

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Visnovszky Lilla

A MIKROGRID KONCEPCIÓ, ÉS ANNAK RELEVANCIÁJA EGYETEMI ÉPÜLETEK ESETÉN

TDK dolgozat

KONZULENS

Dr. Hartmann Bálint

BUDAPEST, 2016

Tartalomjegyzék

Összefoglaló **4**

Abstract **5**

1 Microgridek **6**

1.1 A microgrid koncepció jelentősége [1] [3] 6

1.2 A microgrid felépítése és csoportosítása [3] 6

1.2.1 DC hálózat 7

1.2.2 AC hálózat 8

1.2.3 Elosztóhálózati energiatermelők 8

1.2.4 Energiatárolók [1] [3] 9

1.3 A microgrid kétféle üzemmódja [1] 9

1.3.1 Hálózathoz csatlakozva 9

1.3.2 Szigetüzemi működés 9

1.4 Energiamenedzsment rendszer (EMS) [2] 10

1.4.1 Elosztott energiatermelők 11

1.4.2 Energiatárolók 12

1.4.3 Szabályozható terhelések 12

1.4.4 Kritikus terhelések 13

1.4.5 Közös csatlakozási pont (PCC) 13

1.5 A microgrid energiamenedzsment rendszer funkcionalitása [2] 13

1.6 Microgrid energiamenedzsment-rendszer szerkezete és szabályozási filozófiája [2] 14

1.6.1 Centralizált microgrid EMS 14

1.6.2 Decentralizált microgrid EMS 15

1.6.3 Centralizált és decentralizált energiamenedzsment előnyei és hátrányai 17

1.7 Kihívások és lehetőségek a microgrid energiamenedzsment terén [2] [3] 18

1.7.1 Dinamikus energiaellátás 18

1.7.2 Megújuló energiaforrások 18

1.7.3 Egyéb bizonytalanságok 19

1.7.4 Kommunikációval szemben támasztott követelmények 19

1.8 Jövőben várható trendek a microgrid energiamenedzsment és szabályozás terén [2] [3] 20

2 Terhelésszámítás és fogyasztói profilok készítése 21
2.1 Egyidejűségi tényező 21
2.1.1 Főbb fogyasztók egyidejűségi tényezőinek megválasztása 21
2.2 Az épület kialakítása 22
2.3 Terhelésszámítás során kapott mértékadó teljesítmények 22
2.4 Fogyasztói profilok készítése 23
2.5 Fogyasztói profilok elemzése 29
2.5.1 Minimális és maximális terhelések, napközbeni ingadozás 29
2.5.2 Terhelés egyidejűsége a standard napelemes termelési profillal, méretezés . 32
3 Konklúzió 37
4 Irodalomjegyzék 38
5 Függelék 39

Összefoglaló

A microgridek olyan elosztóhálózati rendszerek, amelyek szabályozható terheléseket, elosztott energiatermelőket, valamint energiatárolókat alkalmaznak. A hálózat működése szabályozott és koordinált, szigetüzemben és az egész villamosenergia-rendszerhez kapcsoltan (szinkron üzemben) is. Tipikus microgrid termelők a fosszilis vagy biomassza tüzelésű kapcsolt energiatermelők (CHP), a fotovillamos rendszerek, a kisebb teljesítményű szélturbinák, illetve a kisebb vízerőművek. Az elosztott energiatermelés és ennek szabályozása egy nagyobb energiaigényű irodaház vagy egyetemi épület esetében is fontos kérdéskör.

A dolgozat a microgrid alkalmazási lehetőségeiről szól, valamint tárgyalja a microgrid koncepció műszaki feltételeit egy egyetemi épület esetében. A téma kapcsán számos releváns probléma vetődik fel, mint például a fogyasztók által felvett teljesítmény csökkentésére való törekvés, a fogyasztói energiafelvétel átütemezése, az energiatermelők és energiatárolók megfelelő kiválasztása, a napelemek tájolásának igazítása a terhelési görbe alapján és az elektromos autók visszatáplálása.

A vizsgált épület alapján kialakítandó peremfeltételekhez szükség van termelési profilokra, az épület szintenként időfüggvénnyé összesített fogyasztásainak elemzésére, a jellemző napi csúcsok vizsgálatára és a fogyasztói berendezések csoportosítására.

A fogyasztókat osztályozhatjuk aszerint, hogy ipari vagy lakossági jellegű terhelési görbéjük van. Az egyetemi épület esetében a laborokat kezeltük ipari fogyasztóként, minden más esetben lakossági jellegű fogyasztást feltételezhetünk. További csoportosítási lehetőség a fogyasztói berendezések esetében, hogy például ki- vagy bekapcsolható, esetleg dimmelhető-e a berendezés, illetve fontos kiválasztani azokat a fogyasztókat is, amelyek működése elengedhetetlen egy esetleges vészhelyzet vagy hálózati kimaradás esetében.

A vizsgálatok szignifikáns része a V1 egyetemi épület tervei alapján készített szintenkénti terhelésszámítások, az ezek alapján készült fogyasztói profilok, valamint a termelési profilok összevetése és elemzése.

Abstract

Microgrids are electricity distribution systems containing controllable loads, distributed energy resources and storage devices. They can be operated in a controlled way either while islanded or while connected to the main power network (in synchronous operation). Typical microgrid energy sources are e.g. fossil or biomass-fired small-scale combined heat and power (CHP), photovoltaic (PV) systems, small wind turbines and mini-hydro systems. The control of distributed energy sources –especially in the case of business centers and university buildings where the energy demand is considerable – is an important issue.

The study is about introduction and use of microgrids, boundary conditions of microgrid conception for a university building. Inquiring into microgrids several relevant problems arise, e.g. load reduction, rescheduling of loads, selection of the appropriate energy sources and storages, orientation of solar power plants based on loading conditions, and vehicle-to-grid application of electric cars.

For the boundary conditions based on the examined building it is necessary to create production profiles, examine the load by each floor and the daily peaks, classify the consumers.

The significant part of the examinations are load calculations for building V1 of Budapest University of Technology and Economics by floor, and also comparison of load profiles and production profiles.

1 Microgridek

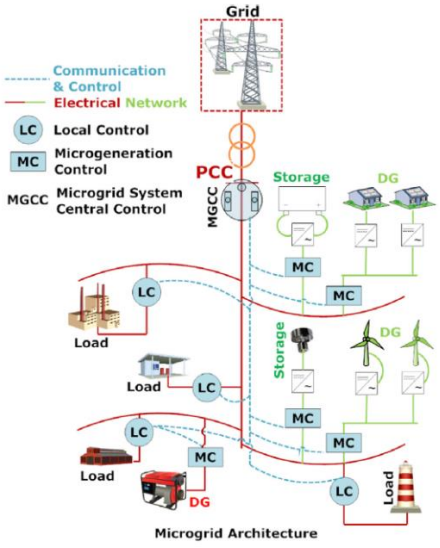
1.1 A microgrid koncepció jelentősége [1] [3]

Napjainkban egyre nagyobb a kereslet a környezetbarát, minőségi, megbízható és megfizethető villamos energia iránt. A microgrid koncepció arra törekszik, hogy innovatív, gazdaságos és környezetkímélő megoldást nyújtson a villamos energia előállítása, tárolása, elosztása, illetve felhasználása terén. Az elgondolás megvalósításához az összefoglalóban említett megújuló energiaforrásokat, kapcsolt energiatermelőket, különböző típusú energiatárolókat és szabályozható terheléseket alkalmaznak.

A microgridnek számos előnye van a hagyományos alkalmazásokkal szemben, mint például a kedvezőbb energiahatékonyság, az összfogyasztás minimalizálása, csökkentett környezeti hatások, az ellátásbiztonság növelése, hálózatüzemeltetési előnyök (veszteségek csökkentése, feszültségszabályozás).

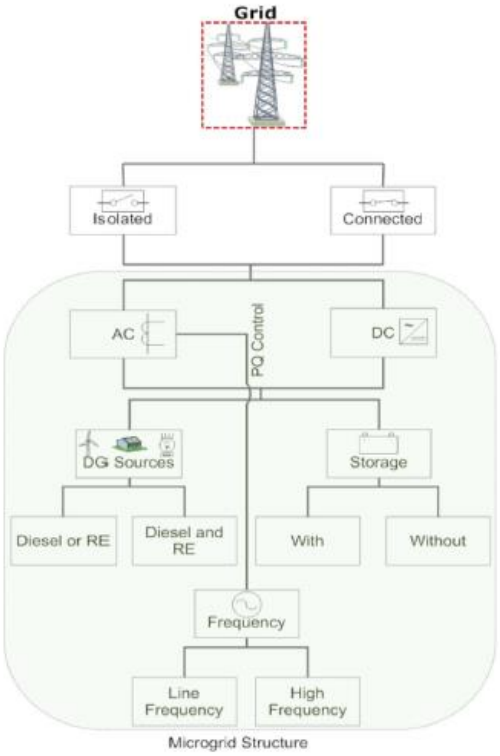
1.2 A microgrid felépítése és csoportosítása [3]

A microgrid négy részből áll: az elosztóhálózatból, az energiatermelőkből, az energiatárolókból, valamint a szabályozáshoz és kommunikációhoz szükséges modulokból.



1. Ábra:A microgrid felépítése [3]

A microgrid lehet hálózatra csatlakoztatott vagy szigetüzemi működésű, továbbá működhet AC vagy DC elosztóhálózatként. Az AC és a DC microgrid további három részre osztható az energiatermelők alapján: teljesen konvencionális, részben megújuló, illetve kizárólag megújuló energiaforrásokat magába foglaló hálózat. Az AC és a DC rendszer esetében is szoktak alkalmazni energiatároló egységeket. Az AC microgrid tovább is csoportosítható hálózati vagy nagyfrekvenciás (tipikusan 500 Hz-es) AC microgrid rendszerre.



2. Ábra: A microgrid csoportosítása [3]

1.2.1 DC hálózat

A jövőben egyre relevánsabbá válik a DC microgridek kutatása, mivel a legtöbb energiatermelő a microgrideben DC teljesítményt termel, és ezáltal a DC elosztó hálózatnak kisebb mértékű teljesítményminőségi problémája adódik.

Ha a megtermelt DC teljesítményt nem kell átalakítani AC-ra, csak a hálózathoz való csatlakozáshoz szükséges egy inverter. Ezzel a költségek és a rendszer veszteségei is csökkennek.

A DC microgridek kísérleti eredményei azt mutatják, hogy köráramok és áram-felharmonikusok sem jelennek meg.

1.2.2 AC hálózat

Az AC microgrid hálózatok általában hálózati frekvencián üzemelnek. A megtermelt DC teljesítményt 50 Hz-es AC teljesítménnyé konvertálják.

A nagyfrekvenciás AC microgridek alkalmazása egy új koncepció, ami még fejlesztés alatt áll. A megtermelt teljesítményt nagyfrekvenciás (tipikusan 500 Hz-es) AC teljesítménnyé konvertálják, majd a fogyasztói oldalon 50 Hz-es váltakozó áramot állítanak elő egy AC/AC konverter segítségével.

A nagyobb frekvencia miatt a nagyfrekvenciás microgrid esetében a szolgáltatás minősége nő, mert a magasabb számú felharmonikusokat könnyebb kiszűrni. Továbbá a hatásfoka is kedvezőbb, mert a koncepció a harmonikus lüktető áramokat is csökkenteni tudja a villamos gépekben. A nagyfrekvenciás AC microgrid a fényforrások hatásfokát és világosságát is növelni tudja. Szintén előnyt jelent, hogy a nagyfrekvenciás alkalmazásnál a transzformátorok és egyéb passzív áramköri elemek méretei kisebbek.

Azonban a nagyfrekvenciás alkalmazásnak is vannak hátrányai, például növeli a hálózat reaktanciáját és a veszteséget, nagymértékű feszültségesést okoz, és a szabályozó egységek komplexebbek.

1.2.3 Elosztóhálózati energiatermelők

A microgrideknél legtöbbször alkalmazott elosztott energiatermelők közé tartozik a szélerőmű, naperőmű, micro vízerőmű, dízel-és biogáz erőművek. A következő alfejezet a fotovillamos rendszereket tárgyalja, mivel a későbbi vizsgálataim is erre a megújuló energiatermelőre fókuszálnak.

1.2.3.1 Fotovillamos (PV) rendszerek

A fotovillamos rendszerek termelése jelentősen függ a földrajzi elhelyezkedésüktől, illetve a meteorológiai tényezőktől, mint például a globális sugárzás, a felhők mozgása, és a hőmérséklet. Ezen kívül a termelésre hatással van a PV modulok hatásfoka, a DC/DC konverterek és az inverterek együttes szabályozási mechanizmusa.

