

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK
TANSZÉK

KRESZ ADÉL
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA
DOLGOZAT

Kiegészített nagyvállalati energetikai audit a szállodaiparban:
Energiahatékonyság növelése és a szénlábnyom csökkentése

Konzulens:
Katona Bálint
Energetikai mérnök

Témavezető:
Dr. Szücs Botond
Egyetemi adjunktus

Budapest, 2024

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	2
1. Bevezetés	4
2. Energetikai audit típusai és szerepük a szállodaipar fenntarthatóságában	6
2.1. Energetikai audit típusai	6
2.2. Hogyan járul hozzá az energetikai audit a CO ₂ kibocsátás csökkentéséhez a szállodaiparban?.....	8
2.3. Környezettudatos szállás megválasztása napjainkban.....	10
2.4. Előnyök melyek a zöld szállás választásával járnak.....	10
3. Energetikai auditok áttekintése.....	12
3.1. A kiegészített nagyvállalati energetikai audit lépései	12
4. A kiegészített nagyvállalati energetikai audit háttére	18
5. Az audit fejlesztési javaslatai.....	21
5.1. Fejlesztési ötlet: A gőzrendszer felújítása	21
5.2. Fejlesztési ötlet: Mosoda és konyha légkezelő egység felújítása.....	22
5.3. Fejlesztési ötlet: Kazán beállítási pontjainak módosítása és sorrendbe állítása.....	26
5.4. Fejlesztési ötlet: Fűtőszivattyúk vezérlési stratégiájának javítása	28
5.5. Fejlesztési ötlet: Fotovoltaikus Panel elhelyezése az épület tetején.....	31
5.6. Fejlesztési ötlet: Hőszivattyú használati melegvíz- és fűtési célokra	33
5.7. Fejlesztési ötlet: A hűtőrendszer vezérlési stratégiájának javítása	34
6. Fejlesztési javaslatok összefoglalása.....	37
6.1. Megtakarítások összefoglalása, és a fejlesztési ötletekkel történő fogyasztási különbség szemléltetése	37
6.2. A megtérülési idő számításának módszerei.....	39
6.3. A szálloda energiafogyasztásának és CO ₂ -kibocsátásának összehasonlító elemzése más magyarországi szállodákkal.....	42
7. Összefoglalás	46
8. Felhasznált források.....	48

ELŐSZÓ

Dolgozatomban bemutatom az energetikai audit típusait általánosságban, majd részletezem, hogyan járulhat hozzá az energetikai audit a karbonlábnyom csökkentéséhez és hogyan segíthet a fenntarthatósági tanúsítványok megszerzésében. Az energetikai audit során feltárt lehetőségek révén a szállodák hatékonyabbá tehetik energiafelhasználásukat, ezzel jelentősen mérsékelve a szén-dioxid kibocsátásukat. A dolgozatban szeretnék rálátást adni arra is, hogy napjainkban hogyan választhatunk környezettudatos szállást.

Ezután mintaszerűen prezentálom, hogy egy hotelben hogyan zajlik le egy kiegészített nagyvállalati energetikai audit. A folyamat során részletes műszaki állapotfelmérést végzünk, megvizsgálva a fűtési, hűtési, világítási és légtechnikai rendszereket, majd javaslatokat teszünk azok optimalizálására. Az ilyen audit különösen fontos a szállodaiparban, mivel ezek a létesítmények nagy mennyiségű energiát használnak fel a mindennapi működés során, és jelentős hatást gyakorolnak a környezetre.

A dolgozatomban nyolc fejlesztési javaslatot dolgozok ki, amelyek mind a szálloda energiahatékonyágát növelik. Ezek közé tartozik például a gőzrendszer felújítása, amely a szálloda mosodai berendezéseinek energia hatékonyabb működését célozza meg, valamint a napelemek telepítése, mint megújuló energiaforrás, amely a szálloda villamosenergia-igényének fedezésére szolgál. Ezen kívül a fűtőszivattyúk vezérlési stratégiájának javítása is kiemelt fejlesztési javaslat, amely a fűtési rendszerek hatékonyságát növeli.

Minden fejlesztési javaslatához részletes számításokat készítettem, beleértve a várható energia- és költségmegtakarításokat, valamint a beruházások megtérülési idejét. Az ilyen intézkedések nemcsak az energiafogyasztást és költségeket csökkentik, hanem hosszú távon hozzájárulnak a szálloda fenntarthatósági céljainak eléréséhez is. A fejlesztési javaslatok révén a szállodák környezettudatosabb működést valósíthatnak meg, amely nemcsak az üzemeltetési költségeket csökkenti, hanem a vendégek számára is vonzóbbá teheti a létesítményeket.

Ezt követően olvashatunk a szálloda energetikai auditjának eredményeinek elemzéséről. Az elemzés részletezi az energia- és földgázfogyasztás, valamint a CO₂-kibocsátás csökkenését, amelyeket a bevezetett fejlesztések eredményeznek. Emellett különböző megtérülési időket is számolok, statikus és dinamikus módszerekkel, hogy pontosabb képet adjak a beruházások gazdasági hatékonyságáról. A fejezetben összehasonlítást végzek a szálloda jelenlegi és a fejlesztések utáni fogyasztási adatai, valamint más magyarországi szállodák energiafelhasználása között, hogy átfogó képet nyújtsak a javaslatok gazdasági és környezeti eredményeiről.

Köszönetnyilvánítás:

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet témavezetőmnek Dr. Szücs Botondnak, és Katona Bálint konzulensemnek, akik értékes szakmai tanácsaikkal és támogatásukkal nagyban hozzájárultak dolgozatom elkészítéséhez. Köszönettel tartozom a Honeywell Szabályozástechnika KFT. segítségéért és a rendelkezésemre bocsátott erőforrásokért. A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) támogatta.

Budapest, 2024.11.09.

Kresz Adél

Hallgató Neve

1. BEVEZETÉS

Manapság égető problémává vált az éghajlatváltozás kérdése, mely három okra vezethető vissza. Az éghajlati rendszer belső ingadozásai; természetes külső tényezők és az antropogén hatások. Az antropogén hatáson belülre soroljuk az üvegházhatás erősödését. A légköri üvegházhatás antropogén eredetű erősödése miatt a jövő század közepére a Föld hőmérséklete magasabbra emelkedhet, mint a történelem során valaha. Ezért elsősorban olyan, úgynevezett üvegházhatású gázok bizonyítottan emelkedő tendenciája a felelős, mint a szén-dioxid (CO_2), a metán (CH_4), a dinitrogén-oxid (N_2O) és a halogénezett szénhidrogének[1].

Ezek a gázok nem engedik távozni a földfelszínről kisugárzó hőt, megakadályozzák a légkörből való kijutását, és ezzel globális felmelegedést idéznek elő. Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC) hatodik értékelő jelentése szerint az emberi tevékenységből származó üvegházhatású gázok kibocsátása a 20. század eleje óta körülbelül $1,1\text{ }^\circ\text{C}$ -os felmelegedésért felelősek. A 2006-ban közzétett Stern-jelentés szerint a globális felmelegedés kezelése évente a világ GDP-jének 1%-ába kerülne, míg a tétlenség legalább 5%-ot, a legrosszabb esetben pedig akár 20%-ot is felemésztet. Így tehát a globális GDP-nek csak egy kis részét kellene az alacsony szén-dioxid kibocsátású gazdaságba történő beruházásokra fordítani, viszont cserébe az éghajlatváltozás elleni küzdelem sokkal nagyobb nettó haszonnal járna [2].

Az Európai Unió klímarendeletet fogalmazott meg, és egyéb klímaváltozási célokat is egyaránt. Első körben a European Green Deal (Európai Zöld Megállapodás) [3] keretében határozták meg az üvegházhatást okozó gázok 40%-os kibocsátáscsökkentési célját, amelyet a 1990-es kibocsátási szinthez képest kellett teljesíteni. Az orosz-ukrán háború után a RePowerEU program részeként ezt a célt megemelték, így az európai klímátörvény most már a kibocsátás-csökkentési célértéket 2030-ra legalább 55%-ra növeli, és 2050-re jogilag kötelező érvényűvé teszi a nettó klímaseglegességet[4]. Ez azt jelenti, hogy továbbra is megengedett bizonyos mértékű kibocsátás, de legalább ugyanannyit ki is kell vonni az atmoszférából, mint amennyit kibocsátanak. Az EU-n belül 2019-ben Németország, Egyesült Királyság, Franciaország, Olaszország, Spanyolország és Lengyelország voltak a legnagyobb üvegházhatást okozó gáz kibocsátók. Magyarország a felmérés szerint a 13. helyen áll [5].



