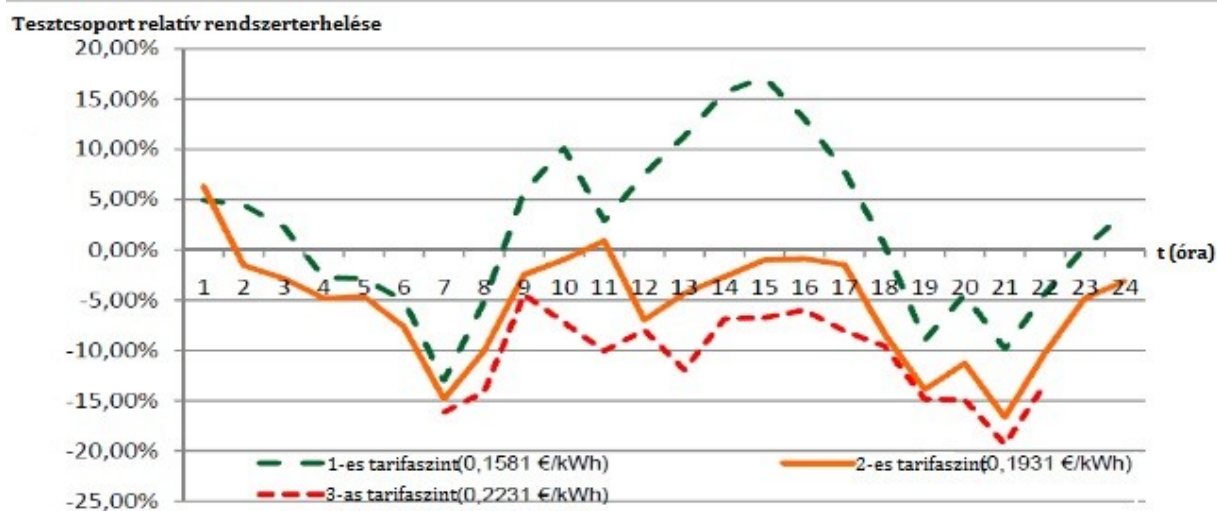
A grafikonon a piros vonal jelöli a tesztcsoport eredményeit, míg a zöld vonal a referenciacsoport adatait. Az ábráról jól leolvasható, hogy a kutatásban résztvevők csúcsidejű rendszerterhelése tendenciózusan alacsonyabb, mint a referenciacsoporté, illetve a maximális terhelés több esetben időben is eltolódott a két csoport között. Ezzel szemben a holtidejű fogyasztás nem ugrott meg, tehát, a kevesebb csúcsidejű fogyasztást a tesztcsoport nem pótolta vissza. Ebből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a smart grid rendszere nem csupán a terhelés időbeli kiegyenlítését célozhatja meg, hanem az összes fogyasztás csökkentését is.

Érdeemes megnézni a két csoport rendszerterhelése közötti különbségeket is. A projekt kezdete előtti adatok a 2. mellékletben elérhetők. A 8. ábra azt mutatja meg, hogy a tesztcsoport fogyasztása a referenciacsoportéhoz viszonyítva időben hogyan alakult.



8. ábra Az MERegion tesztcsoport rendszerterhelésének relatív eltérése a referenciacsoporthoz viszonyítva(Hillemacher)

Az adatsorról leolvasható, hogy az eltérések megnöttek. Míg kezdetben csupán -22% és $+13\%$ között mozogtak, az árjelzések kialakításával ez a sáv szélesedett, és már -26% és $+32\%$ közötti területen szóródik. Ez azt jelenti, hogy a fogyasztási szerkezet időben átalakulni látszik. Ahhoz, hogy pontos következtetéseket vonhassunk le, meg kell vizsgálni, hogy milyen irányba változott a rendszerterhelés. Ennek érdekében különböző díjlépcsők esetében külön-külön is elemezték a relatív eltéréseket a referencia- és tesztcsoport között. Ezt mutatja be a 9. ábra.



9. ábra Az MERegion tesztcsoport rendszerterhelésének relatív eltérése a referenciacsoporthoz képest, tarifaszinteként bontva(Hillemacher)

A legalacsonyabb díjkategóriájú időszakban a tesztcsoport fogyasztása maximálisan 17%-kal ugrott meg, ezt mutatja a szaggatott zöld vonal. A legmagasabb díjazású időszakban, amit a piros szaggatott vonalról olvashatunk le, legnagyobb mértékben, az esti órákban 19%-

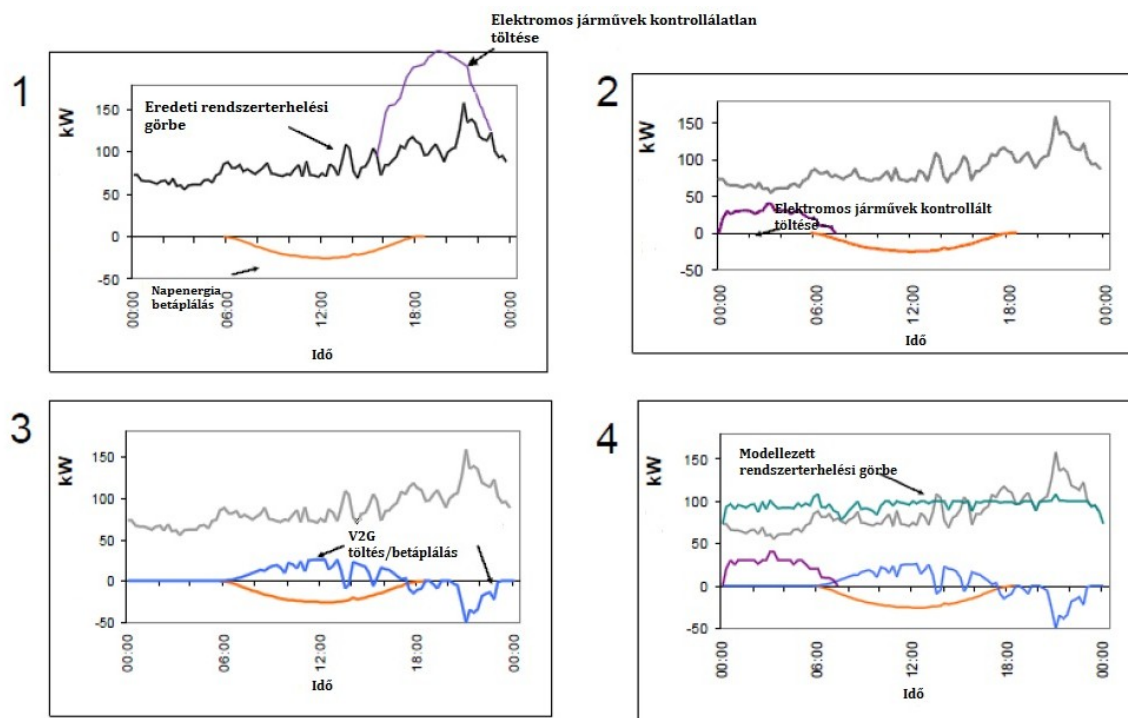
al esett vissza a fogyasztás. Érdekes azonban az a tény, hogy a kettő közötti átmeneti időszakban, a középső díjlépcsőben, amit az ábrán folytonos narancsszínű vonallal jelöltek, a fogyasztás túlnyomóan alacsonyabb volt a tesztcsoportban, mint a referencia csoportban, annak ellenére is, hogy ebben az időperiódusban a fizetendő díj közel megegyezett a két esetben. Ebből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a felhasználási adatok folyamatos jelzése a fogyasztók felé, tudatosabbá tesz, növeli az odafigyelést, elősegítve ezzel a megtakarítást. Alátámasztja ezt a feltételezést az is, hogy a referenciacsoport aggregált elektromos energia fogyasztása 3%-al visszaesett, az árjelzések küldése előtti szinthez képest.

Az előbbieken leírt tanulmányban az elektromos járművek még nem szerepelnek, pedig ezek is szerephez juthatnak a rendszerterhelés kiegyenlítésénél. Az elképzelés szerint az autók akkumulátorai holtidőszakban feltölthetők, így ott tárolható a felesleges energia, egész a csúcsfogyasztás időszakáig, amikor azokból a villamos energiát be lehet táplálni az elosztó hálózatba. Ezt a folyamatot több névvel is szokta a szakirodalom említeni. Egyik az e-Mobility, másik pedig a V2G, ami a Vehicle to Grid rövidítése. jármű a hálózathoz¹⁴

A modellezések alapján, amelyeket a Karlsruhei Technológiai Intézetben¹⁵ készítettek, ezzel a módszerrel szinte időben egyenletes rendszerterhelés érhető el.(Schmeck) Ezt mutatja be a 10. ábra.

14 Saját fordítás

15 Saját fordítás



10. ábra Modellezett rendszerterhelés az MERegion tesztcsoportban(KIT)

Az első grafikonon feketével látható a hagyományos ellátás melletti rendszerterhelés. Majd ehhez sorban becsatlakoznak a smart gridnek köszönhető újabb elemek, mint a narancssárgával jelölt napenergiával előállított villamos áram, amelyet a háztartások vezetnek a hálózatba. Ez után az elektromos járművek szokásos töltését időben áthelyezik a holtidőszakra növelve az akkori keresletet az áram iránt. Ez látható lilával jelölve az ábrán. A harmadik lépcsőben kék színnel jelölik az elektromos járművek V2G funkcióját. Ahol a vonal pozitív tartományba esik, ott az akkumulátorok töltését láthatjuk, ahol viszont negatív tartományba, ott az akkumulátorokban tárolt elektromos energia intelligens hálózatba töltését figyelhetjük meg. Ezen lépések segítségével a kummulált elektromos áram fogyasztást a negyedik grafikonon zölddel ábrázolva láthatjuk.

Összevetve ezt a szürke vonallal, ami az eredeti állapotot mutatja, látszik, hogy a rendszer terhelésében jóval alacsonyabbak az ingadozások, kiküszöbölhető a csúcsidezőszak és holtidőszak megléte.

A fent leírt tanulmány, amelyben az intelligens hálózat rendszere valóban kiépítésre is került bebizonyította, hogy a villamos energia elosztási hálózatból leadott teljesítmény időben kiegyenlíthető a dinamikus árazással, a decentralizált energiatermelés kialakításával és a fogyasztók energia tárolásával. Így az optimális rendszerterhelés a piac önszabályozó

képességén keresztül is megvalósítható. Ez a hármass szerepkör nem csupán a terhelés időbeli különbségeit képes csökkenteni, hanem kis mértékben a teljes fogyasztás is visszaesett. Tehát az zöld villamos energia felé vezető utat többszörös visszacsatolás útján is képes a smart grid elősegíteni.

2. Consumer Acceptance

A smart grid rendszerében és annak a hatékony működésében nagy szerepet játszik a fogyasztói magatartás. Így a fogyasztási szokások pontos megismerésén túl szükség van a felhasználók reakcióinak elemzésére is ahhoz, hogy az okos hálózatra történő átállást a lehető legkisebb költségek mellett valósíthassuk meg. Ezen a felismerésen alapszik az a 2011-ben készült kutatás, amelyben a smart grid bevezetésének négy különböző alternatíváját vázolták fel, és vizsgálták a felhasználók reakcióit, részvételi szándékát.(Thøgersen 2011)¹⁶

A felmérésben három országból vettek részt lakossági és vállalati fogyasztók egyaránt. A vizsgált országok Dánia, Svájc és Norvégia. A három országból megközelítőleg azonos számban voltak résztvevők a kutatásban. A felmérés célja az volt, hogy megvizsgálja, a fogyasztókat milyen motivárok vezetik a smart gridhez való csatlakozásban, vagy épp a rendszer elutasításában, illetve, hogy felmérje a fogyasztói attitűdöket.

Az intelligens hálózat rendszerére való áttérés négy fajtáját különböztették meg a szerzők. Az első esetben kötelező jellegű áttérésről beszélünk. Ekkor a fogyasztóknak nincs választása, hogy szeretnének-e az új elszámolási rendszerhez csatlakozni, vagy sem, mindenkinek egységesen részt kell vennie.

A második eljárás, az úgy nevezett opt-in módszer volt, ami azon alapszik, hogy a fogyasztóknak nyilatkozniuk kell, ha szeretnének részt venni az okos hálózatban, ellenkező esetben nem részesülhetnek annak a szolgáltatásaiban. Ennek épp az ellentettje volt a harmadik módszer, ahol a felhasználóknak arról kellett nyilatkozatot tenniük, ha ki szerettek volna maradni a smart gridből, különben automatikusan becsatolták őket a rendszerbe.

A negyedik eset, a semleges változat volt, ahol bármit is szeretnének a fogyasztók, arról nyilatkozniuk kell, tehát akkor is ha részt kívánnak venni, és akkor is, ha nem.

A kutatók a tanulmány végkimenetelével kapcsolatban öt előfeltevést fogalmaztak meg. Az első, ha az opcionális kimaradás elvét használjuk a rendszer bevezetésénél, tehát, hogy a fogyasztóknak valamit tenniük kell, hogy kimaradhassanak az új elszámolási elvből akkor magasabb lesz a részvételi arány, mint abban az esetben, ha a fogyasztóknak a

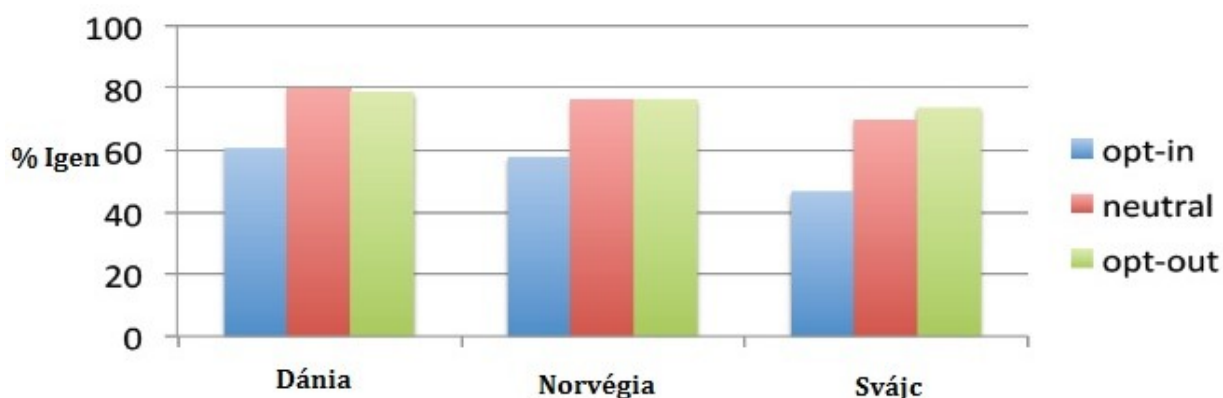
¹⁶ A kutatásról szóló tanulmány nem jelent még meg, a felmérés eredményeit Hamburgban a Sustainable Consumption nevű előadáson prezentálták a szerzők.

csatlakozásért kell tenniük, ez az opcionális belépés. A második hipotézis szerint az opcionális kimaradás nem csupán az opcionális csatlakozástól fog magasabb részvételi arányt generálni, hanem a semleges megközelítésmódtól is. Ezek az előzetes vélekedések tehát a részvételt vizsgálták.