A besugárzás és a felhősödés jelentős szerepet játszik a feszültségzavarok kialakulásában, ami lecsatlakoztathatja az invertert a hálózatról, és ennek következtében az energiaszolgáltatásban kiesést is előidézhet.

1.2.4 Energiatárolók [1] [3]

Az energiatárolók a teljesítményegyensúly megteremtésében játszanak nagy szerepet. Az eltárolt energiát a hálózat kimaradásakor a kitüntetett fogyasztóknak biztosítani tudja. Normál üzemben a rendszer ellátja a fogyasztókat, esetleg visszatáplál. Eközben az energiatároló egységet mindig teljesen feltöltve tartja. Egy hálózati kimaradás esetén a vezérlő egységek észlelik a hibát, és a rendszer az energiatárolóból származó energiával ellátja a kitüntetett fogyasztókat. Továbbá a hálózatra csatlakozott és szigetüzem mód között biztosítani tudja az ahhoz szükséges kezdeti energiát.

Az energiatárolóknak számos típusa létezik, például üzemanyagcella, szuperkapacitás, lendkerék, és akkumulátor.

1.3 A microgrid kétféle üzemmódja [1]

Két fontos üzemeltetési módot különböztethetünk meg microgridek esetében, az egyik a hálózathoz csatlakoztatott, a másik a szigetüzemi mód.

1.3.1 Hálózathoz csatlakozva

Amikor a microgrid hálózathoz csatlakoztatott módban üzemel, a termelő és energiatároló egységek a terheléselosztás célértéke alapján termelnek, illetve tárolják az energiát, melyet a microgrid felügyeleti szabályozó (controller) határoz meg a megfelelő hatásos és meddő teljesítmény érdekében.

Az elosztott energiatermelők részt vehetnek a feszültségszabályozásban, és/vagy a meddőkompenzálásban is.

Hálózatra csatlakoztatott üzemmódban egy energiatároló egység esetében követelmény egy bizonyos töltöttségi szint megléte, (State of Charge, SOC) annak érdekében, hogy elegendő tartalék kapacitás álljon rendelkezésre nem tervezett szigetüzemi mód esetére. Az energiatároló fennmaradó kapacitása (az SOC-n túl) pedig megújuló termelés simítására, csúcslevágásra vagy egyéb energiamenedzsmenthez tartozó szabályozásra is használható.

1.3.2 Szigetüzemi működés

Szigetüzemi működés során a termelő és energiatároló egységek részt vehetnek a feszültség-és frekvenciaszabályozásban, más termelő és energiatároló egységek pedig a terheléselosztás célértéke szerint működnek. Különösen szigetüzemi működés során a

maximális termelés behatárolt, amit a microgrid szabályozás teljesítménycsökkentési tervezete által valósítanak meg.

A szigetüzemi működés során számos szabályozási lehetőség adódik:

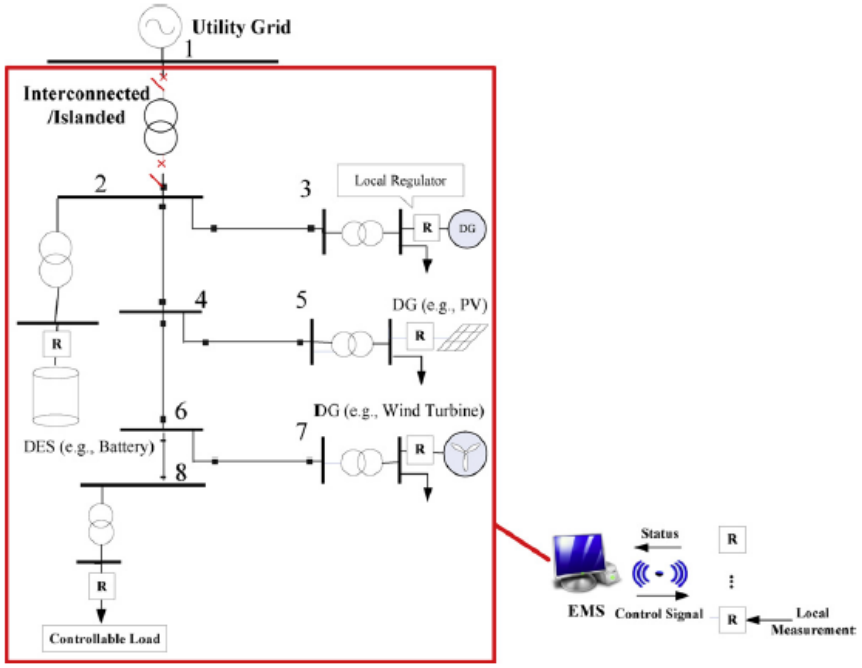
- sziget kialakításának detektálása, és zökkenőmentes átállás szigetüzemre
- black start és hideg erőművi egységek terhelésfelvételére való képesség rendszer helyreállítás esetén
- terheléskövetés a gyors válaszhoz fogyasztás megváltozása és meddő teljesítmény hiány esetén (motorok)
- teljesítményegyensúly fenntartása normál vagy lehetséges forgatókönyvhöz
- újraszinkronizációs képesség hálózathelyreállítás után

Megjegyzendő, hogy a konvencionális elosztóhálózati rendszerek esetén a szigetüzemi működést a gyakorlatban nem alkalmazzák biztonsági megfontolásokból és hardware-es korlátozások miatt. Napjainkban a fejlett teljesítményelektronikai eszközök segítségével a microgridben megvalósítható a kétirányú kommunikáció, a kapcsolási funkciók, a védelmi relék működtetése, a mérés, a digitális jelfeldolgozás, a kétirányú teljesítményáramlás, és a magas szintű számítási képesség. A csatlakozáshoz használt switch kompatibilis szigetüzem és újraszinkronizálás megvalósítására különböző működési állapotok esetében is. [2]

1.4 Energiamenedzsment rendszer (EMS) [2]

A microgridekben használt EMS egy olyan szabályozásra használt software, ami optimálisan határozza meg az energiatermelők esetében a megtermelt teljesítményt, lehetővé teszi a fogyasztók gazdaságos kiszolgálását, automatikusan engedélyezi a rendszernek az újraszinkronizációs válaszát a hálózathoz csatlakozott és a szigetüzemi működés között, a microgrid egységek valós idejű működési állapotait figyelembe véve.

Általános esetben az EMS többféle energiatermelőt, energiatárolót, és terhelést működtet, valamint szabályoz annak érdekében, hogy költséghatékony módon biztosítani tudja a magas színvonalú, megbízható, fenntartható, és környezetbarát energiát.



3. Ábra: A microgrid szabályozási hierarchiája [2]

1.4.1 Elosztott energiatermelők

Az elosztott energiatermelők általában kisebb beépített teljesítményűek (például kW-os nagyságrendűek), és közvetlenül az elosztóhálózathoz csatlakoznak. Ezzel ellentétben a konvencionális energiatermelők MW-os nagyságrendű teljesítményt állítanak elő, és a nagyfeszültségű átviteli hálózathoz vagy a KÖF hálózathoz csatlakoznak.

Vannak olyan energiatermelők, melyeket a végfelhasználók közelében telepítettek. Ilyenek például a CHP egységek, amik villamos energiát és hőt egyaránt termelnek. Ezen kapcsolt energiatermelők hatásfoka elérheti a 80-85%-ot is, ezzel szemben a hagyományos nagy energiatermelők hatásfoka maximum 35%, és jelentős mértékű a veszteségük. CHP rendszerek nélkül a microgridek kevésbé lennének hatékonyak.

A megújuló energiaforrások, mint például a szélerőművek és a naperőművek termelése rendkívül sztochasztikus, megnehezítve ezzel a szabályozást.

A tüzelőanyag-alapú energiatermelők, mint például a mikro gázturbinák és a dízel generátorok a működési költségeik szerint szintén használhatók elosztott energiatermelésre.

Egy hatékony microgrid EMS-hez szükséges meghatározni az optimális menetrendet, azaz, hogy az energiatermelők mikor, mennyi villamos energiát termeljenek. A menetrend meghatározása függ a tüzelőanyag aktuális piaci árától, a hő-és

villamosenergia-igénytől, és attól, hogy mely fogyasztók élveznek előnyt a kiszolgálás szempontjából. Fontos megjegyezni azt is, hogy a hő-és villamosenergia-igény nem feltétlenül ugyanabban az időben keletkezik, ezért a microgrid koncepciónál a szabályozási algoritmusban ezt is figyelembe kell venni.

1.4.2 Energiatárolók

Az elosztó hálózaton alkalmazott energiatárolók költséghatékonnyá tehetik a microgrideket azáltal, hogy eltárolják az energiát, ha az olcsóbb, vagy ha a microgrid energiatermelés során felesleg keletkezik. Az energiatárolók völgyidőszakban is működtethetők. Az energiatárolók részletes működését a beépített helyi szabályozók határozzák meg, míg a microgrid szintű EMS azért felelős, hogy az eltárolt energiát mikor és milyen mennyiségben veszi igénybe a rendszer.

Az energiatárolók kapcsán az energiamenedzsment attól függ, hogy milyen működési módban van a microgrid. Szigetüzem esetén az energiatárolók energiát biztosíthatnak a végfelhasználóknak vagy fenntarthatják a rendszerbiztonságot. Hálózathoz csatlakozva az energiatárolók az elosztott energiatermelők stabil energiatermeléséért felelősek, és az alacsony költségű energiát tárolják el, ha lehetséges.

1.4.3 Szabályozható terhelések

A szabályozható terhelések esetében az energiafelhasználás valós idejű célértékek alapján szabályozható. Hagyományos elosztóhálózat esetében a fogyasztóknak sokkal kisebb flexibilitása van, azaz kevésbé tudnak részt venni az energiapiac működésében. A szabályozható terhelésekhez kapcsolódik a kereslet oldali menedzsment (demand-side management (DSM)). Például vannak olyan épületek, melyekben a hő-és villamosenergia-igényt úgy állítják be, hogy az energiafelhasználás költsége minimális legyen, ugyanakkor a fogyasztók elvárt kényelmi szintje továbbra is megmaradjon. Egyre több épület van felszerelve ilyen szabályozó berendezésekkel, melyek a microgrid energiamenedzsmentjéhez könnyen kapcsolódhatnak. Másik ilyen szabályozható terheléscsoport a világítás szabályozása.

Az elektromos autók olyan fogyasztók, melyek a microgridben számos bizonytalanságot okozhatnak, ugyanakkor kihasználható a visszatáplálási képességük is, ami természetesen bonyolultabbá teszi az EMS működését.

1.4.4 Kritikus terhelések

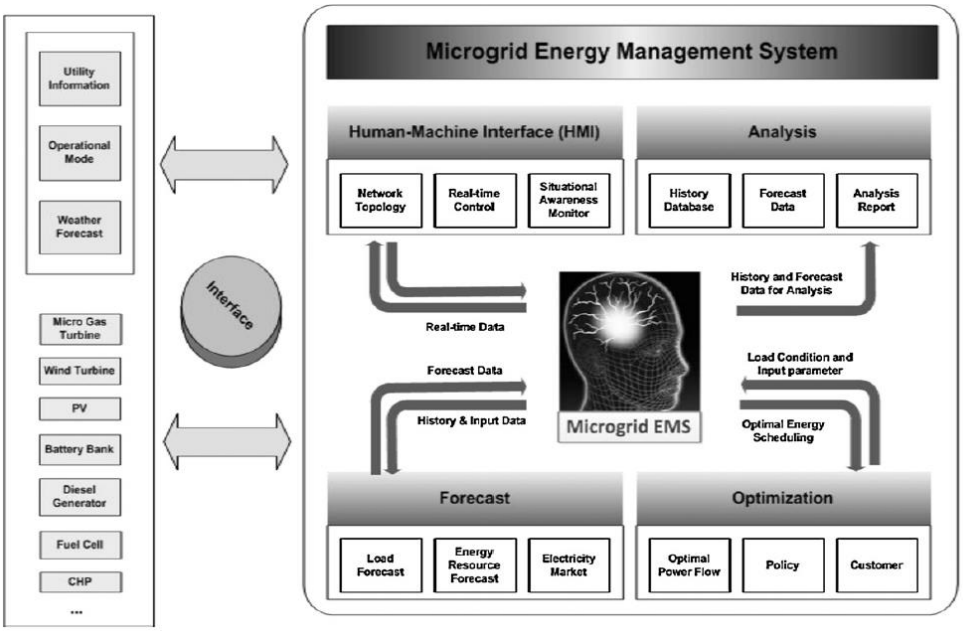
A microgridek esetében beszélhetünk szabályozható és kritikus terhelésekről. Normál működés esetében az energiatermelő és energiatároló egységek annyi kritikus fogyasztót szolgálnak ki, amennyit csak lehetséges. Ha a microgrid lecsatlakozik a fő hálózatról, nem minden microgrid fogyasztó látható el. Annak érdekében, hogy az energiaellátás megbízhatósága és elérhetősége megmaradjon, a nem kritikus (például szabályozható) fogyasztók közül le kell csatlakoztatni néhányat a microgrid hálózatról.