1.Ábra: Üvegházhatást okozó gázok teljes kibocsátása

A klímaváltozás hatásainak mérséklésére több olyan megoldás is rendelkezésünkre áll, amelyekkel jelentősen csökkenthetjük a szén-dioxid és egyéb üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátását. Ennek egyik legfontosabb eszköze a megújuló energiaforrások, mint például a nap- és szélenergia használata, amelyek fosszilis energiahordozók helyett tisztább, fenntartható energiaforrást kínálnak. További megoldások közé tartozik az atomenergia, amely alacsony szénlábnyommal rendelkező alternatíva a stabil és folyamatos energiaellátás biztosítására. A közlekedés terén az elektromos és hidrogénhajtású járművek hozzájárulhatnak a benzin- és dízelüzemű járművek kiváltásához, míg a fűtési rendszerek esetében a hőszivattyúk környezetbarát alternatívát nyújtanak a földgáz tüzelésű kazánok helyett. Ezek a technológiák hosszú távon segíthetnek az ÜHG-kibocsátás jelentős csökkentésében, hozzájárulva az EU klímavédelmi céljainak eléréséhez.

Jelen esetünkben ezért előnyös egy szállodában és egyéb épülettípusokban végrehajtható energetikai audit elvégzése, mivel az audit által szolgáltatott CO₂ kibocsátás csökkentő megoldások használatával, az úgynevezett karbonlábnyom csökkenthető. A karbonlábnyom azt mutatja, hogy egy cég tevékenysége, egy ember életmódja vagy egy termék életciklusa nyomán mennyi üvegházhatású gáz (ÜHG) kerül közvetetten és közvetlenül a levegőbe. A karbonkibocsátás az összes üvegházhatású gáz kibocsátást jelenti. Minél nagyobb a karbonlábnyom, annál nagyobb az éghajlat-változásra mért hatás[6].

2. ENERGETIKAI AUDIT TÍPUSAI ÉS SZEREPÜK A SZÁLLODAIPAR FENNTARTHATÓSÁGÁBAN

Ebben a fejezetben áttekintést kapunk az energetikai audit típusairól, valamint arról, hogyan segíthet az audit a CO₂-kibocsátás csökkentésében és a különböző fenntarthatósági tanúsítványok megszerzésében. Emellett azt is megvizsgáljuk, milyen lehetőségeink vannak, ha környezettudatos szállást szeretnénk választani, és bemutatjuk, mitől hívjuk az energetikai auditot nagyvállalatinak és kiegészítettnek.

2.1. Energetikai audit típusai

Ebben az esetben az energetikai audit azért minősül kiegészítettnek, mert nem csupán a jelenlegi energiafogyasztási adatokat és a legnagyobb energiafelhasználással járó területeket térképezi fel, hanem részletesebb fejlesztési javaslatokat is kínál. A fejlesztési javaslatok számításánál a beruházások értékeihez hivatalosan bekért árajánlatok szerepelnek. Ezeket a fejlesztési javaslatokat az audit végén egy prezentáció keretében részletesen bemutatja, és szemlélteti, hogy a beruházás mekkora megtakarítást eredményezhet, valamint mennyi idő alatt térülhet meg.

Az audit nagyvállalati, mivel célcsoportját az Európai Unió definíciója szerinti nagyvállalatok képezik: *„Nagyvállalatnak azokat a cégeket tekintjük, ahol az alkalmazottak száma meghaladja a 250 főt vagy az árbevétel az 50, vagy a mérlegfő összeg a 43 millió eurót.”*[7] A dolgozatban olyan hotelek energetikai auditjára összpontosítunk, amelyek megfelelnek e kritériumok valamelyikének.

Egy iparban elvégzett energetikai auditról szóló tanulmányban olvashatunk arról, hogy milyen típusú energetikai audit létezik, valamint arról is, hogy ezek az energetikai auditok milyen szerepet játszanak az energiafogyasztás csökkentésében, a költségek mérséklésében és a működési hatékonyság javításában. Az energetikai auditnak 3 fő típusa létezik:

1. Előzetes energetikai audit:

Más néven egyszerű audit, a legegyszerűbb és leggyorsabb audit típus. Rövid idő alatt elvégezhető, és elsősorban a fő energiaforrásokra és energiafelhasználásra koncentrál. Az audit célja az energiahatékonysági programok bevezetéséhez szükséges lépések meghatározása egy adott létesítményben. Ennek során az elérhető adatok gyűjtésére, rendszerezésére, bemutatására és elemzésére kerül sor annak érdekében, hogy a legmegfelelőbb intézkedéseket határozzák meg az energiamegtakarítás érdekében. Ez az audit típus általában csak a legfontosabb problémákra világít rá, a javítási lehetőségek rövid leírást kapnak, és gyors becslések készülnek a megvalósítás költségeiről, a várható megtakarításokról és a megtérülési időről. Bár ezek az információk nem elegendők a végső döntéshozatalhoz, megfelelő alapot nyújtanak az energiahatékonysági projektek rangsorolásához, és segítenek eldönteni, szükséges-e részletesebb audit elvégzése.

2. Általános energetikai audit:

Az általános energetikai auditot, helyszíni energetikai auditnak vagy teljes helyszíni energetikai auditnak is nevezik. Ez kiterjeszti az előzetes auditot, részletesebb információkat gyűjtve a létesítmény működéséről és alaposabban értékelve az azonosított energiatakarékossági intézkedéseket. A közüzemi számlákat általában 12–36 hónapra visszamenőleg begyűjtik, hogy az auditor megvizsgálhassa a létesítmény energia- és teljesítménystruktúráját, valamint az energiafelhasználási profilokat. Gyakran további mérések is történnek az egyes energiafogyasztó rendszerek esetében, hogy kiegészítsék a közüzemi adatokat. Ez az audit típus képes az összes olyan energiatakarékossági intézkedést azonosítani, amely a létesítmény működési paraméterei alapján releváns. Minden egyes intézkedés esetében részletes pénzügyi elemzést végeznek, amely a megvalósítás költségbevételeire, a helyspecifikus működési költségmegtakarításokra és az ügyfél befektetési kritériumaira épül. Az audit elegendő részletességgel szolgál ahhoz, hogy igazolja a projekt megvalósítását.

3. Részletes energetikai audit:

A részletes energetikai audit, más néven átfogó vagy befektetési szintű audit, az általános audit továbbfejlesztett változata. Ennek keretében részletesebben vizsgálják a különböző folyamatok energiaigényét, valamint az adott létesítmény termelési adatait és specifikus energiafelhasználását. A részletes audit célja egy átfogó cselekvési terv kidolgozása, amelyet az adott iparágak hatékonyan alkalmaznia kell az energiatakarékosság érdekében. Az épület modelljét a valós közüzemi adatokhoz igazítják, hogy reális alapot biztosítsanak, amelyen keresztül kiszámíthatóak a javasolt intézkedések révén elérhető üzemeltetési megtakarítások. A részletes audit célja, hogy kidolgozzon egy konkrét tervet a termelési folyamatok energiafelhasználásának optimalizálására. Az ipari energetikai audit általában a következő rendszereket vizsgálja: kazánok, kemencék, légkondicionáló rendszerek, hűtési vagy fagyasztóberendezések, energiatermelési és elosztási rendszerek, sűrített levegős rendszerek, szivattyúk, valamint elektromos motorokkal működtetett rendszerek.

A dokumentum világítási rendszerekre vonatkozó részében a CO₂-kibocsátás csökkentése közvetett módon, az energiafogyasztás mérséklése révén valósul meg. A világítás energiahatékonyságának javítása – jelen esetben a halogénlámpák kompakt fénycsővekre (CFL) vagy LED-ekre való cseréje – kevesebb villamos energiát igényel. Mivel a villamosenergia-termelést napjainkban még mindig nagyrészt fosszilis tüzelőanyagokra alapozzák, a fogyasztás csökkentésével kevesebb fosszilis tüzelőanyagot égetnek el az erőművek, ami közvetlenül hozzájárul a szén-dioxid-kibocsátás csökkentéséhez. Az energetikai audit segítséget nyújthat abban, hogy az intézmény feltárja az energiahatékonyság javításának lehetőségeit, így nemcsak az energiafogyasztás csökkenhet,

hanem a működési költségek is mérséklődnek, hozzájárulva a fenntarthatóbb működéshez.[8].