A feltevések másik csoportja a rendszer elfogadottságát vizsgálta. Az első vélekedés szerint a kötelező érvényű átállás esetén lesz a legkisebb az elfogadottság mértéke. Míg a legmagasabb szintre az opcionális belépés elvénél emelkedik. Az opcionális kimaradás alkalmazásakor pedig a két imént említett módszer elfogadottsági értékei közé fognak esni ezek a mutatószámok.

A megkérdezett fogyasztók mind a négy esetben kellő információkat kaptak a rendszer működéséről, annak pénzügyi és társadalmi előnyeiről.

A felmérés eredményei részben igazolták a várakozásokat, de okoztak kisebb meglepetéseket is. Az eredményül kapott részvételi arányokat a három országban, a három döntési alternatívát kínáló módszer esetében külön-külön mutatja be a 11. ábra



11. ábra Részvételi szándék alakulása a Consumer Acceptance kutatásban kommunikációs módok és országok szerint(Thøgersen)

Ami először feltűnhet az ábrán az, hogy az országok között is felfedezhetők különbségek. Nem a kapott válaszok egymáshoz viszonyított arányában, hanem az országra jellemző átlagos részvételi számban. Míg Dániában és Norvégiában a kutatók hasonló értékeket mértek mind három esetben, ezzel szemben Svájcban mindhárom alternatíva esetén is alacsonyabb volt a részvételi szándék. Ez arra a tényre mutat rá, hogy az intelligens hálózat bevezetésénél szerepet játszó fogyasztói magatartási minták kulturális alapon is elkülönülnek egymástól, így egy esetleges hazai átállás előtt nem szabad a témában csupán külföldi felmérésekre támaszkodni, mert azoktól meglehetősen különböző eredmények születhetnek, ha csak a magyar fogyasztókat vizsgáljuk.

Az eltérő attitűdöket nem csupán kulturális különbségekre vezethetjük vissza, szerepet játszhat benne a már életben lévő árazási, termelési rendszer. A fogyasztóknak ugyanis különféle rendszerekről más-más költségeket okozna az okos hálózatra történő áttérés. Értem ez alatt nem csak a gazdasági, pénzügyi költségeket, hanem például a kényelmi lemondásokat, az úgynevezett cipőtalp költségeket is. Ezeken túlmenően különbözhet a felhasználók szubjektív költség értékelése is, ami az átállás költségei mellett az át nem állás költségeire is vonatkozik. Ez alatt értem például a smart grid zöld energiatermelésre és energiatakarékosságra való ösztönzését, költségként pedig ennek az elmaradását. Értékelhetik ezt a fogyasztók egy akkora veszteségnek, hogy ez képes kompenzálni az átállás miatt felmerülő költségeket is.

Koncentráljuk most az egyes országok eredményei helyett az egyik alternatívák esetén mért részvételi szándékokra. Mint ahogyan azt az ábra is mutatja, eltérő eredmények születtek eltérő kommunikációs módszerek között. A várakozásoknak megfelelően jóval magasabb volt a részvételi arányszám az opcionális kimaradás esetén, mint az opcionális csatlakozás esetében. Ez a különbség minden országban 20% körüli értéket mutatott. Felmerül a kérdés, hogy miért tapasztalható ekkora eltérés, hiszen a rendszer, amit szeretnének bevezetni, minden esetben azonos, akkor miért reagálnak ennyire másképp a fogyasztók? Erre a válasz talán nem is a fogyasztói reakciókban keresendő, hanem a fogyasztók nem reagálásában. Az opcionális kimaradás esetében a vevőnek nyilatkozatot kell tennie, ha nem akar a rendszerben részt venni. Így a magasabb részvételi szám minden bizonnyal a nyilatkozattétel elmaradásának köszönhető. Ez azonban azt eredményezi, hogy a tudatos fogyasztáson alapuló rendszerhez olyan személyek is önként fognak csatlakozni, akik magatartásában a tudatosság kevésbé jelenik meg. Ez pedig, ha az átállás után is így marad, veszélyeztetheti a rendszer működési hatékonyságát.

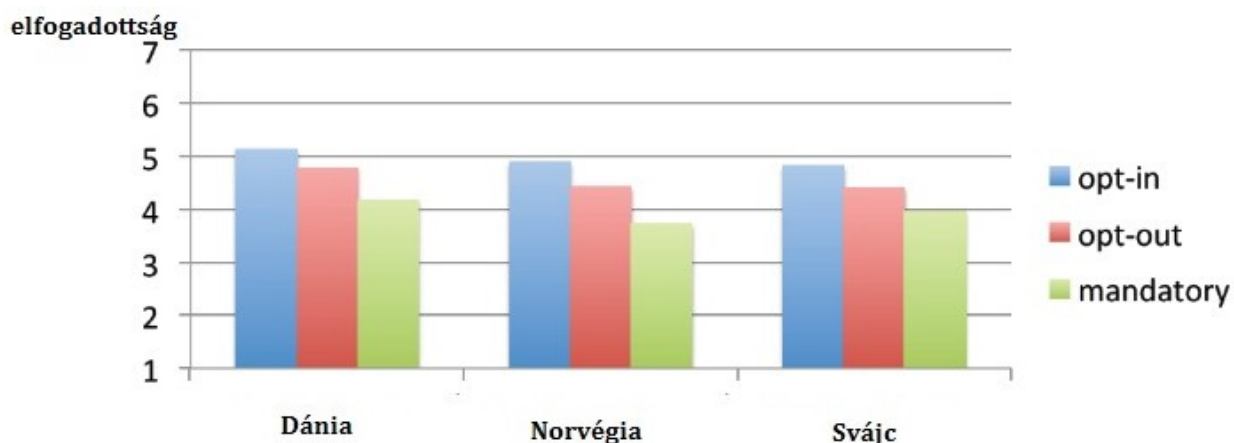
A várakozásoktól azonban kissé eltérő eredmény született az opcionális kimaradás és a semleges választás esetében. Az feltételezték ugyanis, hogy ha nyilatkozni kell a kimaradási szándékról, nagyobb lesz a részvételi szám, mint akkor, ha bármilyen szándék esetén nyilatkozni kell. Svájcban tapasztalható volt ez a várt eltérés, de ezzel szemben Norvégiában a két módszer alkalmazása teljesen azonos arányszámokat eredményezett, míg Dániában kis mértékben igaz magasabb volt a részvételi arány a semleges eljárással, mint az opcionális kimaradással.

Mivel a két módszer közötti eltérés egyik esetben sem volt magas, tekinthetjük úgy, hogy szinte azonos végeredményre vezetnek. Ez annak tudható be, hogy az opcionális kimaradás alkalmazásával csatlakoznak a rendszerhez olyan fogyasztók, akiknek a

magatartása kevésbé tudatos. Minden bizonnyal ezek a fogyasztók ugyanilyen arányban fognak a belépés mellett dönteni, ha a csatlakosáról és a nem csatlakozásról is nyilatkozni kell.

Megállapíthatjuk tehát, hogy különböző eredménycélok eléréséhez más-más kommunikációs módszert kell választani. Ha azt szeretnénk elérni, hogy a rendszerhez minél többen csatlakozzanak, de nem akarjuk a teljes lakosságot kényszerrel bevonni, akkor az opcionális kimaradás módszere mellett kell döntenünk. Ha azonban az a célunk, hogy az okos hálózat nagy hatékonysággal működjön a felhasználók körében, akkor az opcionális csatlakozás módszerét kell választanunk, mert ez eredményezi a felhasználók legnagyobb tudatosságát.

A felmérésben a bevezetésre kerülő smart grid rendszer fogyasztói elfogadottságát is mérték. Ennek az eredményeit szemlélteti a 12. ábra.



12. ábra A smart grid elfogadottságának alakulása a Consumer Acceptance kutatásban kommunikációs módok és országok szerint (Thøgersen)

A kutatók ebben a témában három feltevessel éltek az eredmények megszületése előtt. Ezeket összefoglalhatjuk úgy, hogy az új mérési és elszámolási rendszer elfogadottsága függ a bevezetés módszerétől. A legmagasabb elfogadottsággal az opcionális csatlakozás esetében találkozhatunk, ettől alacsonyabb az opcionális kimaradás módszerével tapasztalt elfogadottság, és a legalacsonyabb értékeket a kötelező átállás esetén tapasztalhatjuk. A mérési eredmények a várakozásoknak teljesen megfeleltek, komolyabb eltéréseket az országokat egymáshoz viszonyítva sem tapasztaltak.

A rendszer jóváhagyottságában a kommunikációs módszer megválasztásával előidézett különbségek abból adódhatnak, hogy az opcionális belépés esetén csak olyanok csatlakoznak, akik önszántukból, racionális döntéshozatal után az átállás mellett döntöttek. Ezzel ellentétben a kötelező bevezetéssel olyan fogyasztókat is bevonunk a rendszerbe, akik

annak leghevesebb ellenállói lennének, ha tehetnék. Így természetesen az elfogadottság átlagos szintjét ezek a résztvevők csökkenteni fogják. Az is előfordulhat azonban, hogy a kötelező belépés esetén még azokban is alacsonyabb lesz az elfogadottság, akik önként is beléptek volna a rendszerbe. Ekkor ezt az eredményt a döntési jogkör elvételével lehet magyarázni, a fogyasztók jobban tudnak azonosulni egy változással, aminek bekövetkezését ők maguk idézték elő, mint egy olyan, ami külső hatásoknak köszönhető.

Összefoglalva a felmérésből lesűrítendő tanulságokat, elmondható, hogy a smart grid rendszer részleges vagy teljes bevezetése előtt minden esetben mérlegelni kell az elérendő célt, és ehhez mérten kell az optimális kommunikációs módszert kiválasztani, mert annak helytelensége befolyásolja a fogyasztók részvételi arányát és az rendszer elfogadottságát. Feltétlenül szükséges minden országban saját tanulmányokat végezni, ami az adott lakosságra terjed ki, mert eltérések mutatkoznak a fogyasztói magatartásban és a rendszerrel szembeni attitűdökben különböző országok esetén. A tanulmányban három olyan ország vett részt, amelyek gazdasági helyzetükben és a lakosok általános értékrendjében sem mutatnak éles különbségeket, és még így is eltérő eredmények születtek a részvételi szándék felmérésekor. Feltételezhetjük, hogy az érintett ország háttér információban meglévő nagyobb különbségek még nagyobb eredményeltérésekhez vezetnének.

V. ÁRAZÁS AZ INTELLIGENS HÁLÓZATBAN

Mivel a smart grid rendszer fő építőeleme a megfelelő árstruktúra kialakítása, és ez által egy önfenntartó rendszer üzemeltetése, ezért rendkívül fontos áttekinteni, milyen lépések vezetnek a dinamikus árazási szerkezet optimális kialakításáig. Meg kell vizsgálni, hogy az új elszámolási rendszer bevezethető-e fokozatosan, és ha igen, ezt milyen elvek mentén érdemes megtenni, ezekhez az elvekhez hogyan alakíthatjuk ki azt a módszert, amivel az átvételi és szolgáltatási tarifák meghatározásra kerülnek. Az alábbiakban a jelenleg is használatos elszámolási rendszertől a dinamikus árazásig vezető utat is végigjárom.

A villamos energia felhasználás után fizetendő díjakat többféleképpen is meg lehet állapítani. A legkevésbé rugalmas rendszer, a hazánkban is gyakran alkalmazott átalánydíj fizetés, amikor a fogyasztó a valós fogyasztástól eltérően, minden hónapban ugyanazt az összeget fizeti, majd év végén kerül a különbözet elszámolásra. A piachoz közelebb álló megoldás, mikor a vevők egységenként azonos árat fizetnek a felhasznált elektromosság után, de a számlát havonta a valós fogyasztás alapján egyenlítik ki, ahogy az korábban jellemző

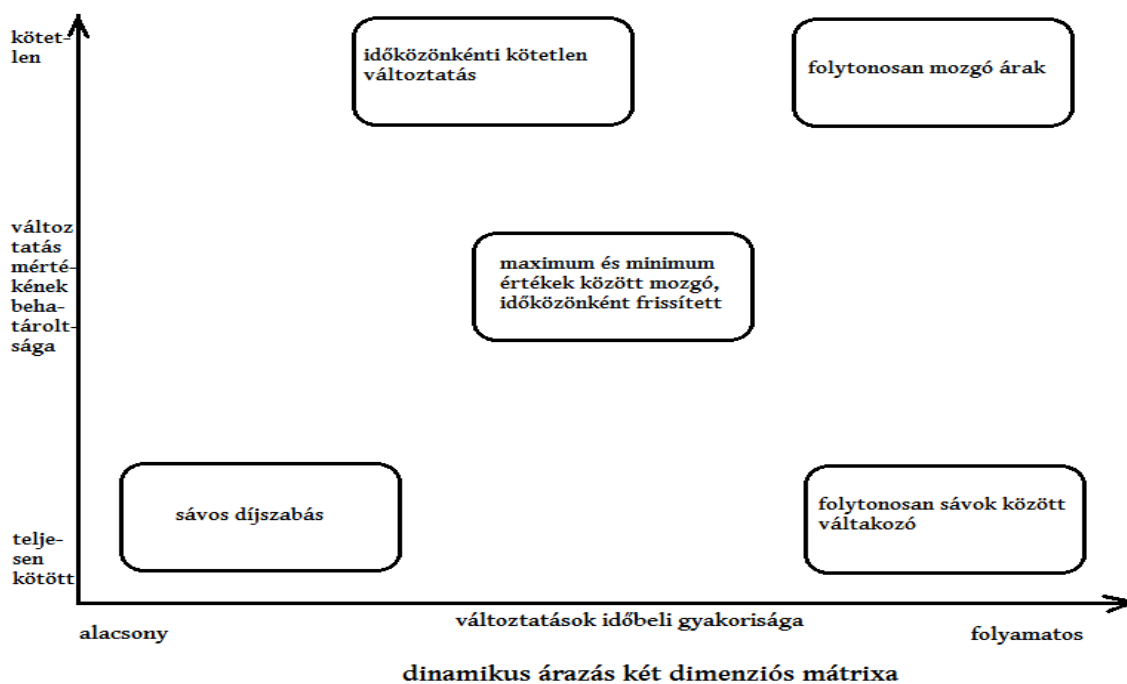
volt.