1.4.5 Közös csatlakozási pont (PCC)

A PCC az a pont, ahol az energiatermelés, az elosztóhálózat, és a fogyasztói interfész találkozik.

1.5 A microgrid energiamenedzsment rendszer funkcionalitása [2]

A microgrid az elosztó hálózat egy kisebb egysége, ami összeköttetésben áll az egész elosztóhálózattal egy csatlakozási switch által. A microgrid EMS feladata, hogy monitorozza a működési állapotokat, és az optimális (az elosztott energiatermelőktől és energiatárolóktól származó) elosztott energiát annak érdekében, hogy ki tudja szolgálni a szabályozható és kritikus fogyasztókat. A 4. ábra az EMS szerepét mutatja egy microgrid esetében:



4. Ábra: Microgrid energiamenedzsment illusztrálása [2]

A microgrid EMS a kapott prognosztizált terhelési és energiatermelési adatokat, a fogyasztói információkat és igényeket, az irányelveket, és az energiapiac információit használja fel a megfelelő szabályozás meghatározásához, ami figyelembe veszi a teljesítményáramlást, a villamosenergia-vásárlást, a terheléselosztást, valamint az energiatermelő-és tároló egységek menetrendjét. Számos EMS software ismert a gyakorlatban.

1.6 Microgrid energiamenedzsment-rendszer szerkezete és szabályozási filozófiája [2]

1.6.1 Centralizált microgrid EMS

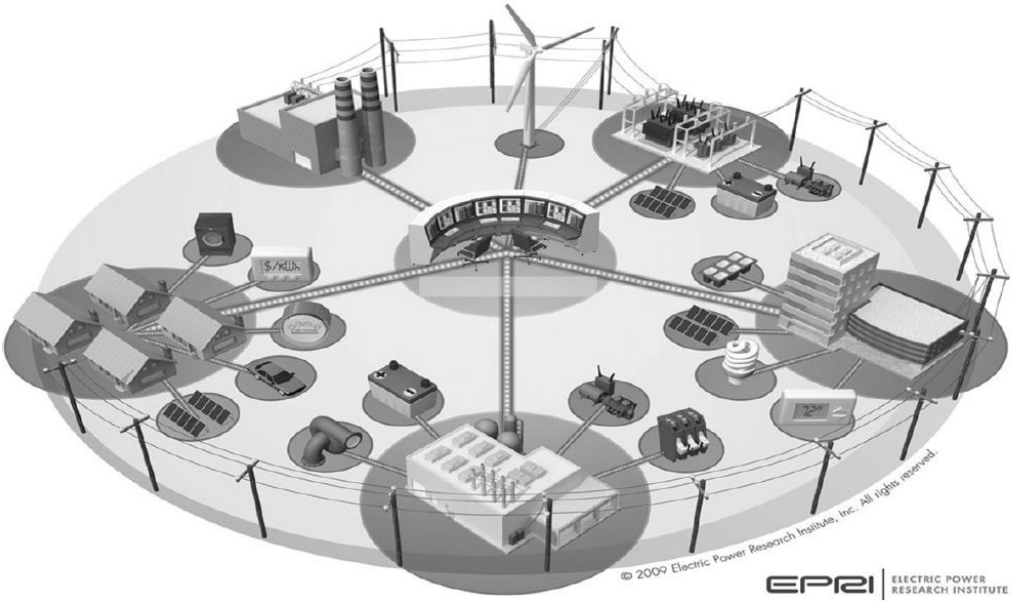
Az energiamenedzsment és szabályozás perspektívájából a microgrid három hierarchikus szintből áll. Elosztóhálózati operátor (distribution network operator, DNO) és piac operátor (market operator, MO), microgid központi szabályozó (microgrid central controller, MGCC), és helyi szabályozók (local controllers, LCs). Az MO felelős a microgrid és a villamosenergia-piac információcseréjéért. A DNO egy magas szintű menedzsment rendszer, ami valós idejű információkat és működési parancsokat aggregál a microgridek és az elosztóhálózat között. Az MGCC egy átjáróként szolgál a DNO/MO és az LCs-ek között a microgridben. Ideálisan a microgrid EMS egy információs és szabályozási központ az MGCC-be ágyazva.

Az MGCC-nek alapvetően két funkciója van. Először is, az MGCC-nek kétirányú kommunikációja van a DNO-val és az MO-val, hogy a szolgáltatási követelményekkel találkozzon, (mint például a villamosenergia-szolgáltatás, és a kisegítő szolgáltatások ellátása), valamint részt vegyen energiapiac működésében (például ajánlattétel). Az MGCC monitorozza a rendszer működési állapotait, válaszol a zavarokra, és kapcsolja vagy újraszinkronizálja a microgrid működési módokat (például hálózathoz csatlakoztatott vagy szigetüzemi működés). Másodsorban az MGCC információkat és kéréseket kap a microgrid LGC-itől. Megkapva a DNO-tól és az MO-tól a rendszer célértékeit, az MGCC döntést hoz arról, hogy hogyan ossza el megfelelően a teljesítményt az energiatermelő és energiatároló egységek között, egy bizonyos módszer alapján (például veszteség- vagy költségminimalizálás, vagy profitmaximalizálás). Ezután az MGCC visszaküldi a szabályozási jeleket és az elvárt menetrendet a teljesítmény kapcsán a megfelelő energiatermelőknek. A menetrend elkészítése során

figyelembe kell venni a tartalékokra vonatkozó követelményeket, a megújuló energiaforrások bizonytalan termelését, és a termelő-és tároló egységek fizikai kényszereit, mint például a maximális teljesítmény.

A centralizált EMS esetében az MGCC számításigény szempontjából rendkívül erős, annak érdekében, hogy számos valós idejű adatot fel tudjon dolgozni időben, minden energiatermelő-és tároló, valamint terhelés esetében. Fontos a megbízható kétirányú kommunikációs infrastruktúra megléte is.

A centralizált microgrid energiamenedzsment rengeteg előnnyel jár, mint például a könnyű implementálás és a szabvány eljárás. Azonban, ha a szabályozó eszközök száma jelentősen megnő, a kommunikációs hálózat kapacitásához kapcsolódó magas szintű követelmények, és a számítási igény növekedése nehézséget jelent a centralizált esetben.



5. Ábra: Centralizált microgrid EMS [2]

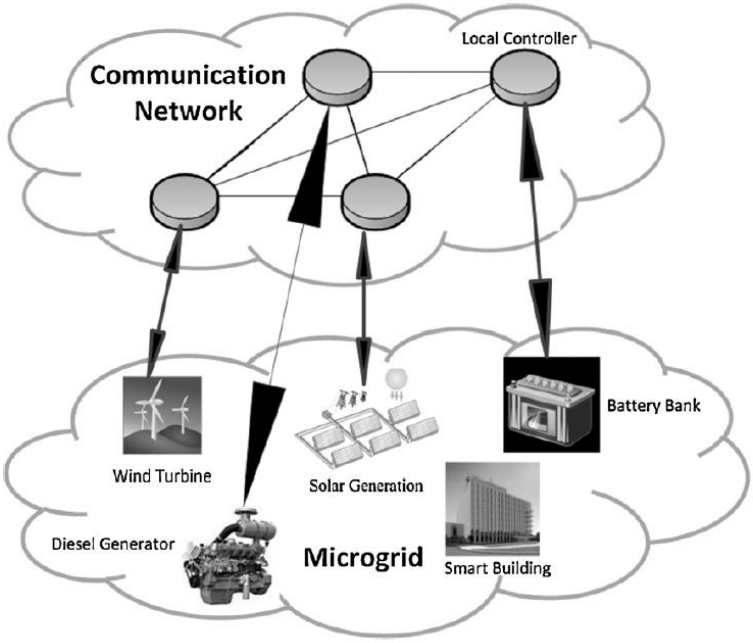
1.6.2 Decentralizált microgrid EMS

Decentralizált esetben minden microgrid komponens egy vagy több helyi szabályozó által irányított. Minden LC monitorozza és kommunikál a többi LC-vel a kommunikációs hálózaton keresztül. A helyi szabályozó egységek elég intelligensek ahhoz, hogy működési döntéseket hozzanak maguktól anélkül, hogy megkapnák a szabályozó jeleket a „master” egységtől, mint ahogy az a centralizált EMS-nél szokásos.

Ezután a LC-k megosztják egymás között az információkat a szomszédos egységekkel, hogy konszenzusra jussanak.

Mivel csak a szomszédos LC-k között folyik kommunikáció, sokkal kisebb a szállított információ mennyisége, szemben a centralizált esettel. A számítások szintén helyi szinten történnek, hiszen a LC-nek helyi szinten kell döntéseket hoznia. A LC így többé nem tartozik az MGCC-hez az optimális teljesítmény meghatározása kapcsán. Ennélfogva ez a struktúra szignifikánsan lecsökkenti a számítási igényt. Azonban az MGCC-nek még mindig fontos szerepe van az energiamenedzsmentben. Például az energiamenedzsment által az energiaárakra vonatkozó, a DNO és az MO között információcsere lehetővé teszi, hogy az MGCC átvegye az irányítást a helyi szabályozó egységektől rendszerszinten történő komoly esetekben és eszközmeghibásodásokkor.

A decentralizált energiamenedzsmentnél az MGCC hibája esetén a rendszer nagy része még működőképes maradhat, ami nagy előnyt jelent a centralizált EMS-hez képest. Azonban a helyi szabályozóknak sokkal több az önállóságuk, ezáltal üzembiztonsági szempontból sebezhetőbbek is, cyber és fizikai támadások tekintetében egyaránt, amit sokkal nehezebb detektálni és elhárítani. A megfelelő működéshez elengedhetetlen a sikeres kommunikáció a helyi egységek és szomszédaik között. A sérült kommunikációs topológiát pedig elővigyázatosan kell vizsgálni.



6. Ábra: Decentralizált microgrid EMS [2]

1.6.3 Centralizált és decentralizált energiamenedzsment előnyei és hátrányai

A [2] forrás alapján készített 1. táblázat tartalmazza a két típusú EMS rendszer — az előző fejezetekben részben érintett — előnyeit és hátrányait.

1. Táblázat: Centralizált és decentralizált EMS előnyei és hátrányai

	Előny	Hátrány
Centralizált szabályozás	könnyű implementálhatóság	számítási kapacitás szempontjából megterhelő
	könnyű karbantartás	megköveteli a nagy sávszélességet
	relatív kis költség	egy pontból származó hibaforrás
	széles körben használt és működtetett	nem könnyű kiterjeszteni
	széles körű szabályozás az egész rendszer felett	gyenge plug-and-play funkcionalitás
Decentralizált szabályozás	könnyű plug-and-play funkció (könnyű kiterjesztés)	szinkronizációra van szükség
	alacsony számítási költségek	sok időt vehet el a helyi egységek konszenzusra jutása
	elkerülhető az egy pontból származó hiba kialakulása	hibaterjedés gyorsasága
	alkalmas nagyobb, komplexebb, heterogén rendszerekhez	a meglévő szabályozó és kommunikációs egységek korszerűsítési költségei
		új kommunikációs struktúrára van szükség

1.7 Kihívások és lehetőségek a microgrid energiamenedzsment terén [2] [3]

1.7.1 Dinamikus energiaellátás

A microgridet dinamikus topológia és számos heterogén komponens (például vegyes termelői összetétel) jelenléte jellemzi. A microgrid egy kiemelkedő tulajdonsága a komponensek képessége a plug-and-play funkcióra. A plug-and-play lehetővé teszi az energiaforrások és energiatároló egységek számára a csatlakozást a microgridhez bárhol és bármikor. Mivel általában a legtöbb termelő és tároló egység a microgriden belül helyi tulajdonban van, egy bizonyos mértékig a fogyasztók függetlenek lehetnek a hagyományos villamosenergia-szolgáltatástól. A fogyasztók tehát az energiatermelő-és tároló egységeket optimálisan működtethetik, kiszolgálják a saját fogyasztói igényeiket, vagy visszatáplálnak a hálózatra, a villamosenergia-piaci árakat is figyelembe véve. A plug-and-play funkcionalitás a kulcsa a microgrid flexibilitásának. A microgridek képesek a gyors újrakonfigurálásra is az energiamenedzsment sémájának újratervezése nélkül.