2.2. Hogyan járul hozzá az energetikai audit a CO₂ kibocsátás csökkentéséhez a szállodaiparban?

A szállodák energiaigényes működésük, magas vízfogyasztásuk, hulladéktermelésük és szállítási igényeik miatt jelentős mértékben hozzájárulnak a szén-dioxid kibocsátáshoz. Mivel az utazási és szálláskereslet folyamatosan növekszik, a szállodaipar számára létfontosságú, hogy felismerje tetteinek környezeti következményeit, és lépéseket tegyen a karbonlábnyom csökkentése érdekében. A fenntarthatósági gyakorlatok bevezetésével a szállodák nemcsak az éghajlatváltozás elleni küzdelemre irányuló globális erőfeszítésekhez járulnak hozzá, hanem javítják hírnevüket, környezettudatos vendégeket vonzanak, és potenciálisan csökkentik működési költségeiket.

Egy nemzetközi tanulmány [9] részletesen bemutatja, milyen energiatakarékosági stratégiák és környezetvédelmi irányelvek alkalmazhatók a kisebb görög szállodák esetében. A görögországi szállodák túlsúlyáról szóló vitát követően, valamint Görögországban és azon kívül végzett átfogó kutatások és esettanulmányok megvizsgálása után hasznos lenne a szállodatulajdonosok és tervezők/mérnökök számára, ha rendelkezésükre állna egy adatbázis azokról az energiagazdálkodási lehetőségekről, amelyeket egyéb szállodákban lehetne alkalmazni. Számos szakember végzett kiterjedt kutatást, amelynek eredményeként több ajánlási lista is megjelent a szállodai energiamegtakarítási stratégiákról.

A Hotel Energy Solutions projekt információkat, technikai támogatást és képzést nyújt az EU-ban található szállodák számára, hogy növeljék energiahatékonysági és megújuló energiát hasznosító technológiák használatát. Az Egyesült Államok Zöld Építési Tanácsa U.S. Green Building Council (USGBC), egy nonprofit szervezet, amely a fenntartható épülettervezés és -építés iránt elkötelezett, egy dokumentumot [10] készített gyakorlati zöld stratégiákról, amelyeket Leadership in Energy and Environmental Design, azaz LEED-minősítéssel rendelkező szállodai projektek használtak.

Ezeknek az értékes jelentéseknek és cikkeknek kombinálása, illetve a szerző görögországi szállodatervezéssel kapcsolatos kutatásai és szakmai munkája alapján olyan stratégiatáblázatok készültek, amelyek kettős szerepet töltenek be. Ezek áttekintést nyújtanak a szállodavezetőknek és befektetőknek a világon leggyakrabban alkalmazott energiamegtakarítási stratégiákról, amelyeket adatbázisként használhatnak szállodaik korszerűsítéséhez és „zöldítéséhez” Görögországban.

Mielőtt eldöntenénk, mely stratégiákat alkalmazzuk az energiamegtakarítás érdekében a szállodákban, elengedhetetlen egy energetikai audit elvégzése. Az audit során feltárulnak a problémák, majd egy akcióterv készíthető, amely meghatározza a prioritásokat és célokat, amelyeket azonnal vagy a jövőben kell teljesíteni. Ezt követően eldönthető a legegyszerűbb

és legkevésbé költséges lehetőségek alkalmazása a problémák megoldására. Az ideális döntések egy költség-haszon elemzés után születnek meg, amely bemutatja a befektetés megtérülését.

Egy kiegészített nagyvállalati energetikai audit jelentős segítséget nyújthat akár egy fenntarthatósági tanúsítvány megszerzésében. Ilyen fenntarthatósági tanúsítvány például a már korábban említett LEED tanúsítvány, de emellett számos különböző szerv kínál tanúsítványokat a világ minden táján. Legyen szó a Green Key vagy akár BREEAM tanúsítványról, az audit ezek megszerzésében is segítséget nyújthat. [11],[12],[13]

Ahhoz, hogy egy hotel megkaphasson bármely ilyen tanúsítványt, számos kritériumnak kell megfelelnie. Ezek közül a következő feltételek teljesítésében tud az segítséget nyújtani az audit:

1. Az energiahatékonyságra szükséges törekedni, például a megújuló energiaforrások használatával vagy energiahatékony berendezések beépítésével. Ilyen jellegzetes beruházási javaslat, amely rendszeresen előfordul egy audit végbemenetelével, a napelem telepítése. Az energetikai audit nem csupán arra adhat javaslatot, hogy hány négyzetméterre lehetséges telepíteni napelemet, de akár éves energiatermelési adatokat is kaphatunk havi lebontásban szemléltetve.
2. A vízhatékonyságra is figyelmet kell fordítani, például víztakarékos berendezések használatával. Ide tartozhat, hogy a gépészeti állapotfelmérés során mindig le kell ellenőrizni, hogy a szálloda szobáiban a csap rendelkezik perlátorral vagy sem. Az új generációs perlátorok már víztakarékosak. Segítségükkel nagyban csökkenthető a percenként átfolyó víz mennyisége, mégpedig a komfortérzet csökkenése nélkül[14].
3. Beltéri levegő minőségére is szükséges figyelni a jó levegőminőség biztosításával. Jelentős figyelmet fordítanak az auditot végző mérnökök, hogy a légtechnikai berendezések megfelelően működjenek. Amennyiben nem megfelelően üzemel, előfordulhat, hogy olyan megoldási javaslat merül fel, amely költségkímélő is, így nem kell a teljes légtechnikai berendezést cserélni. Ilyen lehet például egy CO₂ szenzor elhelyezése a berendezésben. Ez nem csupán költségkímélő megoldás, de a szénlábnyom csökkentéséért is tesz.
4. Világítás korszerűsítése. Az auditon belül a világítástechnikára is mindig kell figyelmet fordítani- A LED lámpák rendkívül energiatakarékosak, így hosszú-távon csökkenthetik az energiafogyasztást és a villanyszámlát. Ebből kifolyólag, ha egy bejárás során azt lehet észrevenni, hogy a szálloda nem ilyen világítástechnikával rendelkezik, biztosan a fejlesztési ötletek egyike lesz. Az audit eredményeképpen pedig kiszámítjuk, hogy amennyiben beruháznak ebbe a fejlesztési ötletbe, mennyi időn belül számíthat a szálloda megtérülésre.
5. Egy nagyvállalati energetikai audit jelentős segítséget nyújthat egy szálloda fűtési rendszerének optimalizálásában. Így, ha a vizsgálat keretében végzett helyszíni felmérés során kiderül, hogy a szálloda csőrendszere nem megfelelően szigetelt, az audit számításokkal alátámasztja, mekkora energiamegtakarítás érhető el a szigetelés

javításával. Ily módon, az energetikai audit konkrét, számszerűsíthető adatokat biztosít a fűtési rendszer fejlesztéséhez, amely hosszú távon költségcsökkentést és energiahatékonyságot eredményezhet a szálloda számára.

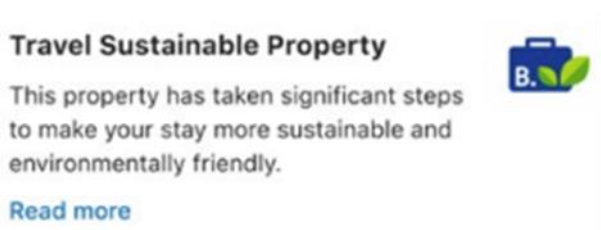
Emellett még az audit keretein belül különböző mérőeszközökkel történő mérés által (például áramlásmérővel vagy hőkamerával) információt lehet szerezni például, az épület energiafogyasztásáról, az eszközök fogyasztásáról.

2.3. Környezettudatos szállás megválasztása napjainkban

A fenntarthatóság iránti beruházás nem csak a működési költségeket csökkenti, hanem javítja a szállodák hírnevét és vonzza a környezettudatos vendégeket. Az úgy nevezett zöld szállodák olyan létesítmények, amelyek különböző fenntarthatósági tanúsítvánnyal rendelkeznek. Ezek a tanúsítványok garantálják, hogy a szálloda megfelel a fenntarthatósági elveknek és gyakorlatoknak, és így vonzóvá teszik azoknak a vendégeknek, akik környezettudatos szállást szeretnének választani [15].