A dinamikus árazás elve ezzel szemben azt mondja ki, hogy az elektromos áram után fizetendő összeg időben változó legyen, alkalmazkodjon a kereslet és kínálat szabta árhoz. Ez az elmélet többféle módon valósítható meg. Kevésbé rugalmas megoldás, ha több tarifaszávot alakítunk ki. Minél több sávot hozunk létre, annál könnyebb a piaci árhoz alkalmazkodni. Erre láthattunk példát a korábban már bemutatott németországi tanulmányban, ahol három tarifaszáv került meghatározásra. Ennél a módszernél jobb piaci alkalmazkodási képességgel rendelkezik az árazási rendszer, ha előre rögzített időközönként módosítjuk az egységni fogyasztás díjazását, de azt nem előre meghatározott mértékben emeljük, vagy csökkentjük, hanem az éppen aktuálisan fennálló piaci feltételekhez igazítjuk. Például óránként frissítene a központi rendszerfelügyelő a keresleti és kínálati adatokat, esetleg az előrejelzéseket is belekalkulálva, majd az ennek megfelelően kialakuló piaci áron értékesítenék a villamos energiát. Másik alternatíva, ha nem a díjszabásbeli kötöttségeket oldjuk fel, hanem az időbeli korlátokat. Tehát a rendszerfelügyelő bizonyos, előre szabott árkategóriákban bármikor szabadon változtathatja a fogyasztói árakat.

A dinamikus árazás legfelső lépcsője a folytonosan mozgó árképzés, amely azt jelenti, hogy a díjakat a valós időben rendelkezésre álló adatok alapján, a legkisebb eltérés esetén is előre nem megszabott mértékben módosíthatnák, folyamatosan tájékoztatva erről a fogyasztókat.

Mivel a bemutatott hat különböző eset közül csak az utóbbi négy nevezhető dinamikus árazásnak, így a továbbiakban, csak ezeket fogom részletesen megvizsgálni. Természetesen a mátrix pontjai végtelen számú alternatívát kínálnak az árazás időbeli és költségbeli rugalmasságát alapul véve, ezekből néhányat fel tüntettem a koordináta-rendszerben. Amely változatokat szemlélteti a 13. ábra.¹⁷

17 Saját készítésű ábra



13. ábra A dinamikus árazás két dimenziós mátrixa

A bevezethetőség és átállás szempontjából legegyszerűbb módszer a sávós díjazás. Ebben a rendszerben több, de alacsony számú, például három, esetleg négy előre szabott díjtartomány kerül meghatározásra. A legmagasabb árkategóriába a csúcsidejű fogyasztás esik, a legalacsonyabbba pedig a holtidőszaki felhasználás. Hogy a kettő közötti átlagos terhelést egy, vagy esetleg két ároztályba soroljuk, hogy hány köztes sáv kerül meghatározásra, az függ a két szélsőséges periódus egymáshoz viszonyított relatív eltérésétől.

A sávosan változó tarifák legnagyobb előnye, hogy kiszámítható a változásuk, a fogyasztók könnyebben átlátják az árak alakulását, a felhasználásukat tervezetten tudják az árakhoz igazítani. Ez a módszer kisebb eltérést jelent a jelenleg uralkodó fixtarifákhoz képest, így a smart grid bevezetése során érdemes volna előbb csak ezt a megoldást bevezetni a fokozatos átállás jegyében, így a fogyasztók könnyebben tudnák az új rendszerfeltételeket az életvitelükbe beilleszteni.

Hátránya azonban, hogy pontosan azt a célt nem valósítja meg, amiért az intelligens hálózat létrejött. Vagyis, a fogyasztók reális tájékoztatását, és ezáltal a magatartásuk változtatását. Hiszen ezzel a módszerrel nem kapnak valós információt az energiaárak piaci viszonyok szabta alakulásáról, enélkül pedig elképzelhetetlen a fogyasztási szerkezet hatékonnyá tétele.

Felmerül a kérdés, hogy sávós tarifák megállapítása a lakossági villamos energia

termelés átvételi áránál is alkalmazható-e? Természetesen igen, de ebben az esetben meggondolandó, hogy szabad-e a rendszerbe előre rögzített arbitrázs lehetőséget beépíteni, vagyis a díjakat úgy kialakítani, hogy a termelésbe is bekapcsolódó fogyasztóknak garantáltan megérje az előállított elektromos áramot raktározni, majd a csúcsidőben betáplálni a rendszerbe. Ha ugyanis ezt a lehetőséget biztosítjuk, könnyen előfordulhat, hogy túl sokan élnének ezzel a módszerrel, ami torzítaná a valós piaci viszonyokat, ráadásul az árakat is túl gyakran kéne módosítani, esetleg a szolgáltatók működését veszteségessé teheti.

Ha viszont úgy kerülnek az árkategóriák kialakításra, hogy nem, vagy csak túl keveseknek éri meg a házi termelésű áramot tárolni és csak egy későbbi időpontban be- esetleg visszatáplálni, akkor ezzel a rendszer egy fontos építőpillérét veszítjük el, a fogyasztók hármass szerepét. Ez kedvezőbb esetben kettős szerepre, a fogyasztóra és a termelőre redukálódik, ez az úgy nevezett „prosumer” állapot, rosszabb esetben viszont a termelő szerepkör is kiesik.

Ez minden bizonnyal nem egy hosszútávon fenntartható állapot, a rendszer bevezető fázisában lehet rá támaszkodni, esetleg akkor, amikor a lakossági termelés még nem betáplálható az elosztó hálózatba. Kifizetődő lehet azonban ezt az árazási elvet minél előbb, még a smart grid bevezetését megelőzően alkalmazni, hiszen sokat segíthet a fogyasztók tudatosságának a növelésében. Komolyabb technikai beruházással sem jár, mivel még okos mérők nélkül is alkalmazható, feltéve ha a felhasználókat előre tájékoztatjuk az egyes periódusok időbeli és díjazásbeli alakulásáról, és azzal kalkulálni tudnak. Hasonló lenne a telefonszolgáltatás díjszabásához, ahol szintén több tarifa alapján kerül elszámolásra a szolgáltatás igénybevétele, attól függően, hogy mikor használta azt a vevő.

A dinamikus árazás második lépcsője, ha az időbeli, vagy a tarifabeli kötöttségek egyikét feloldjuk. Előbb azt az esetet vizsgálom meg, amikor az időbeli korlátozásokat elimináljuk az árazási rendszerből, vagyis a központi rendszerfelügyelő a nap bármely pontján módosíthatja az energia árakat, de csak előre szabott tarifák között változhat ez az érték.

Esetlegesen érdemes lehet itt a tarifaszávok szabta korlátokon is lazítani, és nem csupán három kategóriát megállapítani, hanem többet, például két szélső értéket bevezetni még az extrém kilengések idejére. Ebben az esetben már biztosan szükség van egy infrastrukturális fejlesztésre is, hiszen a felhasználókat valamilyen módon értesíteni kell az árak változásáról. Meggondolandó, hogy ezeket a jelzéseket a változásokkal együtt kapják meg, vagy esetleg egy bizonyos idővel korábban, hogy fel tudjanak rá készülni, bizonyos készülékeket kikapcsolhassanak, átütemezhessék a fogyasztási terveiket.

Egy ilyen megoldás legalább már időbeliségét tekintve valós információkat szolgáltat a fogyasztók felé, érzékeltetve a magatartásuk azonnali hatásait. Igaz az elszámolási árak még mindig nem fedik a valós piaci árat, de a sávok kellően nagy száma esetén ez már jó közelítést ad. Szükséges azonban megfontolni a kialakítani kívánt árkategóriák számát, mert ha az túl magas, az már a rendszer átláthatatlanságát eredményezi, a vásárlók számára épp annyira kiszámíthatatlanok lesznek az árak alakulásai, mint a folytonosan mozgó árak esetében, akkor pedig már érdemesebb lenne azt az elvet alkalmazni. A legnagyobb előnye az előbb említett számlázási rendszerrel szemben, hogy a felhasználók kevésbé érzik magukat kiszolgáltatottnak, megnyugvást jelent számukra, ha az árak valahol maximalizálva vannak.

Ennek az elszámolási elvnek a bevezetése a smart grid rendszer második lépcsőfoka lehet az egyszerű sávos árazás után, annak a bővítéseként lehet értelmezni. Ennek az alkalmazásához mér technikai támogatásra is szükség van, de az okos mérés megvalósítása még mindig nem egy elengedhetetlen kritérium. Épp elegendő egy igen egyszerű jelző berendezés, ami értesít az árak alakulásáról, akár egy egyszerű applikáció a fogyasztó okos telefonján is képes ezt a funkciót ellátni. Bár kétségtelen, hogy itt a díjkalkuláció megkönnyítése érdekében már megérheti a fogyasztóknak akár önerejükől is felszerelni a háztartásban egy okos mérőt, ami az aktuális árakat képes hozzárendelni az aktuális fogyasztáshoz és megállapítani a fizetendő díjat. Esetleg már be is lehet programozni, hogy bizonyos tarifaszáv elérése után kapcsoljon ki, vagy be berendezéseket.

Ez az elmélet már az átvételi árak kialakításában is helytálló lehet, mivel az árak változtatásának időbeli kötetlensége miatt, a piaci viszonyok módosulására azonnal tud reagálni a rendszer, így elkerülhető például a szolgáltatók veszteséges működése. Az előre kiszámítható arbitrázs lehetősége is megszűnik ezzel a kis módosítással, mert a termelők nem láthatják előre teljes biztonsággal az árak alakulását, azonban az elv nem is zárja ki ezt az eshetőséget, így elősegíti a megtermelt energia időbeli optimális elosztását.

Abban az esetben, ha a díjtételek nem rögzítjük előre, azok korlátlan keretek között, végtelen sok értéket felvehetnek, viszont előre meghatározott időpontokban lehet csak módosítani azokon, akkor a korlátozások feloldásának szintén a második lépcsőfokán maradunk. Ekkor már az árak maximalizálásának hiányában már mindenképpen érdemes a fogyasztást okos mérőkkel figyelni. Ez a számlázási elv az előzőnél piac-közeli megoldás, mert az árak szabad alakításával a fogyasztók már valós adatokat kapnak a kereslet és kínálat diktálta tarifák alakulásáról. Bár ezek időben nem mindig a legfrissebb adatok, de minden bizonnyal, ha a központi rendszerfelügyelő a beérkező információk szerint folyamatosan frissítene az áradatokat, a fogyasztók nagy többsége, akkor sem figyelné azokat

folyamatosan, így akár ugyanazt a hatást is elérhetjük ezzel a módszerrel, mint a folytonosan mozgó árázással.

A spekuláció ebben az esetben már minden bizonnyal megjelenik a fogyasztói-termelői piacokon, ezzel elősegítve a végfelhasználók hármas szerepének kialakulását és fennmaradását. Egy ilyen árázási rendszerben számolni kell azonban azzal is, hogy a könnyű haszonszerzés reményében a nagy volumenű opciós ügyletek is megjelenhetnek a piacon. Amennyiben szeretnénk elkerülni az energia spekulatív kereskedelmének a kialakulását, a rendszerirányítót egy újabb felügyeleti jogkörrel szükséges ellátni.

A smart grid elméletének teljes gyakorlati megvalósulását a folytonosan mozgó árázás jelentené. Ekkor a tarifák módosításának sem időbeli, sem pedig költségbeli kötöttsége sincs. A központi rendszerirányító felelőssége, hogy az idő minden pillanatában a fogyasztás és a betáplálás a piacon ténylegesen uralkodó ár alapján kerüljön elszámolásra.

A felhasználási oldalon ez azt jelenti, hogy a fogyasztók egy készülék segítségével folyamatosan nyomon követhetik a díjak alakulását, illetve a saját fogyasztásukat. Kényelmi szempontokat is figyelembe véve, ez a megoldás együtt kell járjon, a lakásban található elektromos készülékek helybeli, vagy akár távoli irányíthatóságával, programozhatóságával. Az okos mérés megvalósulása mellett szükséges a háztartások fogyasztását az árak alakulásához igazítani, így az azonnali reagálás érdekében a berendezések működését egy automatikus programmal szabályozni, hogy az egy megadott díjszint esetén elinduljon, vagy leálljon. Azért, hogy a rendszert átláthatóbbá tegyük, érdemes lehet az árak várható alakulásáról is tájékoztatást nyújtani a vásárlók felé előrejelzések formájában.