A szabályozható terhelések szintén fontos szerepet játszanak a microgrid működésében. A terhelés átütemezésére vagy korlátozására való képesség növelheti az energiaellátás megbízhatóságát, különösen a kritikus fogyasztókra nézve. Továbbá elektromos autók elterjedése is hozzájárul a szabályozható terhelések növekedéséhez. A fogyasztók bármikor tölthetik az elektromos autókat, de az EMS központi/ koordinált jelei segítségével a töltés átütemezhető például a csúcsidőszakról a völgyidőszakra, vagy akár a hálózatra történő visszatáplálás is kihasználható.

1.7.2 Megújuló energiaforrások

A microgridek lehetőséget teremtenek a megújuló energiaforrások hatékonyabb kihasználására. A sztochasztikus viselkedésű megújuló energiatermelők, mint például a naperőművek és a szélerőművek megnehezítik a microgrid működését. A termelés változékonyságával és bizonytalanságával mindenképp számolni kell a microgrid EMS tervezésénél.

1.7.3 Egyéb bizonytalanságok

A szabályozható terhelések növekedése a terhelés előrejelzése kapcsán egyre nagyobb kihívást jelent. Általános esetben a terhelési profilok az idő, illetve az évszak függvényében változnak. Azonban a microgrid szabályozható terheléseinek egyedisége miatt az EMS rendszerben ez az általános és megszokott profil alapú terheléselőrejelzés nem használható. Emiatt a tervezésnél nemcsak időbeli, hanem térbeli szinten is gondolni kell a terhelések szabályozására, ugyanis a fogyasztó több helyen (például elektromos autók esetében garázstöltők és nyilvános utcai töltők), és különböző időpontokban veheti igénybe az energiaszolgáltatást.

1.7.4 Kommunikációval szemben támasztott követelmények

A kétirányú kommunikáció és teljesítményáramlás a microgridek szempontjából rendkívül fontos. A sikeres EMS-hez szükség van egy olyan kommunikációs infrastruktúrára, ami szabályozó jeleket tud továbbítani és a megfelelő egység visszacsatolást tud kapni az egységek állapotáról. A kommunikáció megbízhatóságára hatással vannak a lehetséges hibák, mint például az időtúllépés általi hibák és a hálózati hibák.

A kommunikációs protokollok kompatibilitása szintén fontos kérdés a kommunikáció kapcsán. Ezek a protokollok a megbízhatóság, üzembiztonság és a kétirányú kommunikáció követelményeit is teljesíteni tudják. Mióta a helyi kommunikációs csomópontok kommunikálnak egymással és a microgrid EMS-sel is, a különböző kommunikációs technológiák és a protokollok kompatibilitása kritikus.

A kommunikációval szemben támasztott általános követelmények mellett a biztonság szintén fontos a microgrid EMS implementálásakor. A hagyományos villamosenergia-hálózati kommunikációval ellentétben a microgrid esetében egyre többször jelennek vezeték nélküli kommunikációs technológiák, amihez természetesen egyedi biztonsági intézkedések kapcsolódnak.

A leggyakrabban használt kommunikációs rendszerek a microgridek esetében a GSM, GPRS, a 3 G, a PLC, a WiMax és a ZigBee.

1.8 Jövőben várható trendek a microgrid energiamenedzsment és szabályozás terén [2] [3]

A microgrid energiamenedzsment mindkét szerkezeti felépítésének kiválasztása mellett rengeteg érv és ellenérv szól, ahogy azt az 1.6.3-as fejezetben az 1. táblázatban is bemutattam. Az előnyök kihasználásához a két struktúra egyidejű alkalmazása is elképzelhető a jövőben.

A kommunikációs csatorna fejlesztése fontos annak érdekében, hogy a microgrid rendszerben megtermelt teljesítmény kisegítő betáplálásként szolgálhasson a fő hálózat számára. A kommunikációs csatorna fejlesztésénél cél az alacsony költség és a megbízhatóság.

Az információáramlás a microgriden belül egyre több cyber támadásnak is ki lehet téve. Ennek elkerülése érdekében egy robosztus EMS rendszerre van szükség, ami rendelkezik behatolás elleni védelemmel, tűzfallal, hozzáférhetőség-ellenőrzéssel, adattitkosítással.

A következő generációs monitoring és szabályozási rendszerrel szemben támasztott követelmény, hogy kifinomultabb legyen, hogy a rendszerirányítók számára hasznos információkat biztosítson a nyers adatok helyett. Előnyt jelent az adatok vizuális megjelenítése és archiválása, valamint az összegyűjtött információk feldolgozása, és kiegészítő információk nyújtása, ami a microgrid működését adatközpontú helyett információközpontúvá tehetné.

A legfontosabb célok közé tartozik a jövőben a rendszerben található komponensek számának csökkentése, valamint a menedzsmenthez és telepítéshez kapcsolódó költségek csökkentése, a rendszerintegritás és a hatékonyság növelése, a kereslet oldali menedzsment, valamint a megújuló energiaforrások támogatása a hagyományos helyett.

2 Terhelésszámítás és fogyasztói profilok készítése

A V1 egyetemi épület fogyasztóihoz kapcsolódó terhelésszámítások alapját az épület villamos hálózatának tervrajzai adták. A terveken szereplő beépített teljesítményekkel és a megfelelő egyidejűségi tényezők megválasztásával kaptam meg a mértékadó hatásos teljesítményt [4].



7. Ábra:A vizsgált V1 épület

A terhelésszámításnál először lakossági jellegű fogyasztókat vizsgáltam, azaz figyelmen kívül hagytam a laborokat, mert nem igazán reguláris fogyasztás, és hiába rendelkeznek nagy beépített teljesítménnyel, a vételezés általában nem nagy.

2.1 Egyidejűségi tényező

Az egyidejűségi tényező a MSZ 447 definíciója alapján „az a valószínűségi szám, amely megadja, hogy két vagy több fogyasztási hely (fogyasztó) eredő terhelése – a legnagyobb terhelések időbeli eltolódása következtében – azok számtani összegénél hányszor kisebb.”

Az egyidejűségi mutatók meghatározásánál elsősorban a MSZ 447-et vettem figyelembe, továbbá felhasználtam az [5] tantárgyjegyzetet, és a [6] irodalmat.

2.1.1 Főbb fogyasztók egyidejűségi tényezőinek megválasztása

A MSZ 447 alapján az épületben található két liftet névleges teljesítményükkel kell figyelembe venni, így ez esetben az egyidejűségi mutató értéke 1, azaz a mértékadó hatásos teljesítményük 17,3 kW beépített teljesítményük alapján egyenként 17,3 kW.

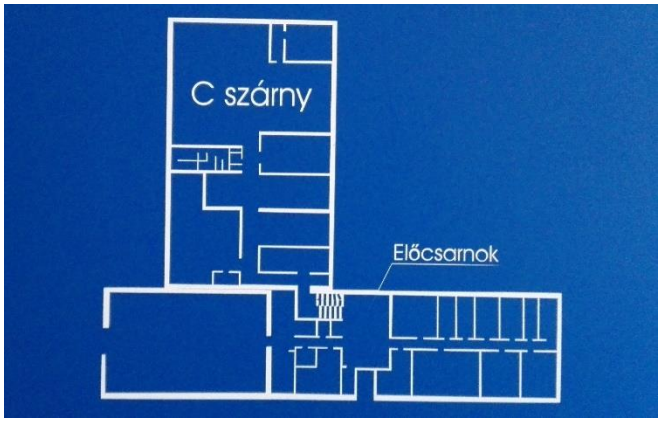
A szabvány az irodai a világítási terhelésre a helyi adottságoktól függően, de legalább e=0,8 egyidejűségi tényezőt ír elő, így a világítások esetében — kivéve a biztonsági világítást, ami kitüntetett jelentőségű — 0,8-cas egyidejűségi tényezővel számoltam ki a mértékadó terhelést.

Hűtés-fűtés esetében 0,7-es egyidejűségi mutatóval számoltam, mert a Nagyvárosok és haditechnika tárgy jegyzetében a hőközpontnál és légkondicionálásnál is ez az érték volt feltüntetve.

Az aljzatok egyidejűségi mutatóját a Schneider Electric katalógusa alapján 0,2 értékűnek választottam.

2.2 Az épület kialakítása

A vizsgált épület egy úgynevezett C szárnyból és egy fő szárnyból áll. A C szárnynak van földszinti és galéria része, míg az épület fő szárnya 5 emeletes.



8. Ábra: A V1 épület alaprajza a bejáratnál található táblán

A fogyasztás kiszámolásánál a célom a szintenkénti terhelés kiszámítása volt.

2.3 Terhelésszámítás során kapott mértékadó teljesítmények

A névleges teljesítményekből (P_n) és egyidejűségi mutatókból (e) kiszámolt mértékadó teljesítményeket (P_m) a Függelék 4-11. táblázata, a szintenkénti összterhelést az alábbi, 2. táblázat tartalmazza.

2. Táblázat: Szintenkénti összterhelés a beépített teljesítmények és egyidejűségi mutatók alapján

Épületrész	P_n [kW]	P_m [kW]
C szárny földszint	12,1	6,83
Földszint	137,6	42,43
C galéria	146,4	41,87
1. emelet	166,2	37,6
2. emelet	214,8	64,72
3. emelet	112,5	32,37
4. emelet	119,9	34,97
5. emelet	160	41,6
Összesen	**1069,5**	**302,39**

Megjegyzendő, hogy a 2. táblázat nem tartalmazza a két lift egyenként 17,3 kW-os mértékadó hatásos teljesítményét.

2.4 Fogyasztói profilok készítése

A mértékadó hatásos teljesítmény a [4] forrás alapján „egy meghatározott vizsgált területre vagy fogyasztói berendezésre és meghatározott időtartamra vonatkoztatott maximális egyidejű 10 vagy 15 perces csúcsidei hatásos teljesítmény”. Ebből következően a kiszámolt mértékadó teljesítményeket 15 perces csúcsidei hatásos teljesítménynek vettem, melyet a fogyasztó legalább egyszer felvesz egy nap alatt.

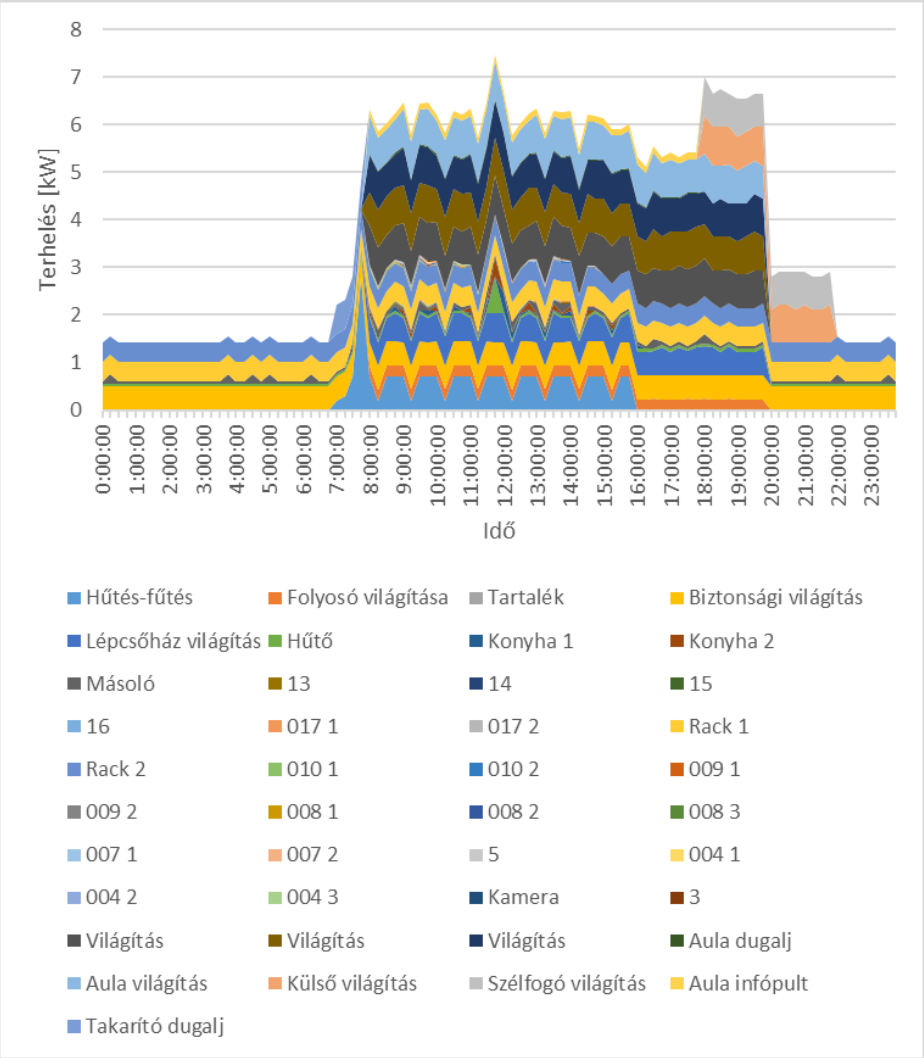
A profilok elkészítéséhez a [7] és [8] internetes forrásokat használtam fel, melyek a háztartási fogyasztók energiafelvételét tartalmazzák.