Napjainkban már túlnyomó többségben interneten keresztül vesszük véghez a szállásunk lefoglalását akár munka akár pihenés céljából. Lehetőségünk van hozzájárulni a környezetvédelemhez akkor, hogyha a szállás foglaló portálon figyelembe vesszük a különböző besorolásokat. Ilyen szállásfoglaló portál például a Booking.com nemzetközi honlap, amelyet 1996-ban alapítottak és mára már a világ egyik legnagyobb internetes szállásfoglaló vállalatává vált. Így véleményem szerint ez megfelelő példa a szemléltetés érdekében [16].

A Booking.com egyik célja, hogy amennyiben szállást szeretnénk foglalni lehetőségünk legyen keresni olyan hotelt vagy bármilyen szállásadó helységet, amelyek képesek felmutatni az említett tanúsítványok valamelyikét (LEED, Green Key, BREEAM) vagy ehhez hasonló energiahatékonysági tanúsítványt. Amennyiben szeretnénk ilyen szállást foglalni, amely rendelkezik ilyen fenntarthatósági tanúsítvánnyal a 2. ábrán láthatjuk milyen jelzésre kell felfigyelnünk:



2. Ábra: Szálláshely fenntarthatóságának jelzése [17]

2.4. Előnyök melyek a zöld szállás választásával járnak

Számos előnye lehet annak, hogyha a szálláshely olyan beruházásoknak ad teret, melyek által lehetőséget kap, fenntarthatósági tanúsítvány megszerzésére. Ilyen előnyök közé

tartozik, hogy a Booking.com által megkérdezett utazók 65%-a jobban érezné magát amennyiben tudná, hogy az adott szállás rendelkezik fenntarthatósági tanúsítvánnyal [18]. Figyelembe véve a szállásadó portál látogatottságát, ez jelentős előnynek számíthat. Továbbá a tanúsítvánnyal rendelkező szállások nagyobb valószínűséggel fejtenek ki kedvezőbb hatást a környezetre, mint az egyéb szállástípusok. Az ENSZ Környezetvédelmi Programjának keretein belül végeztek egy felmérést, melynek neve a TUI 2017-es felmérés, amely a fenntarthatósági tanúsítványok társadalmi hatásait mérte fel 330 szállodában [19]. Az eredmények azt mutatják, hogy az okirattal rendelkező helységek a következőkben térhetnek el azoktól a szállásoktól, amelyek nem rendelkeznek ilyen tanúsítvánnyal:

1. 10%-kal alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátás vendég éjszakánként
2. 24%-kal kevesebb hulladék vendég éjszakánként
3. 15%-kal kevesebb összesített vízhasználat vendég éjszakánként
4. Magasabb összesített vendégelégedettség

Emellett előnyhöz sorolható az is, hogy amikor a tanúsítvány megszerzéséről és megtartásáról van szó, a szálláson mindenkinek részt kell venni a munkálatokban. Így ezáltal a munkavállalók egy olyan közös ügyért dolgozhatnak együtt, amely nem csupán a szállásadó helység látogatottságát növeli, de a környezettudatos mindennapokhoz is egy lépéssel előrébb kerülhetnek.

Dolgozatomban célom, hogy átfogó képet nyújtsak egy hotel energetikai auditjának lépéseiről, valamint bemutassam, hogyan valósulnak meg a gyakorlatban a különböző fejlesztési javaslatok.

3. ENERGETIKAI AUDITOK ÁTTEKINTÉSE

Ebben a fejezetben áttekintjük az energetikai audit lépéseit. Ezáltal belátást nyerhetünk az előzetes lépésekre, majd a műszaki állapotfelmérés részeire, végül pedig az energiahatékonyság növelését célzó számítások és javaslatok kidolgozásának folyamatát.

3.1. *A kiegészített nagyvállalati energetikai audit lépései*

Amennyiben egy szálloda igényét jelzi egy energetikai auditra elsőként egy előzetes auditra van lehetősége. Ez azért így alakult ki, mert az előzetes audit csupán egy rálátást ad a szálloda számára, hogy amennyiben befektet egy kiegészített nagyvállalati auditba az milyen lépésekkel, előnyökkel járhat. Emellett a szálloda egy képet kaphat arról, hogy milyen fejlesztési javaslatok megtervezésében nyújthat segítséget számításaival és tervezésével egy kiegészített nagyvállalati audit.

Az energetikai audit első lépése a felmérés háttérének kirészletezése. Ide tartozik a feladat megfogalmazása, a módszertan leírása és a közreműködő személyek szemléltetése. Esetünkben ennek azért van jelentősége, mivel másféle eljárások, valamint más fejlesztési ötletek merülnek fel, ha nem hotelről vagy más szállást szolgáltató intézményről beszélünk, hanem például egy irodaházról, bevásárló központról vagy akár egy gyárról. Következő lépés az esetleges pénzügyi támogatások felmutatása. Mivel ez minden évben, és hotel típusától függően változhatnak pár típusnak szeretnék említést adni. Az egyik ilyen támogatási típus az úgynevezett EKR (Elektronikus közbeszerzési rendszer). Az elvégzett auditnak köszönhetően jogosult az auditáló vállalat a beruházásból fakadó energiamegtakarítást auditálni, hitelesíteni és meg is vásárolni. A másik ilyen támogatás a TAO, amely által a cégek társasági adókedvezményt vehetnek igénybe az energiahatékonysági célokat szolgáló beruházás megvalósítása esetén.

Ezután következik a műszaki állapotfelmérés, amelyet szükséges elvégezni abban az esetben is, ha a hotel csak az előzetes auditra tart igényt, valamint akkor is, ha majd később a kiegészített részletes auditra is szeretne befektetni. Ilyenkor az auditot végző mérnökök körbejárják azokat a helyiségeket, amelyeknél energiatakarékossági lehetőség merülhet fel. A műszaki állapotfelmérés részei:

Építészet felmérése

Szükséges feltüntetni az épület funkcióját, részletes technológiai tulajdonságait (ilyen például, az épületegyüttes kialakítása, vagy akár az alapzat és a váz-szerkezet anyaga) és emellett épületfizikai diagnosztika összefoglalóját. Az épületfizikai diagnosztika összefoglalójába tartozhat a hőérzet, az épület huzatossága, nyirkossága vagy akár a penészedés is. Amennyiben az épület nem rendelkezik napelemmel akkor már az energetikai audit során érdemes ennek megfelelő helyiséget szemügyre venni.

Fűtéstechnika

Az épület fűtésének és használati melegvízről gondoskodó berendezéseinek áttekintése az egyik legfontosabb pontja az energetikai auditnak. Gépészeti állapotfelmérés során megtekintjük a kazánházat, melyben szemrevételezzük a kazánblokkokat. Emellett azt is megnézzük, hogy az égési levegő bevezetés honnan történik. Ezután a hőleadás formáját ellenőrizzük, amely magyarországi hoteleknél általában fan-coilokon keresztül történik.

Hűtéstechnika:

Az audit során, a hűtéstechnikai célra beszerelt berendezések ellenőrzése mértékadó lehet az energiafogyasztás tekintetében. Például ide tartozhatnak a kompresszoros hűtőgép rendszerek akár a split és multi-split rendszerek valamint a VRF (Variable Refrigerant Flow) és a fan-coil rendszerek. A hidegenergia termelés tekintetében fontos ellenőrizni, hogy milyen kialakítású a rendszer. A hűtési rendszert több részre oszthatjuk:

- Kondenzátor egység
- Elpárologtató egység

Ha kompakt folyadékhűtőről beszélünk, akkor a gép a kültéren helyezkedik el és a beltérben csak a szekunder kör található, de előfordulhat olyan kialakítás mellynél hűtőtornyot kell alkalmazni kondenzátorként. Ekkor a folyadékhűtő elhelyezése belső gépházban is lehetséges. Az épületen belüli egység tekintetében előfordulhat, hogy folyadékhűtővel rendelkező kialakítást találunk, de hőszivattyús rendszer is előfordulhat. A hőszivattyúval rendelkező típus előnye, hogy ebben az esetben hűtési és fűtési igényeket is el lehet látni. Az audit során ennek minőségét ellenőrizni kulcsfontosságú. A hűtőberendezések választásánál fontos szempontok lehetnek még, hogy milyen méretű hotelről van szó, valamint milyen hűtési igényekkel rendelkezik.