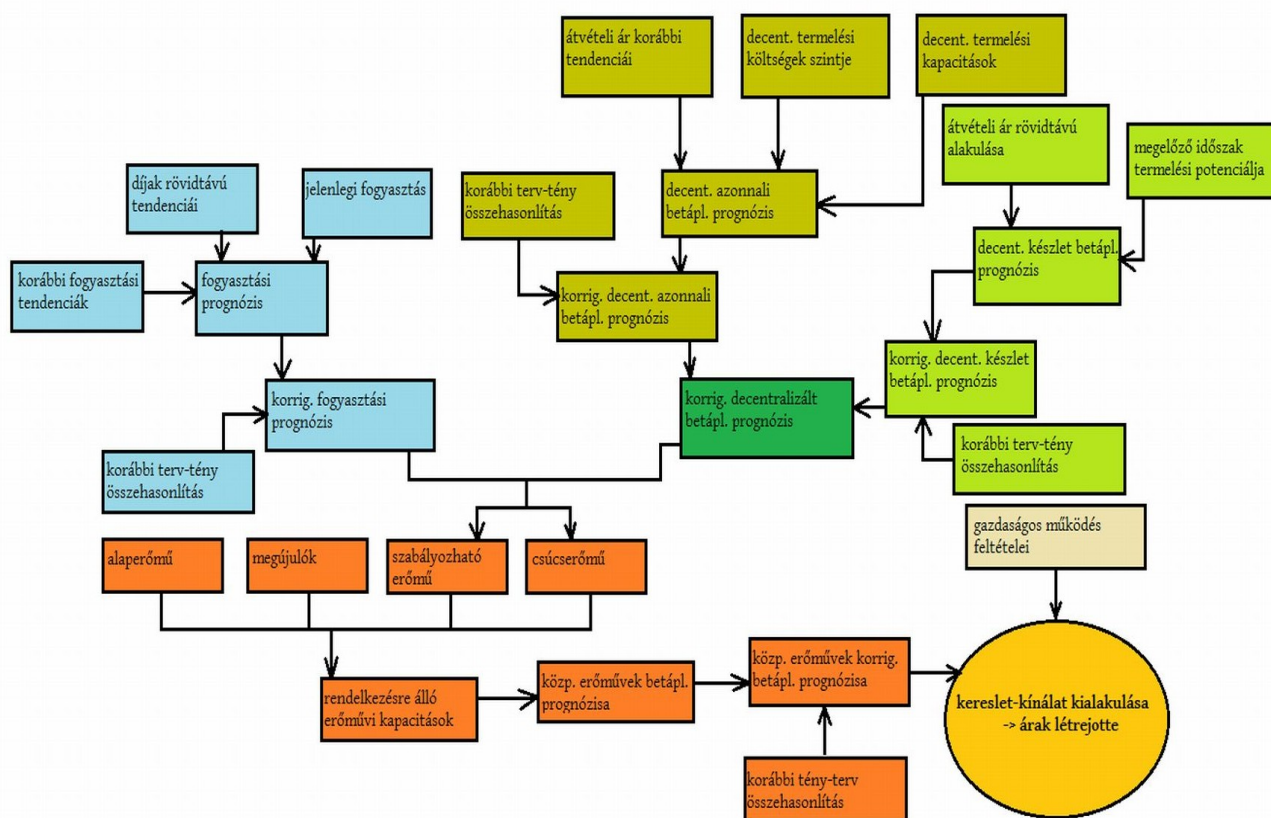
Ezzel az elszámolási módszerrel a háztartások hármas szerepe is megvalósulhat, mert ha a szolgáltatási és átvételi árak a tényleges piaci áraknak megfelelően kerülnek kialakításra, az megengedi a decentralizált termelésből és raktározásból származó haszonszerzést. Így érdemes lehet a lakosságnak a termelésbe is bekapcsolódnia, az előállított elektromosságot tárolnia, vagy akár készletre vásárolni, majd a rendszerbe kellő időpontban visszatáplálni.

Ez az elmélet segíthet hozzá az optimális rendszerterhelés kialakításához a leginkább, mivel az időbeli és díjazásbeli kötetlenség révén alkalmas a piac önszabályozó képességén keresztül azonnal reagálni a megváltozott körülményekre. A rendszer bevezetése azonban nagy léptékű fejlesztéseket igényel infrastrukturális, informatikai és fogyasztói magatartásbeli oldalon, így ennek a megvalósítása nagy bizonyossággal csak kellő átmeneti lépések után következhet el.

A fent leírtakat tekinthetjük a smart grid bevezetés lépcsőfokainak is, amelyek hosszútávon képesek megvalósítani az intelligens hálózat biztonságos bevezetését. Tartson

viszont a folyamat akármelyik fázisban, egy újabb piaci szereplő, a központi rendszerfelügyelő megszületése elkerülhetetlen. Ennek a szervezetnek a lakossági, az erőművi és a szolgáltatói szektorok között és felett kell koordináló szerepet betöltenie. Legfontosabb feladata a rendszerterhelés menedzselése, és ennek érdekében a szolgáltatási és átvételi tarifák kialakítása. Mivel az intelligens hálózat fő építőeleme a dinamikus árazással történő szabályozás, a megfelelő árszintek kialakítása a működés sarkalatos pontja. Tekintsük ezért végig, hogy mik azok a főbb elemek, amiket figyelembe kell venni a díjak megszabásánál. A rendszer egészének könnyebb átláthatóságaért egy sematikus ábra segítségével szeretném a végső árak kialakulásához vezető utat bemutatni. Ezt láthatjuk a 14. ábrán¹⁸.

A szolgáltatási és átvételi árak kialakulásának modellje a smart grid rendszerben



14. ábra Szolgáltatási és átvételi árak kialakításának modellje a smart grid rendszerben

A folyamat áttekintését érdemes visszafelé megtenni, azaz a kereslet és kínálat szabta árak létrejöttétől lépésenként visszabontani annak kialakulását. Természetesen figyelembe kell venni a szolgáltató gazdaságos működésének a feltételeit, ez az ábrán szürke háttérrel

18 Saját készítésű ábra

jelölve látható. Emellett a központi erőművek korrigált betáplálási adatai járulnak hozzá közvetlenül a tarifák kialakulásához. Ez valójában a nagy erőművek betáplálási prognózisát jelenti, amit a korábbi terv- és tényadatok összevetésével korrigálunk. Ez a korrekciós tényező, segít az árak minél pontosabb meghatározásában, illetve, ha a rendszerfelügyelő azt látja, hogy a múltbéli tervadatok komoly eltérést mutattak a múltban valóban kialakult mutatókhoz képest, az előre vetíti az árazási rendszer felülvizsgálatát, esetleges újabb tényezők figyelembe vételét.

A centrális erőművek hálózati betáplálási prognózisához szükséges tudnunk az általam négy különböző csoportba sorolt erőmű típus várható villamos energia termelési kapacitását. Erre a felbontásra azért van szükség, mert az alaperőművek szinte folyamatosan ugyanazzal a teljesítménnyel működnek, a megújulókon alapuló erőművek termelési potenciálja egy vagy akár több külső tényezőnek van kiszolgáltatva, mint például a várható szélerősség. A szabályozható erőművek előállítása igaz bizonyos kereteken belül módosítható, de mivel ehhez idő szükséges, azonnali nagymértékű kapacitásbeli változásokkal nem számolhatunk. A csúcserőművek jellemzője pedig, hogy a fogyasztás csúcsidejében, rásegítésként kapcsolják be a rendszerbe.

Így ahhoz, hogy az utóbb említett két erőmű típus termelési kapacitásai időben megfelelőek legyenek, és a központi erőművek megfelelő mennyiségű elektromos áramot állíthassanak elő, szükséges ismernünk egyik irányból a korrigált fogyasztási prognózist, másik irányból pedig a korrigált decentralizált betáplálási prognózist.

Vizsgáljuk meg előbb a korábbi terv-tény adatok összehasonlításával korrigált fogyasztási prognózist. Ennek az előállításához három tényező ismerete szükséges. Egyik a korábbi fogyasztási tendenciák, amelyek alapján következtetni lehet, az elkövetkezendő időszak fogyasztási mérőszámaira. Itt minden bizonnyal figyelembe kell venni a hosszú, közép és rövid távú trendeket is. Ez kijelöli, hogy az éppen aktuális fogyasztás milyen irányban fog módosulni, ezért elengedhetetlen tudnunk az időben valós fogyasztási adatokat. Ezen felül számításba kell még vennünk a szolgáltatási tarifák rövid távú alakulását is, hiszen egy példát említve, ha az árak az utóbbi néhány órában, esetleg napban magasan voltak, és most csökkenést várunk, valószínűleg a magas árak miatt elhalasztott fogyasztás meg fogja növelni az aktuális felhasználás mértékét az előzetes várakozásokhoz képest. Ennek természetesen az ellenkezője is elképzelhető.

Tekintsük most át a korrigált decentralizált betáplálási prognózist. Mivel a háztartások amely kifejezés alatt jelen esetben olyan vállalatokat is érthetünk, amelyek fő profilja nem az energia szektorban van, de megjelennek a piacon, mint felhasználó, esetleg a decentralizált

termelésbe és raktározásba is bekapcsolódnak a már korábban is említett hármass szerepkörrel vesznek részt az okos hálózat rendszerében, a betáplálást két külön irányra kell bontani. Egyik irány a felhalmozott készletek betáplálása, másik irány pedig az azonnali energia termelés betöltése. Így aztán ezt a kategóriát is külön kell válasszuk. Természetesen mindkét esetben a már előzőekben is felvázolt korrekciós tényezőt, a megelőző időszakok terv-tény összehasonlítását figyelembe kell venni.

A felhalmozott készletek két különböző forrásból származhatnak. Egyik a villamos energia készletre vásárlása, másik pedig a decentralizáltan megtermelt elektromos áram betöltésének időbeli késleltetésével keletkezik. Így ismernünk kell a megelőző időszak decentralizált termelési potenciálját, illetve az átvételi árak rövid távú alakulását, hogy valószínűsíthessük a korábbi termelésből visszatartott kapacitásokat, amelyeket az árak kedvezőbb alakulásának reményében nem töltöttek be a hálózatba. Ezen túlmenően a megelőző időperiódus felvásárlási árai a készletre vásárolt villamos áram hálózatba töltését is befolyásolta.

Az azonnali termelésű villamos energia betöltési prognózisának elkészítéséhez három tényező ismerete szükséges. Egyik természetesen a beépített kapacitások ismerete, de ezen túlmenően a decentralizált villamos energia előállítás költségeit is számításba kell venni, hiszen az átvételi árak egy kellően alacsony szintje mellett már nem éri meg a felhasználóknak a termelésbe is bekapcsolódni. Ezért elengedhetetlen a rövid távú felvásárlási árak múltbéli tendenciájának az ismerete, hogy becsülni tudjuk a termelésbe bekapcsolódó kapacitásokat.

Természetesen ez az árazási program további elemekkel is bővíthető, az általam kezdőinformációkként megjelölt adatok is tovább bonthatók megelőző elemekre. A sematikus leírás célja az árazási folyamat bemutatása. Ez az eljárás a folytonosan változó árazás menetét mutatta be, de természetesen a dinamikus elszámolás minden lépcsőfokán alkalmazható, sőt önkorrekciós céllal a rendszer időszakos felülvizsgálatában is segítségünkre lehet. A többszörös korrekciós tényezők az árazási hibák kiküszöbölése érdekében kerültek beépítésre, de kiváló visszacsatolási lehetőséget is biztosítanak a program számára, elősegítve ezzel a kontroll automatikus megvalósulását.

Levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy az intelligens hálózat bevezetését lehetséges, sőt ajánlatos fokozatosan megvalósítani. Az átállás különböző lépcsőin más-más cél elérése szükséges, és ezekhez igazodva más-más módokon kell átgondolni a tarifák kialakítását és a rendszer üzemeltetését. A végső cél azonban minden esetben a folytonosan mozgó árazás elérése, ahol az okos hálózat képes önfenntartó módon működni és a beépített

önkorrekciós tényezők segítségével az esetleges hibákat kiküszöbölni. Ennek az eléréséhez viszont az átállás időben hosszú folyamata vezethet.

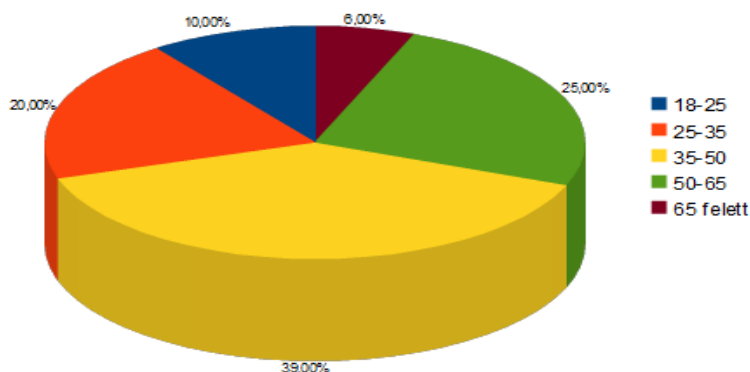
VI. PRIMER KUTATÁS BEMUTATÁSA

A témában rendelkezésre álló korábbi tanulmányok rávilágítottak, hogy smart grid rendszer bevezetését megelőzően feltétlenül szükséges az érintett, potenciális résztvevők szokásainak, várakozásainak és várható reakciónak a felmérése. Enélkül nem lehetséges a bevezetés és működtetés hatékony megvalósítása.

Így aztán, annak érdekében, hogy az energia ellátás területén a fogyasztói szokásokról átfogóbb képet alkothassak, és hogy a smart grid rendszerrel kapcsolatos fogyasztói attitűdöket és preferenciákat felmérhessem szükségesnek láttam egy száz magyar háztartásra kiterjedő kérdőíves megkérdezést készíteni. A kutatás eredményei ugyan nem tekinthetők reprezentatívnak, de a felmérésben résztvevő háztartások kellően magas számának köszönhetően mindenképpen hasznos információkkal szolgálnak ahhoz, hogy jobban megértsük a felhasználók szokásait, várakozásait és kétségeit.

A tanulmányba igyekeztem lakhatási, pénzügyi és demográfia jellemzők alapján differenciált csoportokat minél szélesebb körben bevonni. A megkérdezett háztartásokat a főkereső életkora alapján öt csoportra osztottam. Ezt az öt csoportot és a mintában való reprezentáltságukat mutatja be a 15. ábra.

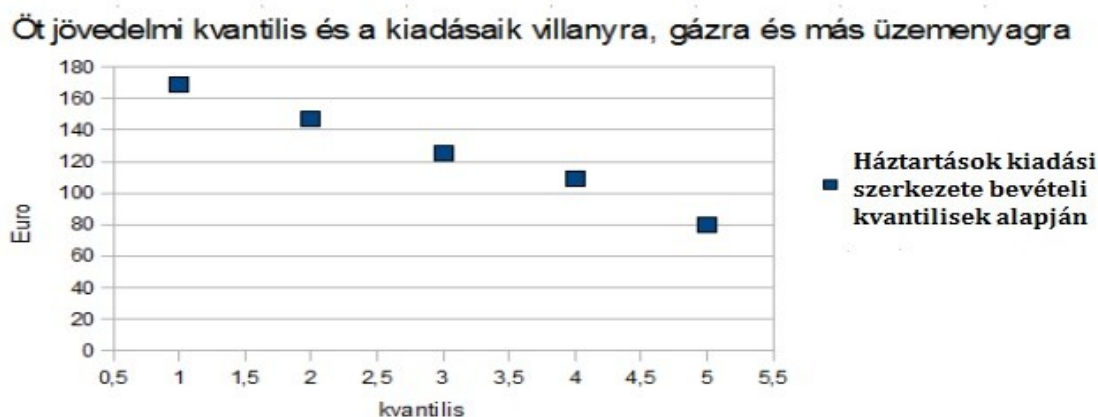
2, Mennyi idős az Ön háztartásában a főkereső? összes háztartásra



15. ábra A háztartásban lévő főkereső életkora

A lakhatási körülményekre vonatkozó megállapításokra a 3-as kérdés ad választ, amiben a válaszadók kiválaszthatták, hogy lakásban, társasházban, családi házban, vagy másféle ingatlanban laknak-e. A megkérdezettek valamivel kevesebb, mint fele családi házban él, ezt követte a lakásban lakók száma, majd a társasháziak aránya, legkevesebben pedig az egyéb ingatlant jelölték meg. A pontos értékek a mellékletben megtekinthetők.