Azokban az esetekben, ahol ismert az eszköz működése (például a számítógépet 8:00-18:00 között használják általában), determinisztikus összegzést készítettem, szem előtt tartva az egyidejűségi mutatókat, és nem túllépve azokat. A többi esetben véletlenszerű eloszlást alkalmaztam, feltételezve, hogy a berendezés a teljes teljesítményt felveszi a

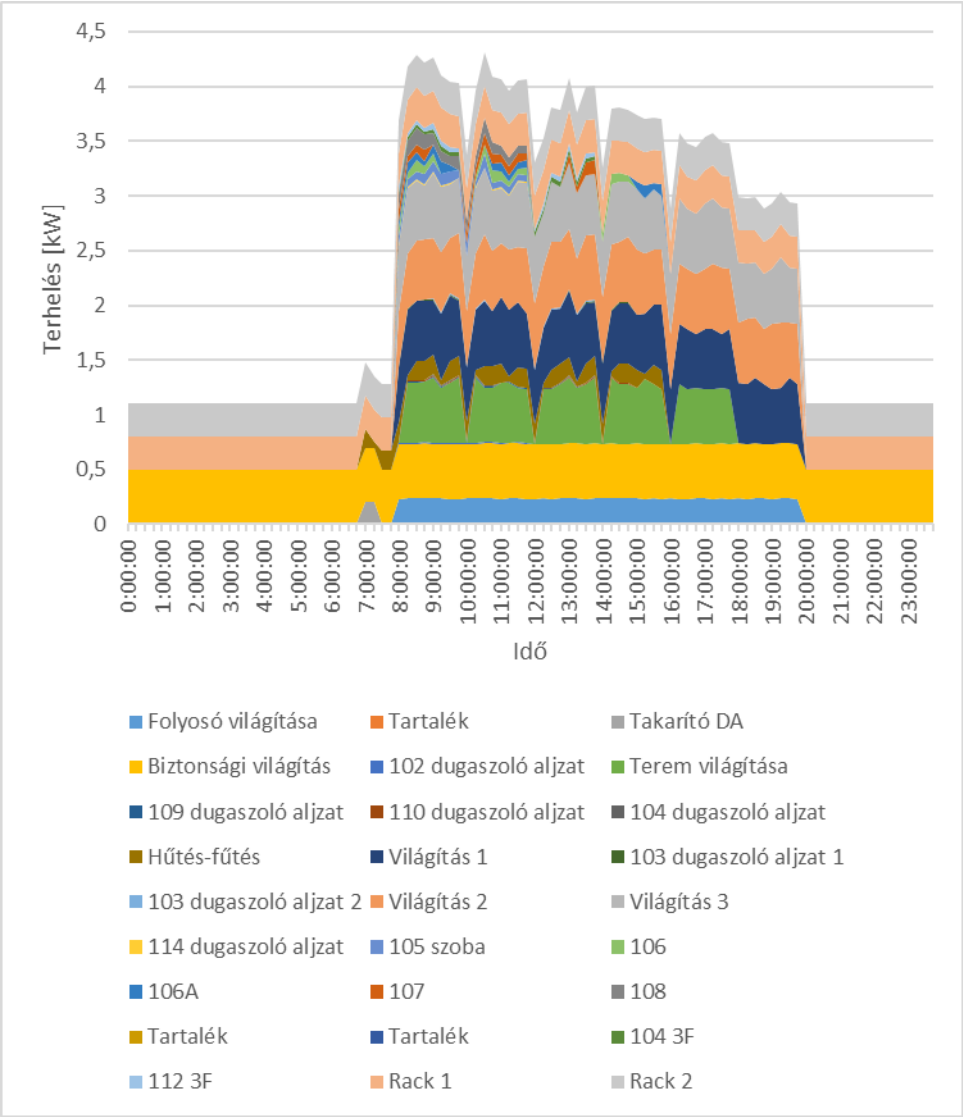
nap X órájában, és ennek az X órának a helye véletlenszerű (például 0:00-24:00, 8:00-18:00 tartományon).

A rendelkezésre álló tervrajzok és a megállapított egyidejűségi mutatók alapján készített fogyasztói profilok azonban a szintenként mérőóráról leolvasott heti fogyasztással — a használati idők túlbecslése és a tényleges fogyasztáshoz képest nagy beépített teljesítmények miatt — nem egyeztek meg, ezért a mérőóra által mutatott érték alapján, más módszerrel határoztam meg a végleges fogyasztói profilokat. A C szárny földszinti és galéria része nem rendelkezik telepített mérőórával. Mivel ezen épületrészek esetében nincs tényleges összehasonlítási alapom, a továbbiakban a C szárnyat kihagytam a vizsgálatokból.

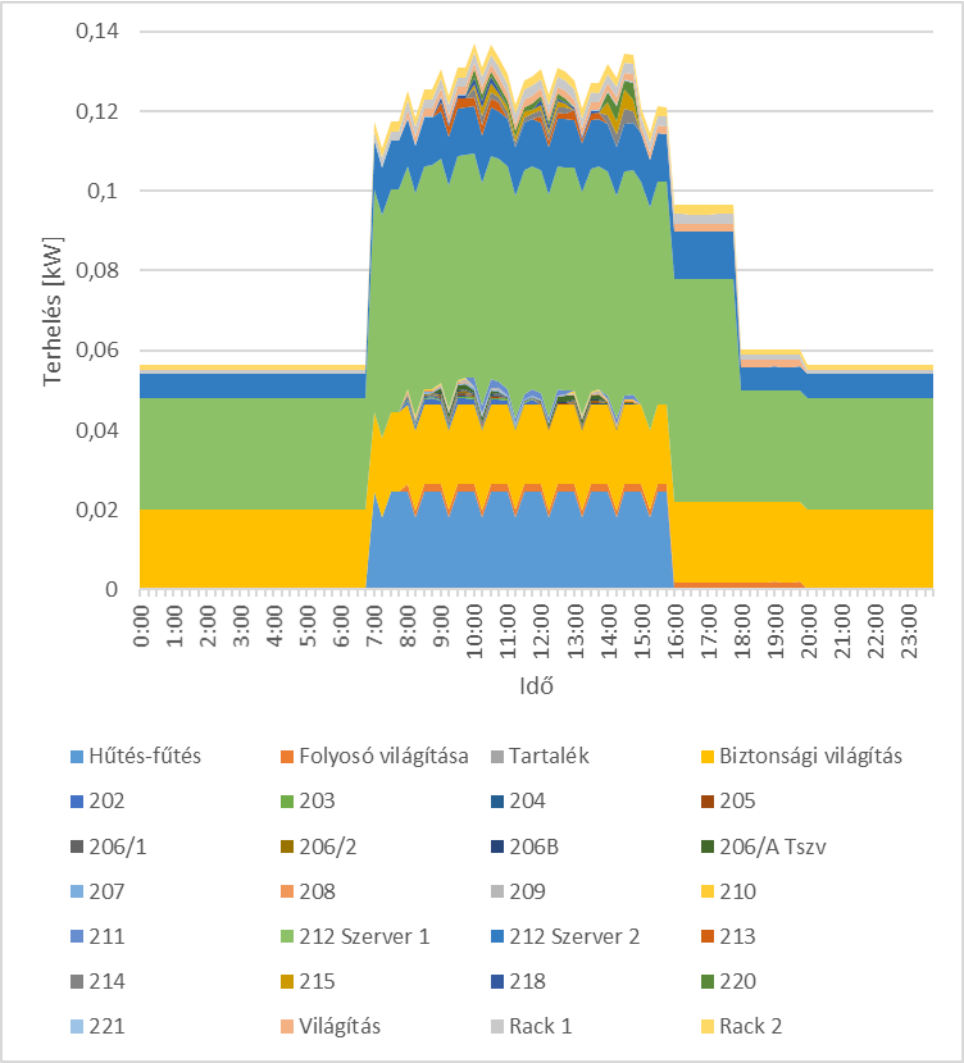
A szintenként kapott terhelési görbéket (területdiagram) a 9. - 14. ábra tartalmazza.



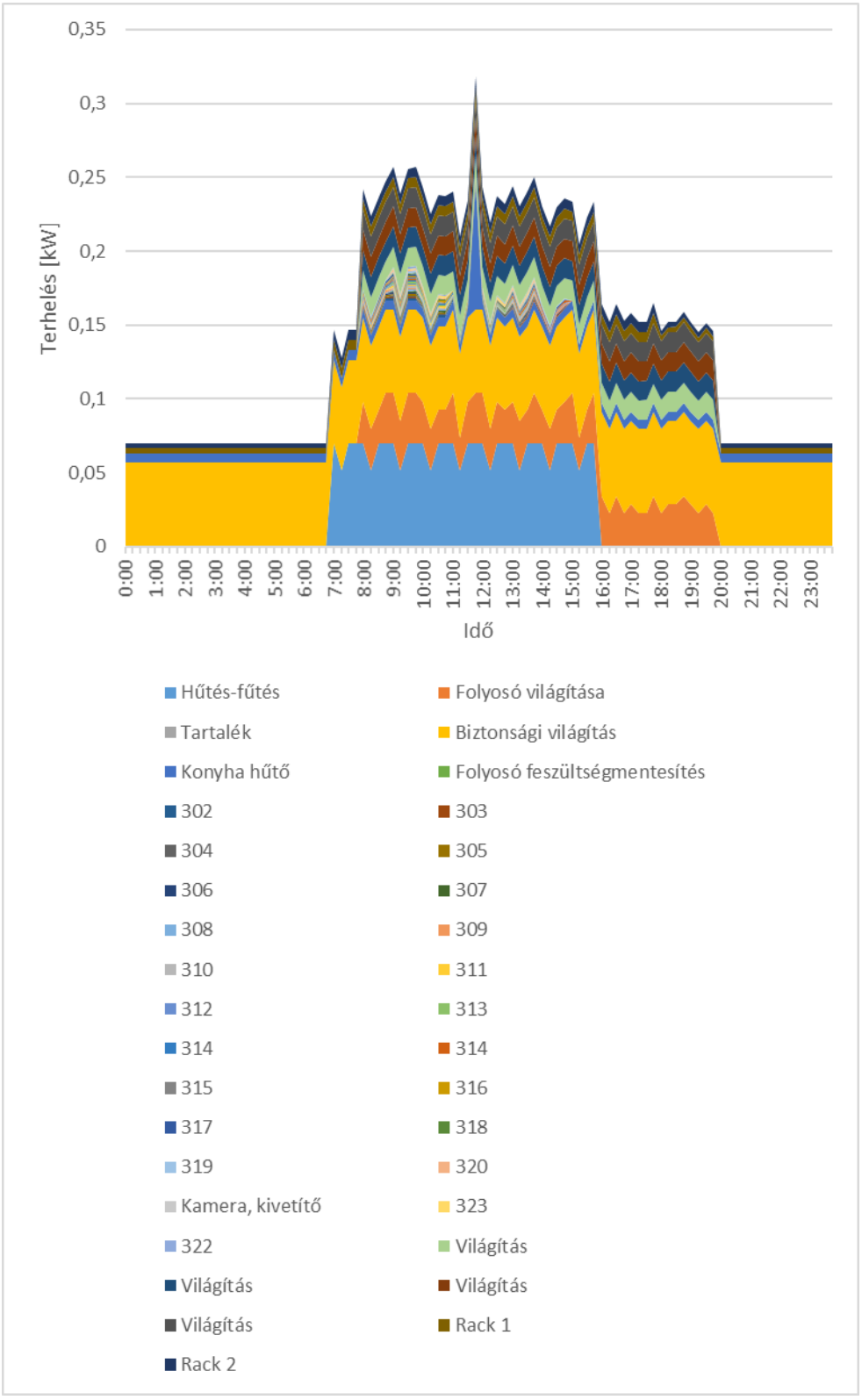
9. Ábra: Földszint napi terhelési görbéje