Légtechnika

Egy szálloda tekintetében kifejezetten fontos a légtechnikai berendezések ellenőrzése. Ide tartozik a szobák, a folyosók és a tárgyalók szellőztetésének megoldása, mivel ezáltal csökkenthető a penészedés esélye, fenntartható a minimális frisslevegő igény, valamint a megfelelő komfortérzethez szükséges hőmérséklet elérése. Amennyiben az adott hotel rendelkezik wellness vagy fitneszteremmel, abban az esetben kimondottan szükséges a légtechnikai rendszerek megfelelő kialakítása, mivel ellenkező esetben ez akár súlyos egészségügyi problémához is vezethet.

Világítástechnika:

Manapság LED technológiára alapú világítástechnikai berendezések energiahatékonyságukat tekintve a legcélszerűbbek. Ezért is fontos, hogy az épület mesterséges megvilágítását szolgáló rendszer mikor lett korszerűsítve. A világítás-technikai részt tekintve fontos abba is belegondolni, hogy ebbe a kategóriába beletartozik az a világítás, amely nappal is fel van kapcsolva, hiszen ez foglalja magában az energiafelhasználás zömét, a tartalék, illetve a biztonsági világítás, a menekülő útvonal kivilágítása, valamint a tűzjelző rendszer láthatóságának megoldása is.

Szobák ellenőrzése:

Külön figyelmet szükséges fordítani a szobahelyiségek ellenőrzésére. Számos olyan probléma felmerülhet a szobákban, mint ami a többi helyiségben nem. Ilyen például, hogy elterjedt a szobakulcs leváltása kártyás beléptető rendszerre. Ez nem csupán azokban a szobákban jellemző, ahol a vendégeket szállásolják el, hanem a konferenciatermekben is előfordulhat. Az ilyen rendszerek esetében ez a kártya nem csupán a világításért felel, hanem abban az esetben, ha behelyezzük a kártyát a fűtési-és hűtési rendszert is tudjuk szabályozni. Ilyen esetben jelentős energiafogyasztás csökkentési javaslatokat adhatunk, ha tanácsot adunk ennek megfelelő használatára. Emellett a szobák esetében fontos ellenőrizni a nyílászáró és a szigetelés típusát és minőségét mivel, ezáltal is energiát lehet megtakarítani. Előfordulhat, hogy a hotel nem rendelkezik olyan klímarendszerrel mely szabályozni tudja magát, hogy az ablakok nyitott vagy csukott állapotban vannak. Ezt is érdemes ellenőrizni, mert ezzel még több energiahatékonyságot elősegítő fejlesztési javaslatot lehet adni. Emellett érdemes figyelmet fordítani arra is, hogy a szobákban lévő csapok rendelkeznek-e perlátorral, amely csökkenti a vízfogyasztást azáltal, hogy levegőt kever a vízáramba, így kevesebb víz is elegendő a kívánt hatás eléréséhez, ami szintén hozzájárul az energia- és vízmegtakarításhoz.

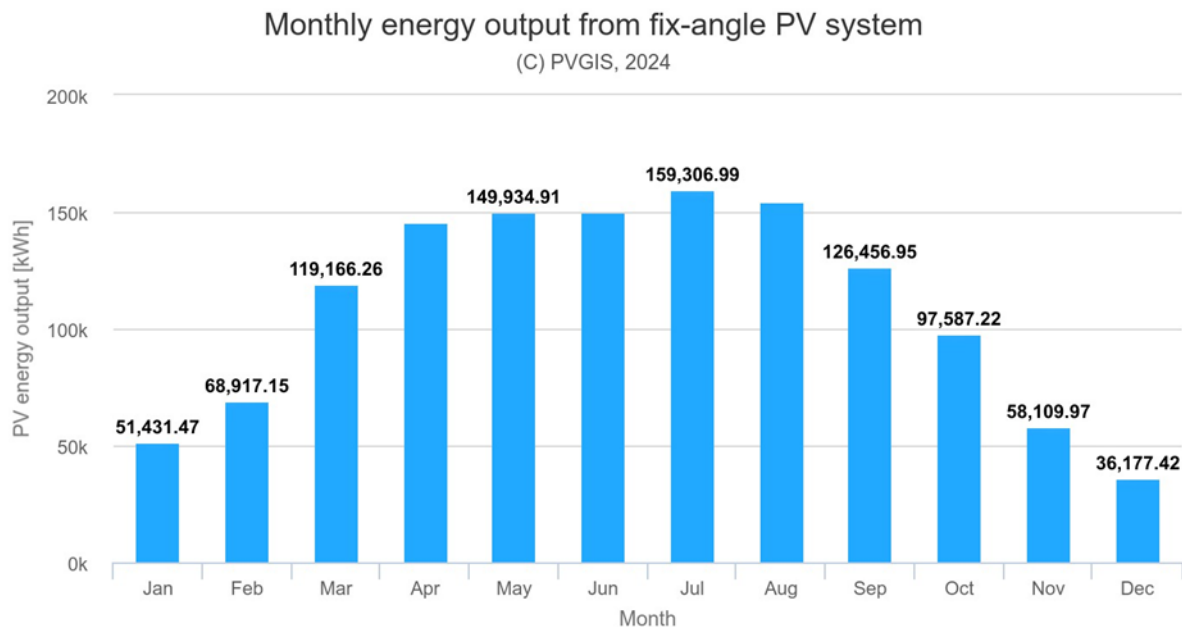
Épületfelügyeleti rendszer ellenőrzése:

A legtöbb szállásadó intézmény napjainkban már rendelkezik úgynevezett épületfelügyeleti rendszerrel melynek angol rövidítését használják, ez a BMS. Ez a Building Management System olyan számítástechnikával ellátott rendszer, amelyet az épület szolgáltatásainak felügyeletére és vezérlésére használnak. Ilyen például a világítás, a fűtés, a légkondicionálás, a felvonók stb. Ez általában nincs megfelelően felújítva, így, ha szükséges ez is megfelelő lehet fejlesztési javaslatnak[20].

Napelem:

Napelem tekintetében akkor történik számítás, amennyiben a bejárás során a szálloda területén található olyan terület melyet még nem használtak ki ilyen célra. Amennyiben van lehetőség erre a fejlesztési ötletre általában egy külön látogatás során az auditot végző mérnökök lemérik a napelem kiépítésének megfelelő helyet, majd egy online program segítségével rögzítik a hotel és a terület sajátosságait és végül kiszámítják a megfelelő rendszer paramétereit. Ezek az eredmények villamos energia mennyiségek, hogy az elkövetkező évben mennyi villamos energiát képes megtermelni a napelem. Emellett egy oszlopdiaagrammon is szemlélteti a program, hogy az adott éven belül hónapokra lebontva mennyi villamos energiát termelhet a berendezés kWh mértékegységben. A 3. ábra

bemutatja egy átlagos magyarországi hotel esetében milyen villamosenergiatermelésre számíthat:



3.Ábra: Napelem villamosenergiatermelése havi lebontásban[21]

A műszaki állapotfelmérést követően a fejlesztési javaslatok felsorolása következik. Ezek a javaslatok általában a gépészeti állapotfelmérés közben vagy utána fogalmazódnak meg. Ahhoz, hogy az energiafogyasztás csökkentéséhez legmegfelelőbb tanácsot lehessen adni, fontos minden paramétert figyelembe venni. Így érdemes a felújítás előtti berendezések névtábláját lefotózni, és digitalizálni, mivel ezáltal a számításhoz a berendezések legfontosabb tulajdonságairól információt nyerhetünk pl.: teljesítményéről. Ez abból az okból kifejezetten fontos, mert legtöbbször az állapotfelmérés végeztével előfordul, hogy a hotel személyzete az épületben lévő berendezésekről szóló legfontosabb adatokkal nem rendelkezik. Az audit során készült képre megfelelő példát a 4. ábra mutatja:



4. Ábra: Szivattyú névtábla

Általában ezeket a megoldási javaslatokat is az angol rövidítésükkel szokták jellemezni, ezt ECM-nek hívják, ami a Energy Conservation Measures mozaik szava.