A válaszadók bevételeire nem vonatkozott egyetlen kérdés sem, de feltételezhetjük, hogy kimutatható a kapcsolat a villanyszámla nagysága és a bevételek nagysága között. Ezt illusztrálja az Eurostat adatait bemutató 16. ábra, amely kimutatja a kapcsolatot a háztartás bevételei és a villanyra, gázra és más üzemanyagra történő ráfordítások között.



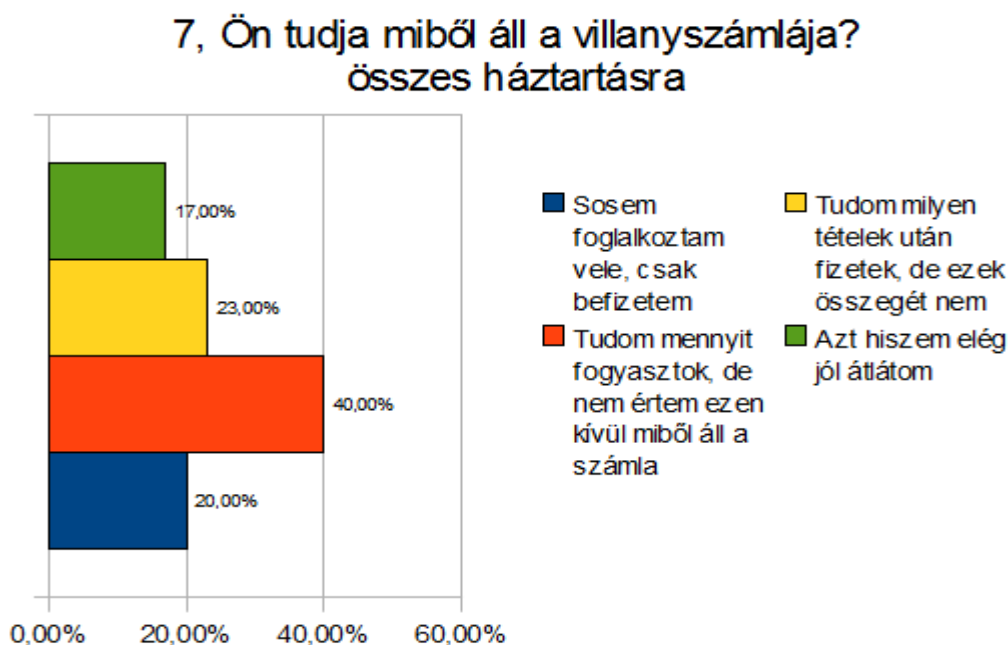
16. ábra Összefüggés a jövedelmi kvantilisok és energetikai célú kiadásaik között Magyarországon (Eurostat)

A villanyszámla nagyságát a kérdőívben hat különböző kategóriába soroltam. Meg

kell azonban jegyezni, hogy a legalacsonyabb sávba, azaz 0 és 1 500 Ft közötti sávba, egyetlen fogyasztó sem helyezte a villanyszámlája nagyságát. A legtöbb válaszadó 5 000 és 10 000 Ft közötti villanyszámlát jelölt meg. Második leggyakoribb válasz pedig a 10 000 és 20 000 Ft közötti nagyság volt. Az erre vonatkozó pontos adatok szintén elérhetők a mellékletben.

Az adatlap első felében általános fogyasztói adatokról és szokásokról gyűjtöttem információkat, majd ezt követte az energiatakarékossággal foglalkozó rész. Végezetül pedig a fogyasztók intelligens hálózattal és dinamikus árazással szembeni habitusát kívántam felmérni. A tanulmány minden eredménye elérhető a mellékletben, ezért itt csak a legfontosabb kérdésekre szeretnék kitérni.

A felmérésből egyértelműen kiderült, hogy a magyar háztartási fogyasztók meglehetősen tájékozatlanok az energia felhasználásuk és az azután fizetendő díjak tekintetében, amint azt a 17. ábra mutatja.



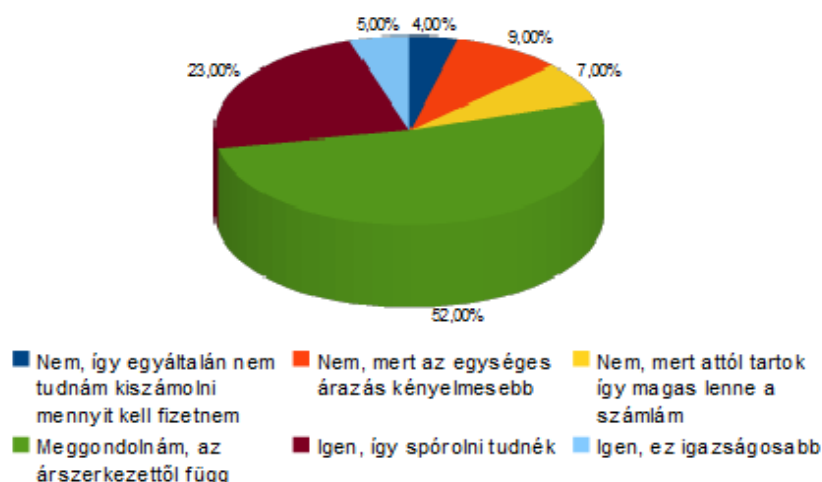
17. ábra Tájékozottság mérése a villanyszámla összetételéről

A megkérdezettek csupán 17%-a érezte, úgy, hogy tudja miért is fizet, amikor a villanyszámláját befizeti. Ez azt jelenti, hogy ha szeretnénk átállni egy intelligens rendszerre, akkor először a fogyasztók megfelelő tájékoztatásával kell kezdeni, mind a saját fogyasztási szokásaikat illetően, mind pedig a rendszer működése tekintetében. Nem várhatjuk a hatékonysági előnyök megvalósulását, ha a felhasználók nincsenek teljes egészében tisztában a struktúra működésével. Ha pedig a lakosság ötöde még azt sem tudja, hogy pontosan mennyit is fogyaszt, nehéz őket megtakarításra és a fogyasztási szerkezet átalakítására

ösztönözni.

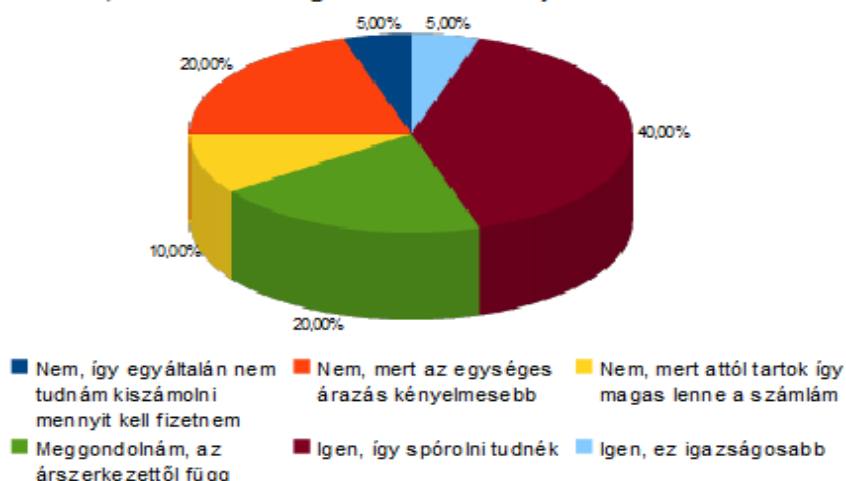
A dinamikus árazásra történő átállási hajlandóság kérdése, már biztatóbb adatokkal szolgált. Ennek értelmében, ahogy azt a 18. ábra is mutatja a válaszadók csupán 20%-a az, aki egyértelműen elzárkózik az átállás lehetősége elől. Nagyon érdekes eredményeket kapunk akkor, ha megvizsgáljuk, hogy annál a csoportnál, akik sosem foglalkoztak a villanyszámla összetételével, csak befizetik azt, hogyan alakul az átállási hajlandóság, azaz mit gondol a legtajékoztatlanabb 20%. Ezt mutatja be a 19. ábra.

8, Ön hajlandó lenne átállni a dinamikus árazásra? összes háztartásra



18. ábra Dinamikus árazásra való átállási hajlandóság mérése

Átállási hajlandóság Azoknál, akik sosem foglalkoztak a villanyszámla összetételével



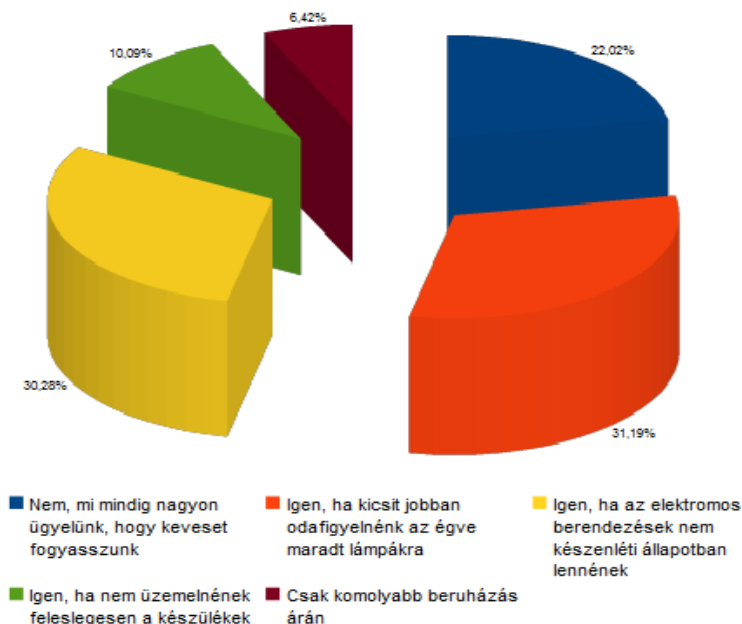
19. ábra Dinamikus árazásra való átállási hajlandóság mérése abban a szegmensben, akik nem foglalkoznak a számla összetételével

Jól látszik a két ábra különbségén, hogy ebben a fogyasztói csoportban jóval

magasabb azok aránya, akik hajlandóak lennének ehhez az új rendszerhez csatlakozni azért, hogy takarékoskodni tudjanak, azzal, hogy csúcsidőben nem fogyasztanak annyi elektromos energiát. Ez azt bizonyítja, hogy a rendszer bázisát azok a felhasználók adhatnák, akik jelenleg igen tájékozatlanok, ők azok, akik valóban csökkentenék a fogyasztásukat a csúcsterhelés idején, elősegítve ezzel a terhelés időbeni kiegyenlítését. Ezzel szemben ugyanebben a rétegben az összes háztartáshoz képest azon fogyasztók aránya is jóval magasabb, akik egyértelműen elzárkóznak az átállás elől. Ez majd a csoportba tartozók harmadát jelenti. Ez a szélsőséges magtartást az magyarázhatja, hogy a felhasználók két okból nem tájékozódnak. Egyik az érdektelenség, őket valószínűleg nehéz rábírni egy tudatosabb fogyasztói magatartásra. Másik pedig az lehet, hogy egyszerűen nem értik a rendszer működését, ebbe beletörődtek és nem is kívánnak ezen változtatni. Az a csoport, akik egyszerűen úgy érzik, hogy képtelenek átlátni, mi után fizetnek, saját feltételezéseim szerint az alacsonyan képzett társadalmi rétegekből, esetleg az idősebbek köréből kerül ki. Ha megvizsgáljuk azonban azt a csoportot, ahol a háztartásban a főkereső 50 év felett van, azt tapasztaljuk, hogy ebben a körben a válaszadók csupán 12,9%-a nyilatkozott úgy, hogy sosem foglalkozott a villanyszámla tartalmával, egyszerűen befizeti azt. Ez az arány az összes háztartásban jelen lévő 20%-os viszonyszámhoz képest jóval alacsonyabb, így joggal vélekedhetünk úgy, hogy inkább az alacsonyan képzettek köre, az, akik azért nem foglalkoznak a számla összetételével, mert nem értik azt. Az ő esetükben a háztartás bevételei viszonylag alacsonyak, így a megtakarítási lehetőségek miatt, valószínűleg bevonhatók lennének egy intelligens hálózatba.

Felmerült bennem az a kérdés is, hogy a dinamikus árazás mennyire csak időben változtatná meg az energia felhasználást, illetve mennyire tudná azt valóban csökkenteni. Ahhoz, hogy erre a kérdésre választ kaphassunk a kérdőívben megkérdeztem a háztartásokat, hogy saját véleményük szerint mennyire és mivel tudnák csökkenteni elektromos áram fogyasztásukat. Az erre kapott válaszokat jeleníti meg a 20. ábra.