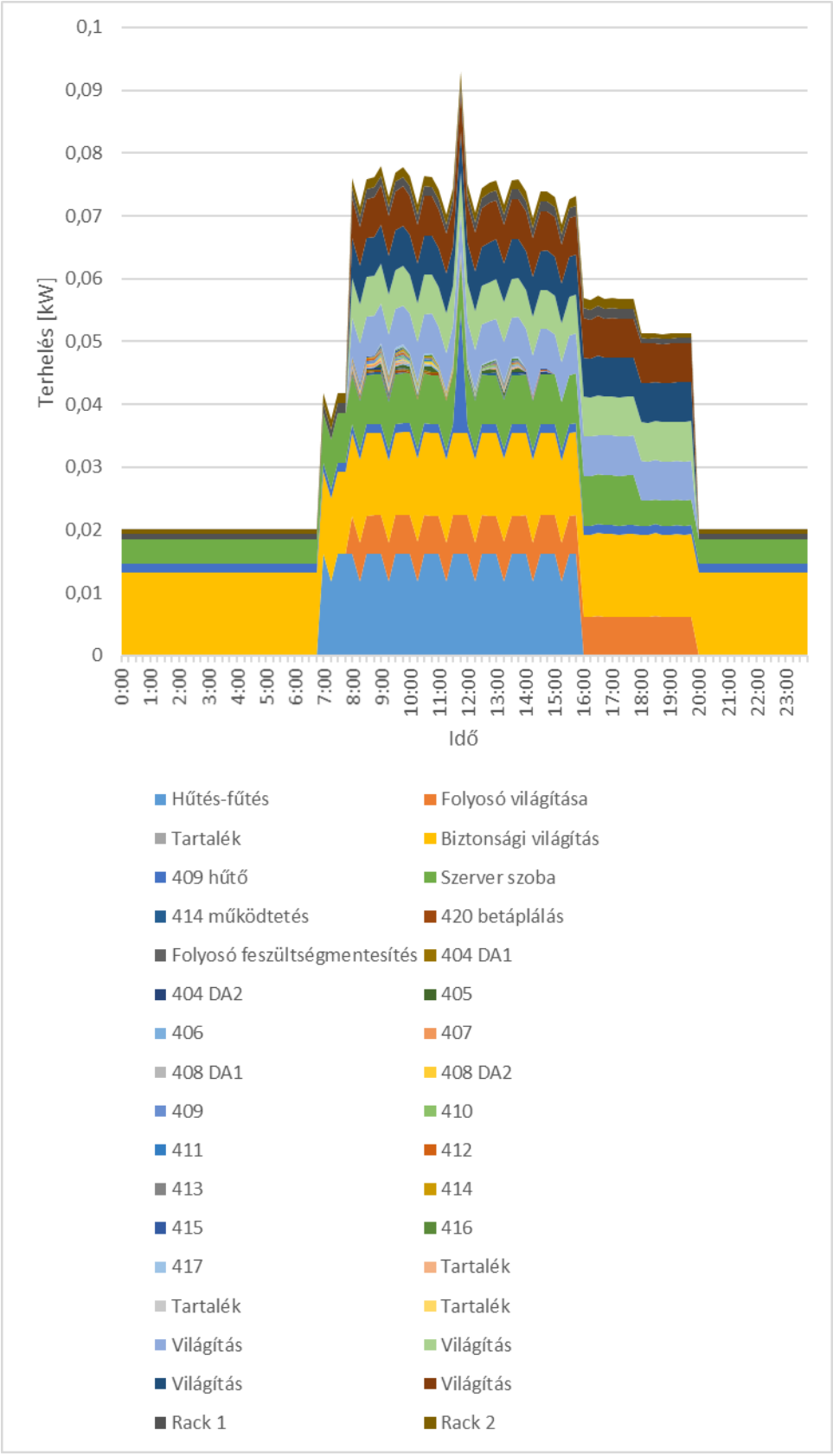
10. Ábra: 1. emelet terhelési görbéje



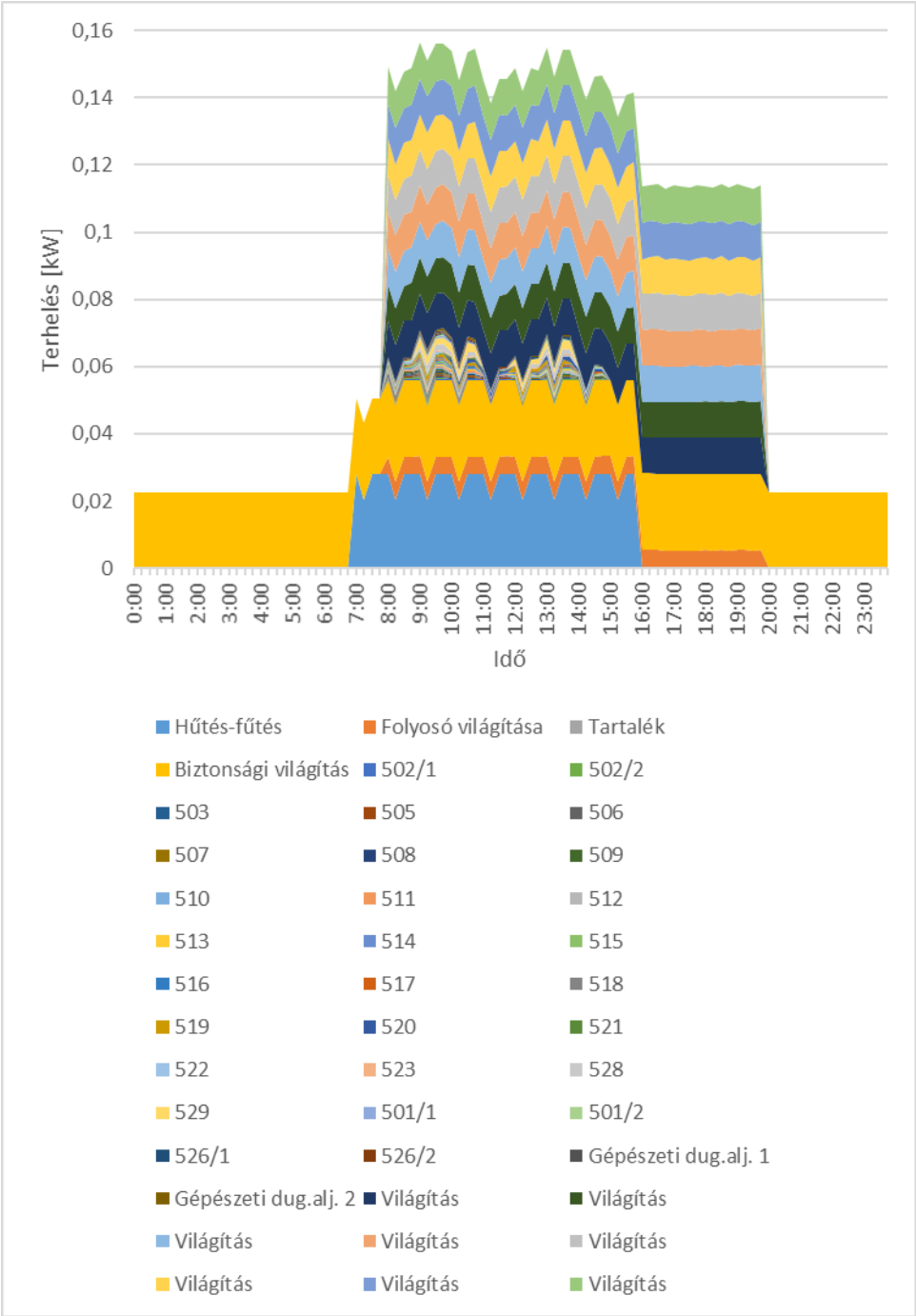
11. Ábra: 2. emelet terhelési görbéje



12. Ábra: 3. emelet terhelési görbéje



13. Ábra: 4. emelet terhelési görbéje



14. Ábra: 5. emelet terhelési görbéje

2.5 Fogyasztói profilok elemzése

2.5.1 Minimális és maximális terhelések, napközbeni ingadozás

2.5.1.1 Földszint

A maximális terhelés értéke a földszint esetében a nap közepén, 11:45-kor 7,4595 kW egy negyedórára vonatkozóan, ilyenkor a konyhában lévő fogyasztók működtetése

okozza a kissé nagyobb terhelésértéket. Továbbá fokozott teljesítményfelvétel figyelhető meg 18:00 és 20:00 között is. Ennek az az oka, hogy a külső világítás és a szélfogó világítása ebben az időintervallumban üzemel, ugyanakkor a többi fogyasztó ekkor már kisebb mértékben vesz fel teljesítményt.

A minimumértékek a nap elején és végén figyelhetők meg, ugyanis ekkor az irodai és konyhai fogyasztók, a hűtés-fűtés, valamint az általános (nem biztonsági) világítás nem üzemelnek. A minimum értéke 1,415 kW/15 perc.

Kiszámolható továbbá a szint fiktív átlagfogyasztása, melynek értéke 0,99 kWh.

A hűtés-fűtés csak reggel 7:00-kor kezd el üzemelni, és délután 16:00-ig folyamatosan megy, de működésében megfigyelhető egy ciklikus ki-be kapcsolás, ami a terhelési görbén is jól látszik.

Az irodai fogyasztók, jellemzően számítógépek a nap folyamán feltehetőleg nem veszik fel maximális teljesítményüket. Feltételeztem továbbá, hogy az oktatók nem mindig tartózkodnak a helyiségekben, mert kontaktórájuk is van. Ezen tényezők figyelembevételével az oktatók átlagosan napi 4 órát vannak a szobájukban, azaz ekkor irodai fogyasztás van.

A konyha esetében mikrohullámú sütőt és kávéfőzőt, mint háztartási gépeket vettem figyelembe, a [7] és [8] források fogyasztási adatait felhasználva. A kávéfogyasztást véletlenszerűnek vettem a nap folyamán, ugyanakkor kikötöttem, hogy reggel a 7:30-tól délután 16:00-ig tartó időintervallumban történik. A mikrohullámú sütő használatát 11:00 és 14:00 között írtam elő.

Véletlenszerűnek vettem továbbá a másoló használatát is, itt viszont nem kötöttem ki, hogy milyen időintervallumban használják, csak a használat gyakoriságát határoztam meg.

A folyosó világítását 8:00-tól 20:00-ig folyamatos terhelésként vettem figyelembe, mert a mozgásérzékelős működés ellenére a nap ezen időszakában majdnem mindig van mozgás.

2.5.1.2 1. emelet

Az 1. emelet esetében a kapott terhelési görbén látható maximális terhelés 10:30-kor van, értéke 4,312 kW/15 perc. A maximum azért ekkor van, mert az irodai fogyasztás ilyenkor jelentős, valamint minden világítás (például folyosó, lépcsőház, stb.) üzemel.

A minimális terhelés 1,1 kW/15 perc, 0:00-7:00-ig, ilyenkor csak a biztonsági világítás és a szerverekhez tartozó rack fogyasztók üzemelnek. 7:00-tól a hűtés-fűtés és a takarító dugalj használata miatt nő kis mértékben a fogyasztás.

A szint fiktív átlagfogyasztása 0,61 kWh, kisebb, mint a földszint esetében.

Az is látható a 10. ábrán, hogy a napi ingadozás sokkal nagyobb és gyakoribb, mint a földszinti terhelés esetében. Ez főleg a teremvilágítás miatt van, ugyanis feltételeztem, hogy az oktatóterem világítása az oktatási idők alatt, másfél órás időtartamonként üzemel, két óra közti szünetben (negyedóra) pedig le van kapcsolva.

2.5.1.3 2. emelet

A terhelés maximuma 0,14 kW/15 perc, mely 10:00-kor következik be. A 2. emeleti fogyasztók között nincsenek konyhai gépek, ennélfogva ezen a szinten nem délben jellemző a csúcsfogyasztás. Ez a maximum a szinti fogyasztók együttes működtetéséből fakad, hasonló mértékű, de kisebb terhelést a rendszer a nap folyamán többször is felvesz.