Fontos megjegyezni, hogy az előzetes auditban a fejlesztési ötletekhez tartozó számítások becsült értékek. Amennyiben úgy dönt a szálloda, hogy beruház a részletes auditba, később a kiegészített energetikai audit keretein belül egy kibővített számításra és részletesen leírt fejlesztési javaslatokra számíthat. Ez a leglényegesebb különbség a két féle audit között. A műszaki állapotfelmérést követi a számítási folyamat. Az intézkedési javaslatok megnevezése után az energiahatékonyságot bebizonyító számítás következik. Ez magába foglal minden olyan számítást, amely a fejlesztési javaslatokat alátámasztja. Ennek feltétele, hogy a bejárás során, (vagy az előzetes adatok által) a szükséges értékek megfelelő módon legyenek megmérve, valamint a megtérülést befolyásoló támogatások feltüntetése. A mért értékeket célszerű a hozzá tartozó berendezéssel együtt táblázatba rendezve felmutatni. A beruházással elérhető végső számítások közül néhány:

- A beruházással elérhető végsőenergia megtakarítás [kWh/év]
- Éves energia megtakarítás [kWh/év]
- Éves energiaköltség megtakarítás [Ft vagy € /év]
- Beruházási költség [Ft vagy €]
- Megtérülési idő [év]
- A beruházással elérhető CO₂ kibocsátás megtakarítás [tCO₂e/év]

Ezek a számítások minden olyan berendezéshez vagy javaslatához tartoznak, ahol fejlesztési lehetőség merül fel. Vannak egyéb megtakarítási lehetőségek, ilyen az egyéb beruházási formát nem igénylő kisebb megtakarítási lehetőségek. A beruházási ráfordítások nélküli (vagy minimális forrásigényű) megtakarítási javaslatokat is szükséges megemlíteni beavatkozási móddal kiegészítve. Ilyen lehet a hétköznapi életben például, az irodai egyéb berendezéseket tekintve, hogy a felesleges belső technológiai hőterhelést lehetőleg

csökkentsük (pl. bekapcsolva maradt berendezések), hiszen ezek megnövelik az energiafogyasztást. Ilyen megtakarítási lehetőségek közé tartozhat az energiatudatosságra nevelő oktatás javaslata is. Miután az összes lehetséges számítást elvégeztünk, az eredmények egy előadás keretein belül bemutatásra kerül a megrendelőnek.

Összefoglalva a vizsgálat menete magába foglalja a helyszíni bejárást, az adatok feldolgozását és kiértékelését, majd ezt követi az energiahatékonyságot növelő, illetve energia költség-csökkentő javaslatok kidolgozása és számszerűsítése. Ezt követően a javaslatokhoz tartozó közelítő beruházási, energia megtakarítási és várható megtérülési számítások bemutatása és legvégül pedig a vizsgálati dokumentáció összeállítása, javaslatok és támogatási formák bemutatása.

4. A KIEGÉSZÍTETT NAGYVÁLLALATI ENERGETIKAI AUDIT HÁTTERE

Lehetőségem volt egy budapesti hotel kiegészített nagyvállalati energetikai auditját elvégezni mérnökökkel, melyet ebben a fejezetben fogok bemutatni. A projekt keretében személyesen jártuk be a hotelt, ahol az épület különböző területeit részletesen megvizsgáltuk. A vizsgálat során különös figyelmet fordítottunk az épület belső és külső sajátosságaira, mivel ezek jelentős hatással vannak az energiafogyasztásra és a fejlesztési lehetőségekre. A hotel modern, városi környezetben helyezkedik el, nagy kiterjedésű épület, északi és déli szárnyal egyaránt rendelkezik, amelyek eltérő energiaigénnyel rendelkeznek.

A hotelben található egy BMS (Building Management System) rendszer, amely rálátást biztosít az épület majdnem teljes gépészeti rendszerére, beleértve a fűtési, hűtési és szellőzőrendszereket. Azonban bizonyos területek frissítésre szorulnak, mivel a BMS jelenleg a régi állapotokat ábrázolja, így az energetikai audit során az ezekre vonatkozó fejlesztési javaslatokban is hangsúlyoztuk a BMS frissítésének fontosságát.

Belső tereit tekintve a hotel nem rendelkezik wellness részleggel, viszont egy nagy területű mosoda működik az épületben, amely az egyik legnagyobb energiafogyasztó egység. Az energetikai audit során többek között megvizsgáltuk a hotel gépészeti rendszereit (fűtés, hűtés, szellőzés), a világítási rendszereket és a vízfelhasználás hatékonyságát.

A felmérés során betekintést nyertünk a szobák működésébe is, ahol kártyás rendszer szabályozza a klímát és a világítást. A rendszer automatikusan lekapcsolja a hűtést vagy fűtést, ha a vendég elhagyja a szobát vagy kinyitja az ablakot. Az ablakok két rétegű üvegfelülettel rendelkeznek, ami növeli a hőszigetelést, és az épület szigetelésére vonatkozóan is részletes adatokat kaptunk: vasbeton szerkezete előre gyártott vasbeton elemekkel borított, a külső és belső betonréteg között 5 cm-es szigetelés található, amely csökkenti a hőveszteségeket. A homlokzati hőszigetelés mellett a légkezelő rendszerek szerepe is jelentős a helyiségek temperálásában, különösen a nyári hónapokban.

Az auditálás során szükség volt az előzetes fogyasztási adatok lekérdezésére is, mint például a gáz- és villamosenergia-számlák, hogy teljes képet kapjunk az épület energiafelhasználási szokásairól.

Azelőtt, hogy belekezdünk a kiegészített nagyvállalati audit munkálataiba, a hotel már átesett egy előzetes auditon is. Ennek eredményeként a vezetőség úgy döntött, hogy további beruházásokkal támogatja a kiegészített nagyvállalati audit elvégzését.

A bejárások és részletes számítások után összesen nyolc fejlesztési javaslatot dolgoztunk ki, amelynek célja az energiahatékonyság növelése és a költségek csökkentése. A következőkben bemutatom az egyes fejlesztési ötleteket, a statikus megtérülési idők figyelembevételével, kezdve a legrövidebb statikus megtérülési idejű javaslatokkal, egészen a leghosszabb megtérülési idővel rendelkező beruházásokig. Számításaink során használt kiinduló állapothoz tartozó fogyasztási értékek:

- Villamos energia fogyasztás: 4 388 MWh

- Földgáz fogyasztás: 560 070 m³
- CO₂ kibocsátás: 1 109 t/év

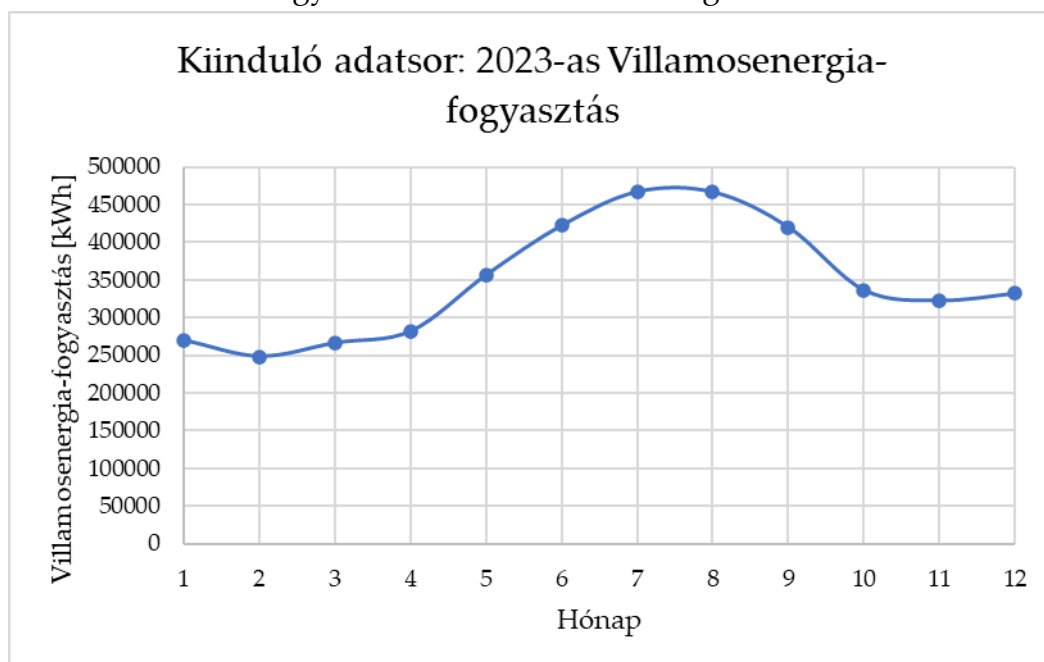
A fejlesztési javaslatokkal elérhető fogyasztások értékei:

- Villamos energia fogyasztás: 3 604 MWh
- Földgáz fogyasztás: 307 070 m³
- CO₂ kibocsátás: 608 t/év

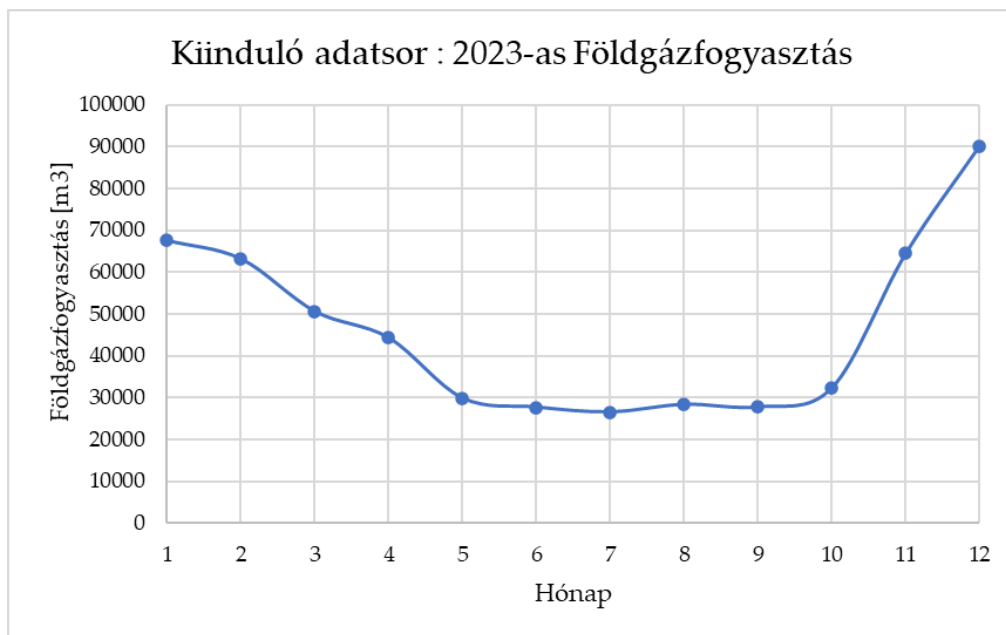
Az egységnyi energiaárakra is kifejezetten fontos figyelmet fordítani, mivel ezeknek értéke változhat az idő múlásával. A számításokhoz felhasznált energiaárak a következők:

- Villamos energia egységár: 0,15 €/kWh
- Földgáz egységár: 0,70 €/m³

A kiinduló adatsor tekintetében elmondható, hogy a 2015. évi LVII. Törvény az energiahatékonyságról az elmúlt három év havi átlag fogyasztását írja elő bázisévnek[22]. A COVID-járvány megjelenése miatt az elmúlt 3 év fogyasztási adatai nem túl reprezentatívak, így a 2023.-as év havi átlag villamosenergia- és földgáz fogyasztásával készültek a számítások. A fogyasztási adatokról szóló diagramot az 5. és 6. ábra mutatja:



5. Ábra: 2023-as villamosenergia-fogyasztás havi lebontásban



6. Ábra: 2023-as földgázfogyasztás havi lebontásban

5. AZ AUDIT FEJLESZTÉSI JAVASLATAI

A következő pontban egy budapesti hotel kiegészített nagyvállalati energetikai auditjában felmerülő fejlesztési javaslatokhoz tartozó számítási folyamatok részletes leírását láthatjuk.

5.1. Fejlesztési ötlet: A gőzrendszer felújítása

A jelenlegi gőz ellátó rendszer elemzése alapján megállapítást nyert, hogy a gőztermelés jelentősen meghaladja a hotel mosodai berendezéseinek tényleges igényét, ami jelentős veszteségekre utal. A gőzrendszer felújítása, mint fejlesztési ötlet rendelkezik a legkisebb megtérülési idővel. A javasolt fejlesztési intézkedések célja a rendszer hatékonyságának növelése a hőveszteségek minimalizálásával és a hibás eszközök, például kondenz edények javításával.

A hotel jelenlegi gőzellátó rendszere magában foglalja a kazánban, a 6. emeleten előállított gőzt, amelyet a pincében elhelyezkedő mosodában használnak fel. A becsült gőztermelés jelenleg magasabb, mint a mosodai gépek tényleges gőzigénye, ami a gőzszállítási és elosztási rendszer több pontján jelentkező veszteségekre vezethető vissza.

A fejlesztési javaslat számos problémára kínál megoldást, amelyek jelenleg hozzájárulnak a gőztermelés hatékonyságának csökkenéséhez:

- A gőztermelés jóval meghaladja a felhasználók névleges gőzigényét, ami felesleges energiafogyasztáshoz vezet
- A gőzvezetékek 12 °C-os hőmérsékletvesztést szenvednek el a kazánház és a mosoda között
- A rendszer nagy energiaintenzitású, és jelentős részt képvisel a hotel teljes energiafogyasztásában

Ezek a tényezők nem csak az energiahatékonyságot rontják, de a hotel teljes működési költségeit is növelik, miközben magasabb szén-dioxid-kibocsátást eredményeznek. A gőzrendszer jelenlegi állapotát és teljesítményét a gőzkazánok gázfogyasztása határozza meg, amelyekhez külön gázmérő van telepítve. A 2023-as év gázfogyasztási adatait elemezve, az éves gázfelhasználás, amely a mosodában történő gőztermelést szolgálja, 171 663 m³ földgáz. Ez a mennyiség képezi a kiindulási állapotot, amelyhez viszonyítva a fejlesztés eredményességét mérni tudjuk.

A javasolt fejlesztés célja a kazánház és a mosoda közötti gőzvezetékek teljes felülvizsgálata és a szigetelés állapotának javítása, hogy minimalizáljuk a hőveszteségeket. Ennek részeként szükséges a sérült szigetelések cseréje, valamint a mosodában található áteresztő kondenz edény cseréje. A kondenz edény hibás működése jelentős mennyiségű energiavesztést okoz, ezért annak cseréje kulcsfontosságú lépés a hatékonyság növelésében.

A hőveszteségek csökkentésére végzett mérési eredmények alapján a gőz hőmérséklete a kazánházban 220 °C, míg a mosodában már csak 208 °C. Ezen hőmérsékletkülönbségből

adódó hőveszteséget, amely évente 15 904 kWh energiát jelent, a szigetelés javításával teljes mértékben kiküszöbölhetjük. Ez a veszteség 1 795 m³ földgáznak felel meg. A hibás gőzcsapda további jelentős energiaveszteséget okoz. Számításaink szerint évente 190 tonna gőzveszteség keletkezik a hibás gőzcsapda miatt. A hőveszteség éves szinten 129 850 kWh energiát jelent, ami 15 518 m³ földgáz fogyasztásának felel meg. A fejlesztési javaslat végrehajtása révén a fenti földgázveszteségek teljes mértékben megszüntethetők. A földgázmegtakarítás révén elérhető CO₂-kibocsátás csökkentés 0,201 kg/kWh emissziós tényező alkalmazásával számítva jelentős mértékű lesz, amely tovább javítja a hotel fenntarthatóságát.

Ez a fejlesztési javaslat nemcsak az energiahatékonyságot növeli, hanem hozzájárul a működési költségek csökkentéséhez és a szén-dioxid-kibocsátás mérsékléséhez is, ami hosszú távon fenntarthatóbb és gazdaságosabb üzemelést biztosít a hotel számára.