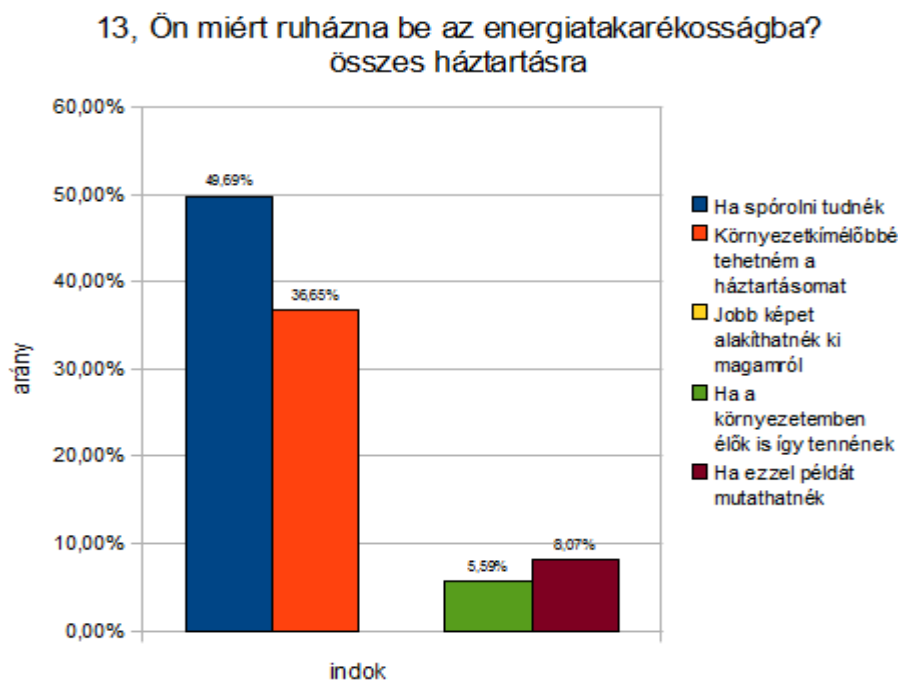
10. Az Ön háztartásában lenne lehetőség komolyabb beruházás nélkül spórolni az árammal?
összes háztartásra



20. ábra Megtakarítási lehetőségek a háztartási villanyfogyasztásban

Ennek alapján a válaszok 28,48%-a utalt arra, hogy a fogyasztó úgy véli, nem tudná már csökkenteni a villamos áram fogyasztását rövid távon. A többség még saját bevallása szerint is többet fogyaszt, mint amire feltétlen szüksége lenne. A csúcsidő közeledtével, az árak emelkedésekor a fogyasztók esetleg észlelnék a túlzott felhasználásukat, ezért azt redukálnák, de nem tartom valószínűnek, hogy azt a holtidőszakban pótolnák. A válaszok több mint 60%-a arra utal, hogy csak az odafigyelés hiányzik. Ezt pedig kellőképpen megteremtheti az okos hálózat rendszere az árszintek folyamatos jelzésével, vagy akár a központi rendszerirányító figyelmeztetésével.

A smart grid rendszer bevezetése esetén az árazás kialakításához és a változások helyes kommunikálásához elengedhetetlen ismerni, hogy a vevőket milyen motiváló tényezők hajtják egy esetleges környezetvédelmi beruházás megvalósításakor. Igaz ez abban az esetben is, ha az csak egy alacsony anyagi és kényelmi költségekkel járó befektetésről beszélünk. Ezért szerepel a felmérésben az a kérdés, hogy a felhasználó miért lenne hajlandó beruházni például egy energiatakarékosági programba. A válaszokat ábrázolja a 21. ábra.

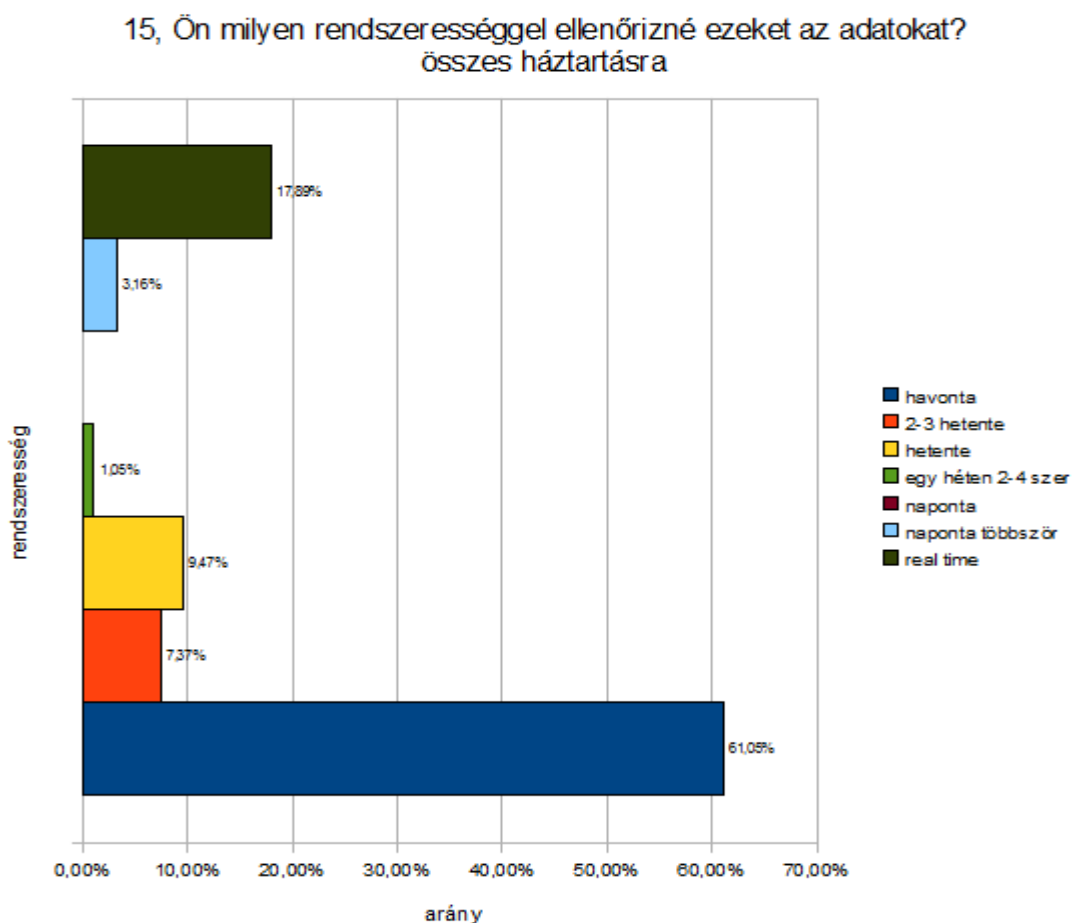


21. ábra Energiatakarékossági beruházások motivációja

Érdekes megfigyelni, hogy bár a megtakarítási motívum vezet, ugyanakkor a lakossági fogyasztók fontosnak érzik a környezeti szempontok figyelembe vételét is. Mivel ez olyan kérdés volt, ahol több válasz is adható, nem elég csupán a kapott válaszok arányát tekinteni. Meg kell nézni azt is, hogy a felmérésben résztvevők mekkora arányban említették meg az adott szempontot. A háztartás környezetkímélőbbé tételét a 100 megkérdezettből 59-en jelölték meg, míg a spórolási szándékot 80-an. Ebből jól látszik, hogy a lakossági megkérdezetteknek a környezeti állapot megóvása is fontos motívum a döntések meghozatalánál, ezért akár pénzt is hajlandóak áldozni. Így aztán minden bizonnyal egy esetleges átállásnál érdemes lenne az új rendszer ilyen irányú előnyeit is kihangsúlyozni, nem csupán a takarékosági lehetőségeket.

Mivel az okos mérési rendszer a fogyasztási adatok azonnali észlelésére épülnek, érdemes információt gyűjteni arról, hogy a lakosság mostani álláspontja szerint mennyire tart igényt ezekre az adatokra, vagy mennyire kell a szokásaikat átformálni ahhoz, hogy valóba működőképes legyen az okos hálózat rendszere. Ez azért is rendkívül fontos, mert ha azt tapasztaljuk, hogy a piacon nagy igény merült fel már most is ezen adatok elérése iránt, akkor sokkal egyszerűbb lehet az átállás, sőt a fogyasztók akár még fizetni is hajlandóak lehetnek, hogy kielégítsék az információs szükségletüket. Ez azt jelentené, hogy a piac keresleti oldala már létezik, csak a kínálat nem jelent meg, vagy az embereknek nincs tudomásuk erről. A 22.

ábra mutatja azokat a válaszokat, amelyeket arra a kérdésre kaptam, hogy milyen időközönként vennék szívesen, vagy ellenőriznék a fogyasztók a villamos áram felhasználásukat és a fizetendő díjakat.



22. ábra Fogyasztási adatok ellenőrzésének gyakorisági igénye

Ennek alapján egyértelműen kitűnik, hogy a lakosság a felhasználást nagy arányban csak havonta kívánja ellenőrizni. Köszönhető ez valószínűleg a jelenlegi havi elszámolási rendszernek. Annyira hozzászoktak már ehhez az emberek, hogy szinte teljes evidenciának tekintik, hogy visszajelzéseket csak havonta kérnek és kapnak. Igaz ehhez képest jóval kisebb mértékben a második leggyakoribb válaszként a real time, azaz valós idejű adatokat jelölték meg a válaszadók. Ebben a csoportban nagyon érdekesen alakul az átállási hajlandóság. Ugyanis egyetlen megkérdezett sem zárkózott el a váltás lehetősége előtt. Azok aránya, akik egyértelműen átállnának az összes háztartáshoz viszonyítva csak kis mértékben nőtt, 28%-ról 29, 41%-ra. Ezeket az adatokat mutatja a 23. ábra.

Átállási hajlandóság
azoknál, akik real time fogyasztási információkat várnak



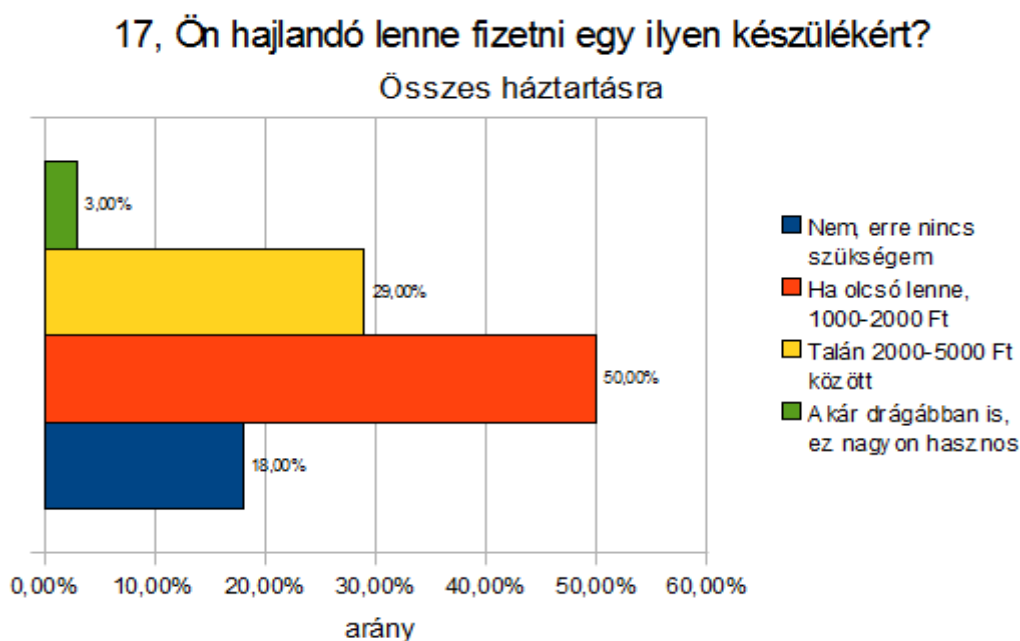
23. ábra Átállási hajlandóság mérése, abban a szegmensben, ahol már felmerült az igény a valós idejű fogyasztási adatok iránt

Tehát elmondható, hogy azok a fogyasztók, akik már most is igényt tartanak a valós idejű adatokra jóval meggondoltabbak, tudatos vásárlók, hiszen a válaszaik azt tükrözik, hogy ők jobban átgondolnák a lehetőséget, mérlegelnék annak előnyeit és hátrányait. Vagyis, ahhoz, hogy a lakosság részéről megteremtjük az igényt és így a keresletet az időben azonnal elérhető felhasználási adatok iránt, tudatosságra kell őket ösztönözni. Erre részben megoldás a dinamikus árazás, mivel ezáltal szinte rá van kényszerítve a vásárló, hogy folyamatosan figyelje az árak alakulását és ennek megfelelően a fogyasztását is, de minden bizonnyal a kényszer ereje nem hat olyan erősen, mint az érdeklődés felkeltése. Mindenképpen szükség lenne így a smart grid bevezetése előtt egy átfogó lakossági kommunikációs program elindítására, hogy még az átállás előtt tudatosabbá tegyük a fogyasztást. Ez arra is rávilágít, hogy érdemes lenne egy lépcsőzetes átállást bevezetni, az elején különböző ösztönző programokkal.

A fokozatosság jegyében először a már ma is létező okos mérők elterjesztése lehetne az elsődleges cél.¹⁹ Mint ahogyan azt a fogyasztók információs igényéről adatokat gyűjtő kérdésnél is láthattuk, az igény a valós idejű adatokra létezik a hazai lakosság körében, még

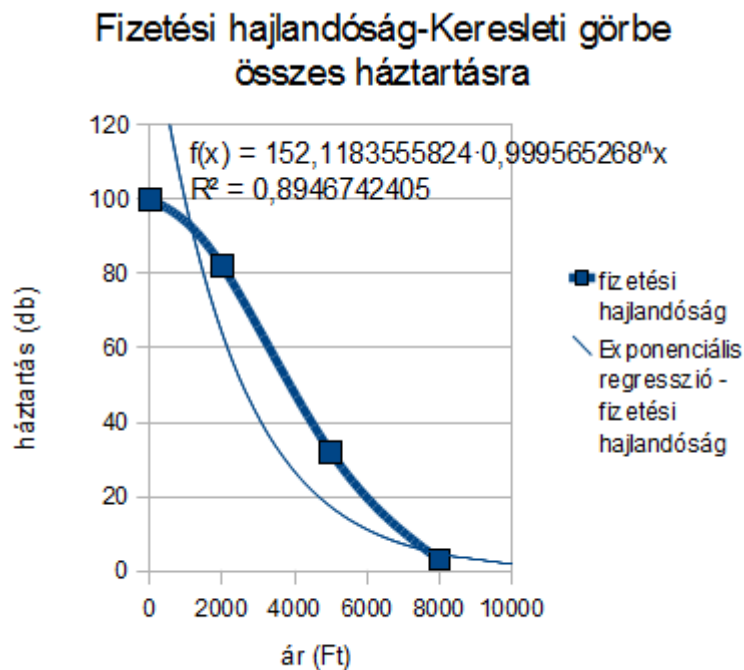
¹⁹ Az E.ON Hungária Zrt. és a Magyar Telekom Rt. idén indította el közös okos mérési mintaprojektjét, aminek keretében a hazai lakosságot reprezentáló fogyasztói körben vezetik be az okos mérés rendszerét. A műszaki rendszert napjainkban, azaz márciusban helyezik üzembe Szolnokon. A projekthez a Magyar Energia Hivatal nyújt támogatást. (E.ON 2012)

akkor is, ha ez nem nevezhető egyelőre széleskörűnek. Ez azt feltételezi, hogy legalább bizonyos körökben, de lenne fizetőképés kereslet az ilyen mérő és díjkalkuláló berendezésekre. Hogy ennek a nagyságát felmérhessem, a válaszadókat megkérdeztem arról is, hogy hajlandóak lennének-e fizetni egy ilyen készülékért és, hogy bizonyos árkategóriákon belül mennyit áldoznának érte. Az egyes válaszok százalékos megoszlását mutatja a 24. ábra.