A minimum 0,06 kW/15 perc, mely a nap elején és végén tapasztalható. Ezt a minimumértéket a hűtés-fűtés, világítások, irodai fogyasztók működésének hiánya, valamint a szerverek és rack szekrények kisebb mértékű fogyasztása okozza.

A fiktív átlagfogyasztás a 2. emeleten sokkal kisebb, mint a földszint és az 1. emelet esetében, értéke 0,02 kWh.

Ezen a szinten az ingadozásokat a hűtés-fűtés működése váltja ki.

2.5.1.4 3. emelet

A 3. emeleten a terhelés maximuma 11:45-kor van, értéke 0,32 kW/15 perc, melyet a konyhai hűtő, és a világítótestek működése okoz.

A minimum 0,07 kW/15 perc, melyet ugyanúgy, mint a szintek többségénél, a fogyasztók kismértékű használata vagy nem üzemelése, a rack szekrények kisebb mértékű fogyasztása okoz.

A fiktív átlagfogyasztás értéke itt is kisebb, 0,04 kWh.

A nap közbeni teljesítményingadozások nagy része a hűtés-fűtés működése, a 22 irodai helyiség különböző időben történő fogyasztása, valamint a konyhai hűtő működése miatt van.

2.5.1.5 4. emelet

A maximális fogyasztás a 4. emeleten 11:45-kor 0,09 kW/15 perc, ennek oka a 3. emelethez hasonlóan a hűtő és a világítótestek fogyasztása.

A teljesítményfelvétel minimuma ezen a szinten is a nap elején és a végén van, mint a többi szint esetében, értéke 0,02 kW/15 perc.

A fiktív átlagfogyasztás értéke ebben az esetben 0,01 kWh.

Az ingadozást itt is a hűtés-fűtés, valamint a szobák és a konyhai fogyasztó okozza.

2.5.1.6 5. emelet

A szintek esetében általában nem a reggeli órákban érte el a teljesítményfelvétel a maximumát. Azonban az 5. emeleten a teljesítményfelvétel maximuma 9:00-kor van, mértéke 0,16 kW/15 perc. Ennek oka a szinten található irodák nagy száma, a konyhai gépek hiánya, valamint a világítás működtetése.

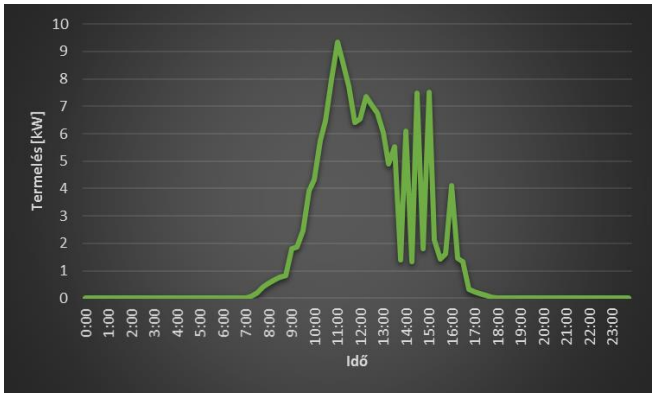
A minimum 0,02 kW/15 perc, melyet a nap elején és végén a világítás, irodai számítógépek, hűtés-fűtés működtetésének hiánya okoz.

Az 5. emelet fiktív átlagfogyasztása 0,02 kWh.

A teljesítményingadozás ennél a szintél is főleg a hűtés-fűtés működése miatt lép fel.

2.5.2 Terhelés egyidejűsége a standard napelemes termelési profillal, méretezés

2.5.2.1 Bevezetés



15. Ábra: 15,6 kW-os beépített teljesítményű napelem termelési görbéje 2014. 10. 18-án

A napelemek termelése rendkívül sztochasztikus. Különösen igaz ez az őszi, felhős időjárású napok esetében, amikor a szórt sugárzás korrelál jobban a termeléssel. Az épületben található mérőórákat két őszi napon (10. 13-án és 10. 20-án) olvastam le egy hét különbséggel.

A rendelkezésemre álló adatok alapján készített, 15. ábrán látható 15,6 kW-os beépített teljesítményű naperőmű termelése 7:15-kor kezdődött, majd 17:45-kor fejeződött be. A termelési görbe jól szemlélteti, hogy a fotovillamos termelés microgridben történő alkalmazásakor figyelembe kell venni a már említett sztochasztikus viselkedést, illetve, hogy a termelés a nap mely időszakában jelentős.

Mivel például a hűtés-fűtés az épületben 7:00-tól 16:00-ig tart, a naperőmű által termelt teljesítményt valós időben is hasznosítani tudjuk. A hasznosítás, illetve az eltárolni kívánt energia mértéke a naperőmű és az energiatároló méretezésétől függ.

2.5.2.2 Méretezés

A V1 épület napi energiafogyasztása a leolvasott értékek alapján 94,59 kWh. Ez az érték nem tartalmazza a C szárny energiafogyasztását, oda ugyanis nem telepítettek mérőórát. Emiatt a méretezés csak az ismert fogyasztású szintekre vonatkozik.

A microgrid koncepció esetében a minél magasabb lokális termelés elérésére kell törekedni. Ennek tükrében a napi energiafogyasztás naperőmű általi 90%-os fedezése (85,131 kWh) a jelen méretezés célja.

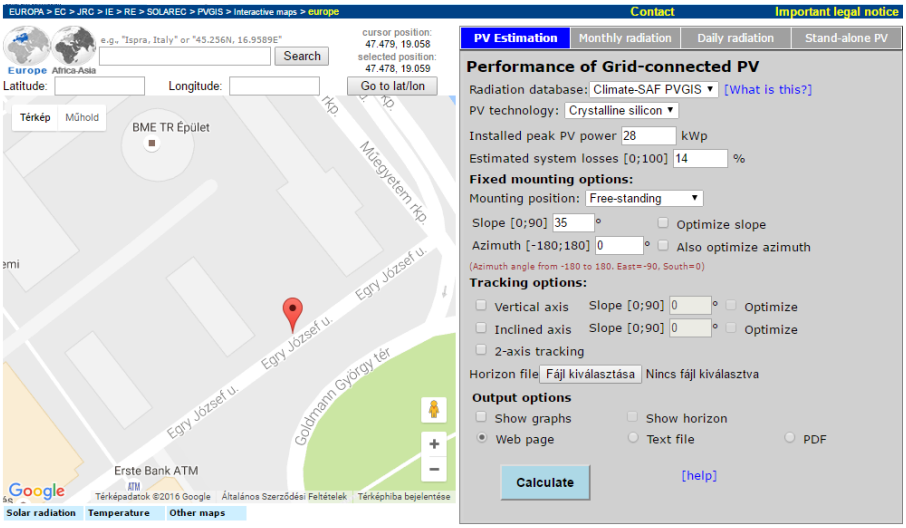
A napsütéses perióduson kívüli energiafogyasztás képezi az alapját a megfelelő energiatároló kiválasztásának.

Napelemes rendszer méretezése

A napelemes rendszer méretezését a [9], a [10] és a [11] források felhasználásával készítettem el. A PVGIS programmal [9] a megfelelő paraméterek beállításával (16. ábra) a napelemes rendszer csúcsteljesítményét ki lehet számolni. A számításhoz optimális tájolást (déli orientáció) és dőlésszöget (35°) vettem figyelembe, valamint 14%-os rendszerveszteséget. Az éves energiafogyasztás 90%-a a V1 épület esetében 31074,22 kWh. Ehhez a fogyasztáshoz a megfelelő csúcsteljesítmény 28 kWp, ami 32100 kWh éves energiafogyasztást fedez. Számolni kell azonban azzal, hogy a napelemes termelés az egyes hónapokban más és más, ami a 3. táblázatban is látható. A táblázatban az E_d azt az energiamennyiséget jelenti, amennyit a napelemes rendszer egy

nap alatt meg tud termelni. Ezek alapján nem minden hónapban tudja a rendszer az energiafogyasztás 90%-át fedezni. Nagyobb csúcsteljesítményű fotovillamos rendszert választva azonban jelentős lenne a túltervezés, azaz a kívánt éves energiafogyasztás több, mint kétszerese esetén érnénk el vagy haladnánk meg a kívánt napi energiamennyiséget.

A Sunny Design Web honlap [11] segítségével a [10] forrás által használt REC 260PE típusú napelemmel számolva, 28,08 kWp-hez 108 PV modulra van szükség.



16. Ábra: PVGIS program beállításai

3. Táblázat: Napi átlagos megtermelt energia havi bontásban [kWh]

Hónap	E_d [kWh]
Január	37
Február	60,1
Március	95,6
Április	119
Május	123
Június	123
Július	125
Augusztus	121
Szeptember	98,9
Október	79,3
November	44,1
December	28,1

Energiatároló méretezése

A napsütéses perióduson kívüli energiaszükséglethez a napközbeni többlet napenergiát a reggeli, illetve esti fogyasztás időszakára eltárolja a rendszer. A 3. táblázat alapján látható, hogy mi az az átlagos napi megtermelt energiamennyiség, ami egy-egy hónapra jellemző.

A V1 épület fogyasztási profiljai segítségével megállapítható a nap közben (7:00-18:00) szükséges energiamennyiség. A számítások alapján a nap közbeni energiafogyasztás a napi energiafogyasztás 67%-a, azaz 94,59 kWh esetén ez az érték kerekítve 63,38 kWh. Az akkumulátornak tehát a többlet energiát kell eltárolnia, így az esti, illetve a másnap reggeli időszak alatt a szükséges energia egy része, esetleg egésze biztosítható a rendszeren belül.

A 3. táblázatból egy októberi napot kiválasztva látható, hogy ebben a hónapban az átlagos napi energiatermelés 79,3 kWh. A nap közben felhasznált energiamennyiség 63,38 kWh, így az akkumulátorban a maradék 15,92 kWh energia eltárolható. Ebből az energiamennyiségből természetesen nem fedezhető a teljes esti és reggeli energiaszükséglet, tehát a maradék 31,21 kWh-ból csak 15,92 kWh-t tudunk az akkumulátor által biztosítani, és a maradék energiát a hálózat biztosítja.

A legnagyobb napi termelést, azaz a júliusi 125 kWh-s energiatermeléssel jellemezhető napot megvizsgálva, az eltárolt energia mértéke 61,62 kWh.

A 61,62 kWh-hoz — az inverter veszteségét figyelmen kívül hagyva, és 12 V-os akkumulátorfeszültséggel számolva — 5135 Ah kapacitású energiatárolóra van szükség.

Az akkumulátor kiválasztásának fő szempontja a kedvezőbb ár volt, ezért ólomsavas akkumulátort kerestem. A [12] brossúrából az ólomsavas napelemes rendszerekhez tervezett, Sonnenschein A 600 SOLAR 12 OpzV 1700 típusú akkumulátort választottam ki. Egy akkumulátorcella kapacitása a kiválasztott típus, és 1 órás kisütési idő esetében 765 Ah, ezért a V1 épület energiaellátásához 7 darab cella szükséges. A műszaki parméterek a kiválasztott típusnál 20 °C-ra vonatkoznak. Az 1 órás kisütési időhöz a [12] forrás szerint 50%-os kisütési mélység tartozik, és ez alapján a ciklusszáma 1400.

3 Konklúzió

A dolgozat elsősorban a microgrid koncepció bemutatásával, a vizsgált épület fogyasztói profiljainak meghatározásával, a jellemző napi minimumok, maximumok, valamint ingadozások elemzésével foglalkozik. Kitér továbbá a napelemes rendszer, illetve az energiatároló méretezési kérdéseire is.

A bemutatott méretezési lehetőségeket a jövőben érdemes lehet gazdasági szempontból is megvizsgálni, továbbá több típusú napelemes rendszert, illetve energiatároló egységet is összehasonlítani.

A jövőben a vizsgálatok a fogyasztók átütemezési és szabályozási lehetőségeire is ki fognak terjedni. Az eddig készített profilok és elemzések alapján elmondható, hogy azokat a fogyasztókat, melyekre biztonsági okokból szükség van, nem lehet átütemezni. Ilyenek például a biztonsági világítás, a szerver és a rack szekrény. Vannak olyan terhelések is, amelyeket nem célszerű átütemezni, például a lépcsőház, a folyosó, és a mosdó világítása, valamint az infópultok. Azonban a hűtés-fűtés esetében megvalósítható egy olyan megoldás, miszerint a rendszer a reggeli órákban felfűti vagy hűti az épületet, majd nap közben kevesebbet üzemel. Továbbá a konyha, a hűtő, illetve az irodahelységek esetében is érdemes lehet megvizsgálni a terhelésátütemezést.