24. ábra Okos mérők iránti vásárlási hajlandóság

Jól látszik, hogy a megkérdezettek 82%-a vásárolna egy ilyen készüléket. A fenti adatok alapján pedig már megszerkeszthető egy fizetési hajlandóság görbe, amit tulajdonképpen az ilyen mérőberendezés keresleti görbéjének is tekinthetünk. Ahhoz, hogy ezt valóban ki lehessen számolni, a válaszokban szereplő egyik kategóriát, az „Akár drágábban is, ez nagyon hasznos” lehetőséget kissé konkrétabb, számokban mérhető formába kell önteni. Ennek érdekében ezeket a válaszokat úgy tekintettem, mintha maximálisan 8000 Ft-ot fizetnének az ezt a választ adók. Mivel ez csupán 3%-os részesedéssel rendelkezik az összes válaszból, így ha ez a 8000 Ft-os érték nem is volna pontos, az komolyan nem befolyásolja a kapott eredményeket. A másik két kategóriánál, akik vásárolnának ilyen, a megemlített összegpárok felső értékét vettem figyelembe. Az így kapott keresleti görbét mutatja be a 25. ábra.

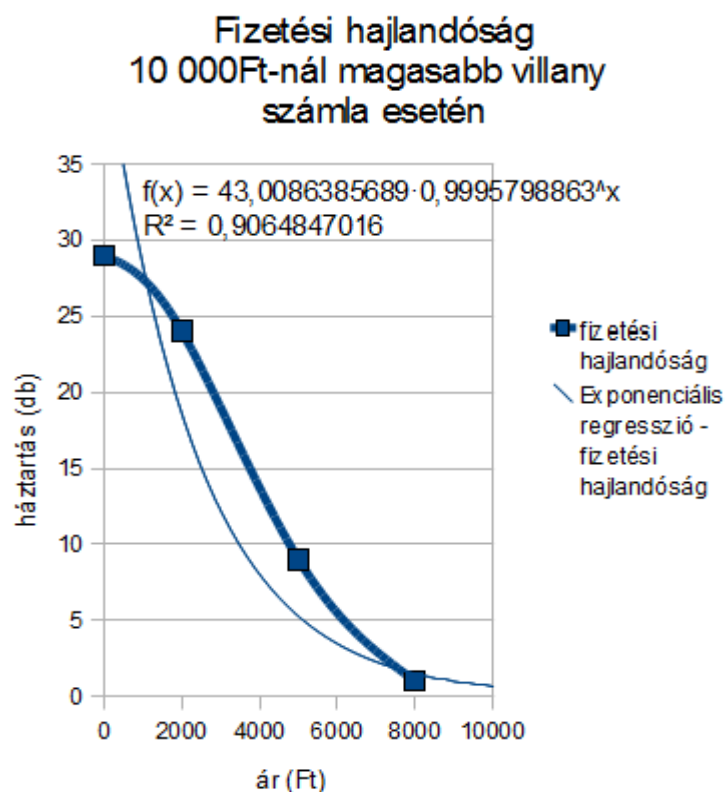


25. ábra Fizetési hajlandóság görbe

A mintavételen túlmutató, teljes lakossági kereslet modellezése érdekében a fizetési hajlandóság görbe pontjaihoz megszerkesztettem annak az exponenciális trendfüggvényét, aminek a képlete látható az ábrán. Ennek segítségével már végezhetünk számításokat arra vonatkozóan, hogy bizonyos árszintek mellett mekkora kereslet mutatkozik az okos mérők piacán.

Felmerült bennem a kérdés, hogy vajon azok a felhasználók, akiknek a legmagasabbak a villamos energia költségei, esetleg hajlandóak-e többet is fizetni egy ilyen mérőért, hogy a saját fogyasztásuk megfigyelésének segítségével csökkenthessék a felhasználásukat. Előzetes vélekedésem szerint, ebben a rétegben bizonyára magasabb lesz a fizetési hajlandóság. Hogy ezt bizonyítsam elkészítettem ugyanezt a fizetési hajlandóság görbét csak azokra a fogyasztókra, akiknek a villanyszámlája 10000 Ft felett van. Ezt jeleníti meg a 26. ábra.

Egyértelműen kitűnik, hogy a várakozásaim legnagyobb meglepetésemre nem voltak helytállóak. Ebben a rétegben egyáltalán nem mutatkozik nagyobb kereslet az okos mérők iránt. Leolvasható ez a két trendfüggvény összevetésével. Ez azt a feltételezést vetíti előre, hogy ezek a fogyasztók nem is törekednek a felhasználásuk tudatos csökkentésére. Ezt támasztja alá az is, hogy ebben a rétegben az energiatakarékossági beruházásokra szinte azonos hajlandóság mutatkozik, mint az összes háztartás esetén.



26. ábra A magas villanyszámlával rendelkezők fizetési hajlandóság görbéje

Az előzőek tanulságából felmerül a kérdés, hogy azok a fogyasztók, akik a legtöbb villamos áramot használják, és így a legmagasabb díjkategóriákba is esnek, miért nem motiváltabbak a felhasználásuk csökkentésére? Ennek az értelmezésére ebben a szegmensben elkülönítve is megvizsgáltam, hogy mi lenne az a tényező, amely miatt ők beruháznának az energiatakarékosságba. A beruházási kedv mértékében ugyan nem találtam lényeges különbségeket, de a motivátorok között már megfigyelhetők bizonyos eltérések. Míg az összes háztartás esetében a válaszadók 80%-a említette meg ösztönző tényezőként a kiadáscsökkentés lehetőségét, ebben a körben ez az arány csak közel 69% volt. Vagyis a fogyasztásuk költségei egész egyszerűen azért magasabbak, mert megtehetik, módjukban áll a magasabb díjakat is kifizetni.

Ez a smart grid szempontjából nem jó hír, hiszen azt jelenti, hogy hiába növekedik az egységnyi fogyasztás ára a csúcsidőszakokban, ez csak kisebb mértékben fogja az egyébként is magas felhasználással rendelkező háztartásokat a fogyasztásuk csökkentésére ösztönözni. Mivel lehetne akkor hatni a lakosság ezen részére?

A motiválók között a háztartás környezetkímélőbbé tétele az a pont, ahol még nagyobb eltérést találunk. Az összes háztartás esetében ezt a tényezőt 59% szerepeltette a

válaszok között, az általunk vizsgált szegmensben ez az arány 65,5%-ra növekedett. Tehát leszűrhetjük a tanulságot, hogy a kritikus csoportban a környezeti állapot megóvásának az erőteljesebb kommunikálásával jobb eredményeket érhetünk el, mint az alacsonyabb felhasználású rétegekben.

Több külföldi országban és hazánkban is végeztek már, vagy épp végeznek kísérleti projekteket, amelyek a smart grid bevezethetőségét, hatékonyságát és működését hivatottak tanulmányozni. Már korábban egy lábjegyzetben említettem, hogy hazánkban is elindult az első projekt, ami az intelligens hálózatok műszaki megvalósíthatóságát és működését vizsgálja. Egy mérési-termelési-elszámolási rendszer teljes piaci integrálása előtt szükséges lesz még több tanulmányt, kísérletet vagy esetleg szimulációt végezni. Ezért tartottam fontosnak, hogy felmérjem a lakosság részvételi hajlandóságát egy ilyen kísérleti projektben. A válaszadók megközelítőleg fele, 57,5%-a nyilatkozott úgy, hogy önszántából részt venne egy olyan tanulmányban, ahol egy külső szereplő folyamatosan méri a háztartása villamos energia fogyasztását. Ez azt jelenti, hogy ők azok, akik mindenféle ellentételezés nélkül is bevonhatók egy ilyen felmérésbe. Valószínűsítem azonban, hogy a fennmaradó 42,5% legalább részben mozgósítható lenne bizonyos ellentételezésért cserébe.

A felmérés rámutatott, hogy hazánkban a lakossági fogyasztók körében a tudatosság erősítésével megtakarításokat érhetnénk el a villamos energia felhasználás terén. A fogyasztás csökkentésének és az energiatakarékossági beruházások elindításának két fő motivátora fedezhető fel. Ezek a költségek csökkentése és a háztartás környezetkímélőbbé tétele. Ezek az ösztönzők azonban nem azonos mértékben jelennek meg a társadalom különböző jövedelmi szegmenseiben. Ennek alapján megállapíthatjuk, hogy a smart grid rendszerre történő átállást a lakosság különböző köreiből különböző módon lehetne elfogadottá tenni.

A rendszer hatékony működéséhez a tudatos vásárlás erősítésére van szükség, ami leginkább az alul iskolázottak és idős korúak körében hiányzik. Kimutattam azonban, hogy a két csoport tájékozatlanságának más okai vannak, azt másképp kell kezelni.

A tanulmányból az is kiderült, hogy a magyar lakosság körében már most is létezik az igény a fogyasztási adataik valós időben történő elérhetősége iránt. Ennek alapján felvázoltam a fogyasztók fizetési hajlandóság görbáját az okos mérőkre vonatkoztatva. Meglepődve tapasztaltam azonban, hogy a kereslet ezen eszközök iránt nem nő egyenes arányban a villanyszámla nagyságával. Ebből levonható a következtetés, hogy a magas villanyszámla nem vonja magával a lakosok tudatos törekvését annak csökkentésére. Ez is a fogyasztói reakciók kevésbé tudatos voltára utal.

A válaszokból leszűrhetjük azt a tanulságot, hogy a hazánkban uralkodó havi

rendszerességű elszámolási rend csak rontott a vásárlók tudatosságán. Annyira hozzászórtak a havonta történő információ szolgáltatáshoz, hogy ettől már csak igen nehezen tudnak elvonatkoztatni. Itt meg kell jegyeztem, hogy az átalánydíj fizetés esetén ez az információ szolgáltatás még havi rendszerességűnek sem tekinthető, mivel a valós elszámolás csak évente egyszer történik meg.

Nem utolsó sorban pedig felmérésre került a lakosság tesztprojektekben való részvételi hajlandósága, ami azért fontos kérdés, mert az okos hálózat bevezetését minden esetben több tanulmány, szimuláció és technikai mérés kell megelőzze

A fent leírt saját kutatásomnak a célja az volt, hogy a rendszer bevezetése előtt szükséges információkról tájékoztatást nyújtson, illetve elősegítse a megfelelő stratégia megválasztását, hogy a smart grid rendszer valóban kellő hatékonysággal működhessen. Ezen túlmenően pedig szerettem volna rávilágítani azokra a kritikus területekre, ahol további részletes kutatásra van szükség.

VII. ÖSSZEFOGLALÁS, KONKLÚZIÓ

A dolgozat címe Miért olyan intelligens az intelligens hálózat? a munka elolvasása után kettős értelmet nyert. A tanulmányban megvizsgáltam egyik irányból, hogy valóban intelligens-e a smart grid, milyen előnyökkel járna a bevezetése, és ezek hogyan segíthetik elő a hosszú távú energetikai célkitűzések megvalósulását. Másik irányból pedig válaszokat kerestem arra a kérdésre, hogyan képes az okos hálózat ennyire intelligensen működni, mi áll ennek a hátterében, és milyen elvek mentén működik.

A rövid bevezetés és figyelemfelkeltés után bemutattam a rendszer működését. Szó esett az elgondolás gyakorlati megvalósulásának alappilléreiről, vagyis a fogyasztók hármas szerepköréről, ami áll a hagyományos fogyasztásból, de ezen felül kibővül a termelői és tárolási funkciókkal is. Másik mozgató rugó a dinamikus árazás kialakítása és az okos, valós idejű mérési rendszer megvalósulása. A rendszer hatékony működéséhez elengedhetetlen a fentiekről információval szolgáló adatok azonnali, kör-körös áramlása a rendszerben, ami egy a fogyasztókat és centrális termelőket összefogó és koordináló szereplő, a központi rendszerfelügyelet hatáskörébe tartozik.

A következő részben azt tekintetem át, hogy hogyan képes a smart grid elősegíteni a megújuló energiaforrások rendszer integrációját. Kiderült, hogy az okos hálózat többszörös visszacsatolások útján járul hozzá ennek a hosszú távú célnak a megvalósulásához. A

decentralizált energiatermelés megjelenésével ösztönzi az alternatív energiaforrások lakossági telepítését, a rendszerterhelés fluktuációjának csökkentésével és a lakossági energia tárolás bekapcsolásával a központi energiatermelésbe is könnyebben becsatlakozhatók a megújuló forrásokkal működő erőművek. Ezen elv továbbfejlesztése az úgy nevezett smart mobility, amelyben az elektromos autók is energiatárolási szerephez jutnak.

Ez után két külföldi tanulmány következett a dolgozatban. Az első az MERegion nevezetű, több évet átfogó, németországi kísérletsorozat, ami még napjainkban is tart. Ebben főként a rendszer működését vizsgálták. Fizikailag is kiépítésre került a smart grid, és az abban résztvevő vállalati és lakossági felhasználók fogyasztásbeli adatait elemezték egy referenciacsoport segítségével. Egyértelműen kimutatták, hogy az intelligens hálózatszerkezetben a rendszerterhelés kiegyenlítettebb, a fogyasztók reagálnak az árszintek változásaira, illetve az összes fogyasztás is csökkent néhány százalékkal.

A második kutatás, amit bemutattam a Consumer Acceptance nevet viseli, amely három országban vizsgálta a fogyasztók magatartását és smart griddel szembeni attitűdjét négy különböző bevezetést kommunikáló módszer segítségével. Ebben a projektben fizikailag nem került megvalósításra az okos hálózat, nem annak működését tanulmányozta, hanem a bevezetés lehetőségeit. Megállapítást nyert, hogy különböző célok eléréséhez máshogyan kell kommunikálni a fogyasztókkal. Ezen módszerek függvényében változott a részvételi arányszám, és a rendszer elfogadottsága is. A felmérés arra is rávilágított, hogy az országok között is létezhetnek attitűdbeli különbségek, így feltétlenül szükséges az átállás előtt az érintett ország szereplőire kiterjesztett kutatást végezni.