4 Irodalomjegyzék

[1] Microgrids 1 Engineering, Economics, & Experience, 2015

[2] Wencong Su and Jianhui Wang: Energy Management Systems in Microgrid Operations, 2012

[3] Lubna Mariam, Malabika Basu,Michael F. Conlon: Microgrid: Architecture,policy and future trends, 2016

[4] Minőségi energiaellátás tantárgy: Terhelésszámítás (oktatási segédlet)

[5] Divényi Dániel, Farkas Csaba, Dr. Hartmann Bálint, Dr. Vokony István: Nagyvárosok és haditechnika – kritikus infrastruktúrák energiaellátása, 2013

[6] Schneider Electric - Electrical installation guide 2008

[7] Klímabarát tippek: Közkívánatra! Háztartási gépek átlagos fogyasztása (internet, 2016. 10. 25.): http://www.energiakozossegek.hu/sites/default/files/tippek_berendezesek_%C3%A1tl_fogy.pdf

[8] EDF DÉMÁSZ honlapja: Mire elég 1 kWh? (internet, 2016. 10. 25.): https://www.edfdemasz.hu/pages/aloldal.jsp?id=819

[9] PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), 2016. 10. 26.: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe

[10] Szűcs Norbert: Egy ipari üzem villamosenergia-ellátása napelemmel, Szakdolgozat, 2013

[11] Sunny Design Web (2016. 10. 26.): http://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/Home

[12] EXIDE Technologies Industrial Energy: Handbook for Gel-VRLA-Batteries, 2003

5 Függelék

4. Táblázat: C szárny földszint mértékadó teljesítménye

Fogyasztó	P_n [kW]	e	P_m [kW]
Helios SB 250 ventilátor	0,25	0,7	0,175
Helios SB 250 ventilátor	0,25	0,7	0,175
Biztonsági világítás	1	1	1
Mosdó világítása	1	0,8	0,8
Folyosó világítása	0,6	0,8	0,48
Folyosó dugalj 1	3	0,2	0,6
Folyosó dugalj 2	3	0,2	0,6
Szerver	3	1	3
Összesen	**12,1**	**-**	**6,83**

5. Táblázat: Fölszint mértékadó teljesítménye

Fogyasztó	P_n [kW]	e	P_m [kW]
Hűtés-fűtés	4	0,7	2,8
Folyosó világítása	0,6	0,8	0,48
Tartalék	1	0,1	0,1
Biztonsági világítás	1	1	1
Lépcsőház világítása	3	0,8	2,4
Hűtő	3	0,25	0,75
Konyha 1	4	0,1	0,4
Konyha 2	4	0,1	0,4
Másoló	4	0,05	0,2

13	4	0,2	0,8
14	4	0,2	0,8
15	4	0,2	0,8
16	4	0,2	0,8
017 1	4	0,2	0,8
017 2	4	0,2	0,8
Rack 1	4	0,2	0,8
Rack 2	4	0,2	0,8
010 1	4	0,2	0,8
010 2	4	0,2	0,8
009 1	4	0,2	0,8
009 2	4	0,2	0,8
008 1	4	0,2	0,8
008 2	4	0,2	0,8
008 3	4	0,2	0,8
007 1	4	0,2	0,8
007 2	4	0,2	0,8
5	4	0,2	0,8
004 1	4	0,2	0,8
004 2	4	0,2	0,8
004 3	4	0,2	0,8
Kamera	4	1	4
3	4	0,2	0,8
Világítás	2	0,8	1,6
Világítás	2	0,8	1,6

Világítás	2	0,8	1,6
Aula dugalj	3	0,2	0,6
Aula világítása	2	0,8	1,6
Külső világítás	2	0,8	1,6
Szélfogó világítás	2	0,8	1,6
Aula infópult	3	0,5	1,5
Takarító dugalj	3	0,2	0,6
Összesen	**137,6**	**-**	**42,43**

6. Táblázat: C szárny galéria mértékadó teljesítménye

Fogyasztó	P_n [kW]	e	P_m [kW]
Hűtés-fűtés	7	0,7	4,9
Folyosó világítása	0,6	0,8	0,48
Mosdó világítása	1	0,8	0,8
Biztonsági világítás	1	1	1
Pult dugalj	3	0,2	0,6
Konyhai hűtő	3	0,25	0,75
Konyha	3	0,1	0,3
Iroda 1 padló	3	0,2	0,6
Iroda 1 fal	4	0,2	0,8
Iroda 2 padló	4	0,2	0,8
Iroda 2 fal	4	0,2	0,8
Iroda 3 padló	4	0,2	0,8
Iroda 3 fal	4	0,2	0,8
Iroda 4 padló	4	0,2	0,8

Iroda 4 fal	4	0,2	0,8
Iroda 5 padló	4	0,2	0,8
Iroda 5 fal	4	0,2	0,8
Iroda 6 padló	4	0,2	0,8
Iroda 6 fal	4	0,2	0,8
Iroda 7 padló	4	0,2	0,8
Iroda 7 fal	4	0,2	0,8
Iroda 8 padló	4	0,2	0,8
Iroda 8 fal	4	0,2	0,8
Iroda 9 padló	4	0,2	0,8
Iroda 9 fal	4	0,2	0,8
Iroda 10 padló	4	0,2	0,8
Iroda 10 fal	4	0,2	0,8
Iroda 11 padló	4	0,2	0,8
Iroda 11 fal	4	0,2	0,8
Iroda 12 padló	4	0,2	0,8
Iroda 12 fal	4	0,2	0,8
Tárgyaló dugalj	4	0,2	0,8
Tárgyaló dugalj	3	0,2	0,6
Tárgyaló dugalj	4	0,2	0,8
Tárgyaló dugalj	4	0,2	0,8
Szerver 1	4	1	4
Szerver 2	4	1	4
Folyosó dugalj	4	0,2	0,8
Tervtár dugalj	4	0,2	0,8

Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Összesen	**146,4**	**-**	**41,87**

7. Táblázat: 1. emelet mértékadó teljesítménye

Fogyasztó	P_n [kW]	e	P_m [kW]
Folyosó világítása	0,6	0,8	0,48
Tartalék	3	0,1	0,3
Takarító dugalj	1	0,2	0,2
Biztonsági világítás	1	1	1
102	3	0,2	0,6
Terem világítása	1,5	0,8	1,2
109	3	0,2	0,6
110	3	0,2	0,6
104	3	0,2	0,6
Hűtés-fűtés	1	0,7	0,7
Világítás 1	1,5	0,8	1,2
103 1	3	0,2	0,6
103 2	3	0,2	0,6
Világítás 2	1,5	0,8	1,2
Világítás 3	1,5	0,8	1,2
114	3	0,2	0,6
105	17,3	0,2	3,46
106	17,3	0,2	3,46

106A	17,3	0,2	3,46
107	21	0,2	4,2
108	27,7	0,2	5,54
Tartalék	3	0,1	0,3
Tartalék	3	0,1	0,3
104 3F	10	0,2	2
112 3F	10	0,2	2
Rack 1	3	0,2	0,6
Rack 2	3	0,2	0,6
Összesen	**166,2**	**-**	**37,6**

8. Táblázat: 2. emelet mértékadó teljesítménye

Fogyasztó	P_n [kW]	e	P_m [kW]
Hűtés-fűtés	7	0,7	4,9
Folyosó világítása	0,6	0,8	0,48
Tartalék	1	0,1	0,1
Biztonsági világítás	1	1	1
202	15	0,2	3
203	4	0,2	0,8
204	4	0,2	0,8
205	4	0,2	0,8
206/1	4	0,2	0,8
206/2	4	0,2	0,8
206B	3	0,2	0,6
206/A Tszv	14	0,2	2,8

207	4	0,2	0,8
208	4	0,2	0,8
209	4	0,2	0,8
210	4	0,2	0,8
211	17,3	0,2	3,46
212 Szerver 1	14	1	14
212 Szerver 2	3	1	3
213	21	0,2	4,2
214	17,3	0,2	3,46
215	17,3	0,2	3,46
218	14	0,2	2,8
220	17,3	0,2	3,46
221	4	0,2	0,8
Világítás	6	0,8	4,8
Rack 1	3	0,2	0,6
Rack 2	3	0,2	0,6
Összesen	**214,8**	**-**	**64,72**

9. Táblázat: 3. emelet mértékadó teljesítménye

Fogyasztó	**P_n [kW]**	**e**	**P_m [kW]**
Hűtés-fűtés	7	0,7	4,9
Folyosó világítása	0,6	1	0,6
Tartalék	1	0,1	0,1
Biztonsági világítás	1	1	1

Konyha: hűtő	3	0,25	0,75
Folyosó feszültségmentesítés	0,5	1	0,5
302	4	0,2	0,8
303	4	0,2	0,8
304	4	0,2	0,8
305	4	0,2	0,8
306	4	0,2	0,8
307	4	0,2	0,8
308	4	0,2	0,8
309	4	0,2	0,8
310	4	0,2	0,8
311	4	0,2	0,8
312	4	0,2	0,8
313	4	0,2	0,8
314	4	0,2	0,8
314	3	0,2	0,6
315	4	0,2	0,8
316	4	0,2	0,8
317	4	0,2	0,8
318	4	0,2	0,8
319	4	0,2	0,8
320	4	0,2	0,8
Kamera, kivetítő	4	1	4
323	4	0,2	0,8
322	4	0,2	0,8

Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Rack 1	3	0,2	0,6
Rack 2	3	0,2	0,6
Összesen	**112,5**	**-**	**32,37**

10. Táblázat: 4. emelet mértékadó teljesítménye

Fogyasztó	**P_n [kW]**	**e**	**P_m [kW]**
Hűtés-fűtés	7	0,7	4,9
Folyosó világítása	0,6	0,8	0,48
Tartalék	1	0,1	0,1
Biztonsági világítás	1	1	1
409 hűtő	3	0,25	0,75
Szerver szoba	3	1	3
414	1	0,2	0,2
420	3	0,2	0,6
Folyosó feszültségmentesítés	0,5	1	0,5
404 1	4	0,2	0,8
404 2	4	0,2	0,8
405	14	0,2	2,8
406	4	0,2	0,8
407	4	0,2	0,8

408 1	4	0,2	0,8
408 2	4	0,2	0,8
409	4	0,2	0,8
410	4	0,2	0,8
411	4	0,2	0,8
412	4	0,2	0,8
413	4	0,2	0,8
414	4	0,2	0,8
415	4	0,2	0,8
416	4	0,2	0,8
417	4	0,2	0,8
Tartalék	4	0,1	0,4
Tartalék	4	0,1	0,4
Tartalék	4	0,1	0,4
Világítás	4,2	0,8	3,36
Világítás	1,2	0,8	0,96
Világítás	1,2	0,8	0,96
Világítás	1,2	0,8	0,96
Rack 1	3	0,2	0,6
Rack 2	3	0,2	0,6
Összesen	**119,9**	**-**	**34,97**

11. Táblázat: 5. emelet mértékadó teljesítménye

Fogyasztó	P_n [kW]	e	P_m [kW]
Hűtés-fűtés	7	0,7	4,9

Folyosó világítása	0,6	0,8	0,48
Tartalék	1	0,1	0,1
Biztonsági világítás	1	1	1
502/1	3	0,2	0,6
502/2	3	0,2	0,6
503	3	0,2	0,6
505	3	0,2	0,6
506	3	0,2	0,6
507	3	0,2	0,6
508	3	0,2	0,6
509	3	0,2	0,6
510	3	0,2	0,6
511	4	0,2	0,8
512	3	0,2	0,6
513	3	0,2	0,6
514	3	0,2	0,6
515	3	0,2	0,6
516	3	0,2	0,6
517	3	0,2	0,6
518	4	0,2	0,8
519	14	0,2	2,8
520	10	0,2	2
521	4	0,2	0,8
522	4	0,2	0,8
523	4	0,2	0,8

528	14	0,2	2,8
529	21	0,2	4,2
501/1	3	0,2	0,6
501/2	3	0,2	0,6
526/1	3	0,2	0,6
526/2	3	0,2	0,6
Gépészeti dugalj 1	3	0,2	0,6
Gépészeti dugalj 2	3	0,2	0,6
Világítás	4,2	0,8	3,36
Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Világítás	0,6	0,8	0,48
Összesen	**160**	**-**	**41,6**