Ez után a rendszer egyik alappillérét, az árazást tekintettük át. Megvizsgáltam a lépcsőzetes bevezethetőség lehetőségeit, azt hogy milyen lépcsőfokon milyen cél elérése lehetséges és ezekhez hogyan alakítható ki egy hatékony árstruktúra. Felvázoltam a folyamatosan mozgó árazás logikai menetét úgy, hogy ezzel a rendszer önfenntartó módon, önkorrekciós tényező beépítésével automatikusan működhesen.

Majd végezetül a témában készült saját felmérésem eredményeit mutattam be, amely eddig még megválaszolatlan kérdésekre kereste a válaszokat. Számos összefüggésre világítottam rá a fogyasztók magatartását illetően. A válaszadók között száz magyar háztartást találhatunk, akiknek elemeztam a jelenlegi fogyasztási szokásait, felmértem a dinamikus árazással és okos méréssel szembeni várakozásait, és megvizsgáltam az okos mérők iránti kereslet alakulását. Ezen információk alapján megoldásokat kerestem az átállás minél egyszerűbb megvalósítására, és felvázoltam azokat a területeket, ahol további akciókra van szükség az energetikai hatékonyság növelése érdekében.

Összegezve tehát, a célom, hogy rávilágítsak, miért olyan intelligens az intelligens hálózat, a többszemponútú megközelítésnek köszönhetően megvalósult, bemutattam a smart grid működést, az emögött álló elméleti háttérét és megtaláltam a kapcsolódási pontokat a hosszú távú céljaink elérése és az okos hálózat bevezetése között.

Irodalomjegyzék

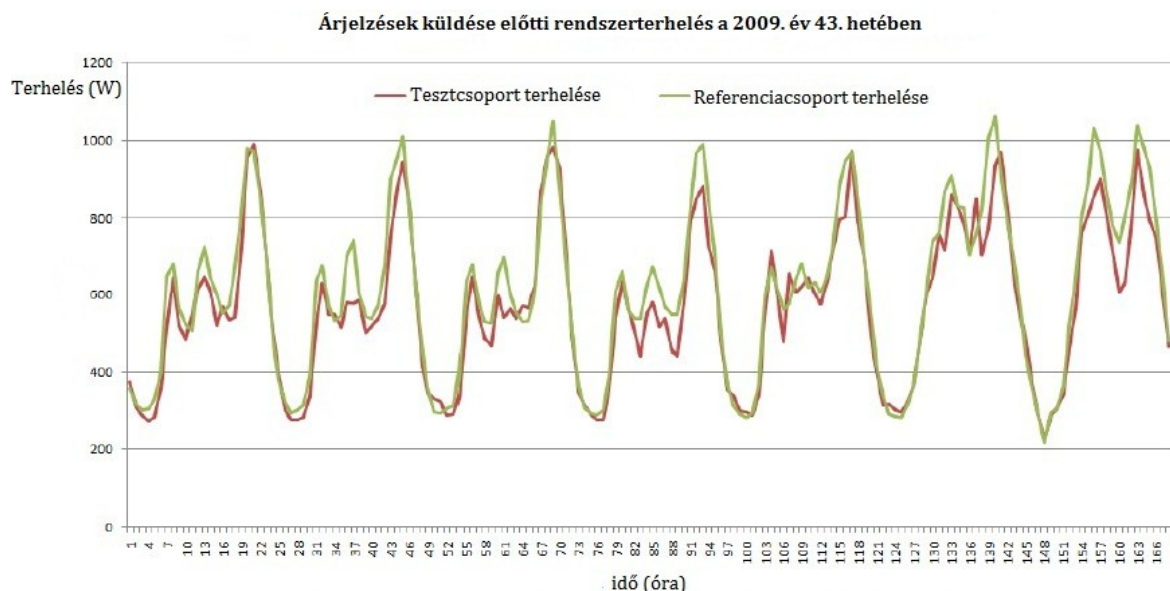
1. A. S. Abdul Rahim, M. A. Zariyawati, H. O. Mohd Shahwahid(2010) Short run and long run effects of the world crude oil prices on the Malaysian natural rubber and palm oil export prices, In: *Journal of US-China Public Administration* 7 (1) 34.-41. o
2. Adrian Clark; Chris Pavlovski(2010) Smart Grid Communications System Blueprint. In: *IAENG Transactions on Engineering Technologies*, 5 (Special Edition of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010) 494-508. o
3. Ali Reza Abbasi; Ali Reza Seifi(2010) The Basic Concepts of Smart Grid: Initiatives, Technologies, Characteristics, Standards and Solutions. In: *International Review on Modelling and Simulations (I.RE.MO.S.)*, 3 (1) 64-68. o
4. E.ON Hungária Zrt.(2012) „Okos mérés” együttműködés az E.ON és a Telekom között. In: http://www.eon-hungaria.com/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/2012/kozl_120209_2, 2012. február 9.
5. Geertje Schuitema, John Tøgersen, Madeleine B. Toft(2011) Consumer Acceptance of Playing an Active Role in the Smart Grid: A Three Countries Study. In: *Sustainable Consumption Hamburg 2011*, 2011. november 6-8.
6. Grayson Heffner(2011) Smart Grid-Smart Customer Policy Needs, Workshop Riport of International Energy Agency In: *Smart Grid-Smart Customer Policy Needs Workshop*, Washington DC., 2010. szeptember
7. Hartmut Schmeck(2011) Smart Grid und Elektromobilität – Herausforderungen und Potentiale für IKT , In: *Informatik Kolloquium, Ringvorlesung "Informatik zur Energieeffizienz"* , Oldenburg, 2011. december 15
8. Hellmuth Frey(2009) Lastmanagement mit intelligenten Tarifen. In: *Elektrotechnik & Informationstechnik*, 126 (10) 358-364. o
9. Központi Statisztikai Hivatal (2008) A Fenntartható Fejlődés Indikátorai 2008
10. Központi Statisztikai Hivatal (2009) Fosszilis és Nem Fosszilis Energiaforrások In: *Statisztikai Tükör* 3 (107)
11. Liz Varga(2011) Complexity Tools For Smart Grids: PCT And ABM Join Forces. In: *E:CO*, 13 (1-2) 57-70. o
12. Lutz Hillemacher, Anke Eßer-Frey, Wolf Fichtner(2011) Preis- und Effizienzsignale im MeRegio Smart Grid Feldtest – Simulationen und erste Ergebnisse, In: *Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien*, 2011. február 16-18.
13. Ryan Hledik(2009) How Green Is the Smart Grid? In: *The Electricity Journal* 22 (3)

29.-41. o

14. Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére
2008-2020

Mellékletek

Az 1-es melléklet az MERegion projektben résztvevő tesztcsoport és referenciacsoport egy hetes időtartamú rendszerterhelését mutatja be a dinamikus árazás kialakítása és a fogyasztási adatok küldése előtt.



1. melléklet

A 2. melléklet az MERegion referencia- és tesztcsoportja közötti relatív fogyasztási különbségeket mutatja a dinamikus árazás kialakítása és a fogyasztási adatok küldése előtt.



2. melléklet

Az 3. melléklet az általam készített kérdőíves felmérés kérdéseit és válaszlehetőségeit mutatja be, illetve az egyes kérdésekre adott válaszok százalékos eredményeit.

1, Mi az Ön háztartásában a főkereső foglalkozása?

(Az a személy, akinek a havi jövedelme a legmagasabb)

.....

2, Mennyi idős az ön háztartásában a főkereső?

18-25, 10%	25-35, 20%	35-50, 39%	50-65, 25%	65 felett, 6%
------------	------------	------------	------------	---------------

3, Ön milyen ingatlanban lakik?

lakás, 39%	társasház, 15%	családi ház, 44%	egyéb, 2%
------------	----------------	------------------	-----------

4, Önök mivel fűtenek otthon?

távfűtéssel, 18,98%	egyéni gázfűtéssel, 48,91%	szénnel, 5,11%	fával, 17,52%
elektromos árammal, 8,03% egyéb megújulóval, például napenergia, geotermikus energia, 1,46%			

5, Önök mire használják otthon az elektromos áramot?

Fűtésre, 2,92%	főzésre, sütésre, 13,38%	világításhoz, 24,09%	takarításhoz, 19,71%
szórakozáshoz, 20,92%		munkához, tanuláshoz, 18,98%	

6, Az Ön háztartásában körülbelül mekkora kiadást jelent havonta a villanyszámla kifizetése?

0-1500 Ft, 0%	1501-3000 Ft, 5,1%	3001-5000 Ft, 20,41%
5001-10000 Ft, 44,9%	10001-20000 Ft, 27,55%	20001 Ft felett, 2,04%

7, Ön véleménye szerint mennyire van tisztában azzal, hogy miből tevődik össze a villanyszámla, mennyit fogyaszt havonta és valójában miért kell fizetnie?

Sosem foglalkoztam vele, csak befizetjük a számlát, 20%

Tudom mennyit fogyasztok, de sosem értettem ezen kívül miből is áll a villanyszámla, 40%

Tudom milyen tételek után fizetek, de azt nem, hogy ezek pontosan mekkora összegek, 23%

Azt hiszem elég jól átlátom, tisztában vagyok a villanyszámlánk tartalmával, 17%

8, Hajlandó lenne esetleg áttérni egy dinamikus árazásra a villanyszámla fizetésénél? Azaz arra, hogy nem egységes tarifák alapján számolnák el a fogyasztást, árban eltérne egymástól a csúcsidőben történő és a holt időben történő fogyasztás. (Mint a telefonok percdíjainál)

Nem, semmi esetre, így aztán egyáltalán nem tudnám kiszámolni mennyit is kell majd fizetnem, 4%

Nem, mert az egységes árazás kényelmesebb, 9%

Nem, mert attól tartok igen magas lenne a számlám, 7%

Meggondolnám, attól függ, hogyan alakítanák ki az árszerkezetet, 52%

Igen, így spórolni tudnák azzal, hogy csúcsidőben nem fogyasztok annyit, 23%

Igen, mert ez mindenképpen igazságosabb árazás, 5%

9, Ön hajlandó lenne pénzt áldozni azért, hogy egy ilyen dinamikus árazásban vehessen részt?

Nem, még ha a szolgáltató fizetne nekem, akkor sem szeretnék, 15%

Nem, de ha ingyenes lenne az átállás esetleg belépnék ebbe a rendszerbe, 57%

Igen, egy kisebb összeget áldoznék rá, mert megtérülne, 27%

Igen, akár egy hosszabb távon megtérülő beruházásra is hajlandó lennék, 1%

10, Véleménye szerint az Ön háztartásában a jelenlegi körülmények között, azaz komoly beruházás nélkül lenne lehetőség áram spórolásra?

Nem, mi mindig nagyon ügyelünk, hogy a lehető legkevesebbet fogyasszuk, 22,02%

Talán ha egy kicsit jobban odafigyelnénk például az égve maradt lámpákra, 31,19%

Esetleg, ha az elektromos berendezéseket nem készenléti állapotban tartanánk, 30,28%

Igen, ha nem üzemelnének feleslegesen az elektromos berendezések, 10,09%

Csak komolyabb beruházás árán lenne rá lehetőség, például lecserélnénk a régi hűtőt, 6,42%

11, Milyen jellegű energiatakarékossági intézkedésre lennének hajlandóak?

Csak olyanra, ami olcsó és nem okoz nagy kényelmetlenséget, 50,51%

Hajlandó lennék egy kisebb befektetésre is, ha ezzel spórolhatok az árammal, de csak, ha nem jár kényelmi lemondásokkal, 43,43%

Akár egy nagyobb összeget is befektetnék, hiszen ezek a beruházások mindig megtérülnek,
6,06%

12, Ha hajlandó befektetni akár egy kisebb összeget is, melyik megoldást választaná a legszívesebben?

Saját megtakarításomból fizetném ki, 79,12%

Hitelt vennék fel rá, 0%

Szívesen részt vennék újfajta megoldásokban, például nem vásárolnám meg a készüléket, csak bérelném azt. 20,88%

13, Mi lenne az, ami miatt Ön szívesen beruházna az energia takarékoságba?

Ha azzal spórolni tudnák, vagy igen megemelkednének az energia árak, 49,69%

Ha azzal környezetkímélőbbé tehetném a háztartásomat, 36,65%

Ha azzal jobb képet alakíthatok ki magamról, 0%

Ha a környezetemben élők is így tennének, 5,59%

Ha ezzel példát mutathatnék másoknak, 8,07%

14, Ha lehetősége lenne meghatározott rendszerességgel ellenőrizni az energia fogyasztását és az az után fizetendő díjról információkat kapni, élne ezzel?

Nem, 6% igen, 94%

15, milyen időközönként venné szívesen ezeket az információkat?

havonta, 61,05% 2-3 hetente, 7,37% hetente, 9,47% egy héten 2-4-szer,

16, Ön szerint ezek az információk változtatnának a fogyasztási szokásain?

Nem hinném, már kialakultak a szokásaim, azokon nem szívesen változtatnék, 9,18%

Elképzelhető, hogy egy kicsit módosulna, 57,14%

Minden bizonnyal, ha látnám, hogy épp milyen sokat fogyasztok, az a fogyasztásom

csökkentésére ösztönöznék, 33,67%

17, Ön hajlandó lenne fizetni egy olyan mérőberendezésért, ami képes jelezni az aktuális elektromos áram fogyasztását és kikalkulálni az az után fizetendő díjat?

Nem erre nincs szükségem, én magam is el tudom ezt végezni, 18%

Ha olcsó lenne, maximum 1000–2000 Ft, akkor vásárolnék egy ilyet, 50%

Talán ha 2000-5000Ft között lenne az ára, még megérni, 29%

Akár drágábban is vennék, ez nagyon hasznos lenne, 3%

18, Ön szívesen venne tippeket, amelyek segítenek az energia felhasználása csökkentésében?

igen, 92,86%

nem, 7,14%

19, Ön hajlandó lenne részt venni egy kutatásban, ahol a háztartása villamos energia felhasználását egy berendezéssel folyamatosan mérnék?

igen, 57,58%

nem, 42,42%

3. melléklet