Földgáz megtakarítás:	15 518 m ³ /év
CO ₂ megtakarítás:	31 t/év
Teljes költségmegtakarítás:	10 863 €/év
Beruházási költség:	35 600 €
Statikus megtérülési idő:	3,3 év

1. Táblázat: Megtakarítások összegzése

5.2. Fejlesztési ötlet: Mosoda és konyha légkezelő egység felújítása

A konyha, valamint a mosoda területén elhelyezkedő légtechnikai berendezések felújítása, olyan mértékű energiamegtakarítást jelentett, hogy akár két külön fejlesztési javaslatnak is megfeleltethető. Tekintve, hogy a berendezések funkciója között nincs lényegi különbség, a megoldási javaslatokat egy pontban mutatom be. Mivel a mosoda és a konyha területén végzett számítások és mérések módszere is megegyezett, a részletes bemutatás során kizárólag a mosodában végzett méréseket és számításokat szemléltetem.

A mosoda területén a légáramlás pontos meghatározása érdekében mérést végeztem, a Testo 405i Smart Probes légáramlásmérő anemométerrel, amely Bluetooth funkcióval rendelkezik, így könnyen csatlakoztatható okoseszközhöz [23].

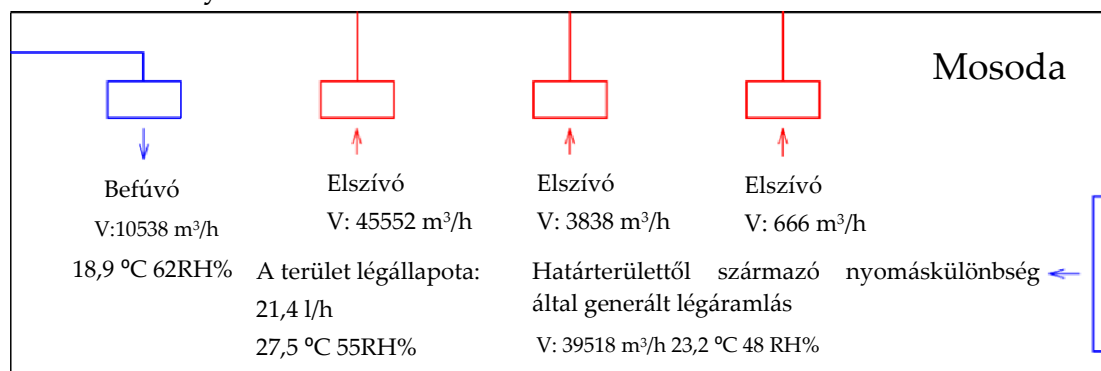
A mérés lépései a következők voltak:

1. Mérési terület kijelölése: Először kijelöltem azt a keresztmetszetet, ahol a légáramot mérni kívántam, ami a légcsatorna egy meghatározott szakaszát jelentette.
2. Dimenziók meghatározása: A keresztmetszet méreteit (szélesség és magasság) pontosan megmértem, így könnyen kiszámítottam a területét, amely alapvető fontosságú a légáram meghatározásához. A dimenziók meghatározása által a mérőeszköz megfelelő elhelyezésére is lehetőség nyílt.
3. Légsebességmérő elhelyezése: A légáramlásmérőt több pontban, hálószerű elrendezésben helyeztem el a kiválasztott keresztmetszeten. Ez lehetővé tette a levegő áramlásának változásainak pontos rögzítését a különböző mérési pontokon.

4. Légáram számítása: A mért légsebességeket a légáramlásmérő eszközön rögzítettem, majd az egyes mérési pontokon mért értékeket átlagoltam. A légáramot a légsebesség és a keresztmetszet területének szorzataként határoztam meg.

A megfelelő modell felállításához szükség volt a belső tér légállapotainak és a környező területekről beáramló levegő állapotának mérésére is. A légcsereszámot az alkalmazandó szabványok figyelembevételével állapítottam meg, az adott légáram és a helyiség jellemzői alapján. A ventilátorokon mért nyomáskülönbség segítségével meghatározható a ventilátorok hatékonysága.

A mérések eredménye az 7. sematikus ábrán található:



7. Ábra: Mosodában mért értékek

A mérések eredményei alapján meghatározható volt a mosoda légáramlási egyensúlya. A szellőztető és elszívó rendszerek közötti légáramlás különbsége a mosoda környező területeiről pótlódik (39 518 m³/h). A területen jelenleg depressziós nyomásviszonyok uralkodnak. Mérések alapján a befűjt térfogatáram 10 538 m³/h a névleges 46 240 m³/h helyett. A befúvó ventilátor hatásfoka a mérések alapján 18,4%, 12,7 kW-os energiafogyasztással. A fő elszívó ventilátor átlagosan 54%-os hatásfokkal működik, 8,7 kW-os fogyasztás mellett.

Összességében az ellátó légáramot növelni kellene, annak érdekében, hogy jobban szabályozhatóvá váljon a levegő állapota a területen. Ugyanakkor, mivel a környező területek légnyomása ismeretlen, valamint különböző légkezelő egységek szabályozzák, valószínű, hogy az ellátó légáram beállításával megváltozik a nyomásegyensúly. Így a megoldásnak megfelelne, ha az elszívott légáramot csökkentjük, mivel a szükséges légcseres aránya 13 l/h, és jelenleg a mosoda légcseres száma 21,4 l/h. A javasolt elszívási légáramlás a ventilátoron 20 000 m³/h, míg a befűjt légáram maradhat a jelenlegi gyakorlat szerint.

A mért értékek a teljes bázisú magyar kormányrendelet mintavételi évéből származó időjárás adatokkal kerültek kiegészítésre. A ventilátorok sebességét és a hőmérsékleti beállításokat a szálloda üzemeltetési csapatának tájékoztatása alapján állandónak tekinthetjük.

A kiindulási évre a következő energiafelhasználás:

- Fűtési energia: 257 633 kWh
- Hűtési energia: 64 926 kWh
- Szellőztetési villamos energia: 187 289 kWh

A fűtéshez az átlagos kazánhatékonyság a névtáblán szereplő adatok alapján 96%. A hűtéshez szükséges számításokhoz vett hűtési hatásfok, 2,4-nek vehető a hűtőgépek részletes modellje alapján. A szállítási veszteség értéke 5%.

Ez alapján a bázisévben a mosodai légkezelő egység energiafogyasztása a következő:

- Földgázfogyasztás: 26 963 m³
- Hűtési villamos energia: 28 476 kWh
- Ventilátorok villamos energia fogyasztása: 187 289 kWh

Jelenleg a mosodai légkezelő egység energiafogyasztása a nem megfelelő üzemeltetési gyakorlatok és a berendezés rossz fizikai állapota miatt indokolatlanul magas. Mivel az egység több mint 40 éves, egy teljes felújítás jelentős előnyökkel járna mind a komfort, mind az energiafogyasztás szempontjából. A megtakarítások számítása a bázisállapot meghatározásához képest hasonlóan történt, azzal a különbséggel, hogy bevezetésre kerültek az energiahatékonysági intézkedések által bevezetett változtatások. Ezek közé tartozik az elszívott légáramlás csökkentése, a hővisszanyerő rendszer telepítése, valamint az éjszakai üzemmód bevezetése.

A meglévő ventilátorok szállított légmennyisége és nyomáscsökkentése alapján új, nagyobb hatékonyságú ventilátorok kerültek kiválasztásra. A méretezés során figyelembe kellett venni az új hővisszanyerő hőcserélő által okozott többlet nyomáscsökkentést is. Az új ellátó ventilátor energiafogyasztása 2,3 kW, míg az új fő elszívó ventilátoré 4,5 kW lett. Ezek az energiafogyasztási értékek tovább csökkennek az éjszakai teljesítménycsökkenés miatt, amely 19:00 és 5:00 között 50%-kal mérsékli mind az ellátó, mind az elszívott légáramlást. A hővisszanyerő rendszer telepítésének célja a fűtési rendszer támogatása és a légkezelő egység hőfogyasztásának csökkentése volt. A hővisszanyerő rendszer hatékonysága 56%-ra becsülhető, figyelembe véve a hőcserélők esetleges szennyeződéséből adódó veszteségeket is.

A számítások eredményei a felújítás utáni állapotra a következők:

- Földgázfogyasztás: 4 764 m³
- Hűtési villamos energia: 26 487 kWh
- Ventilátorok villamos energia fogyasztása: 37 126 kWh

A számítások eredményei szerint megtakarítások érhetők el mind gáz, mind villamos energia terén. A CO₂-megtakarítások a gázfogyasztás csökkenéséből számolhatók, 0,201 kg/kWh kibocsátási tényezőt használva a földgáztüzelésű kazánok esetében[24].

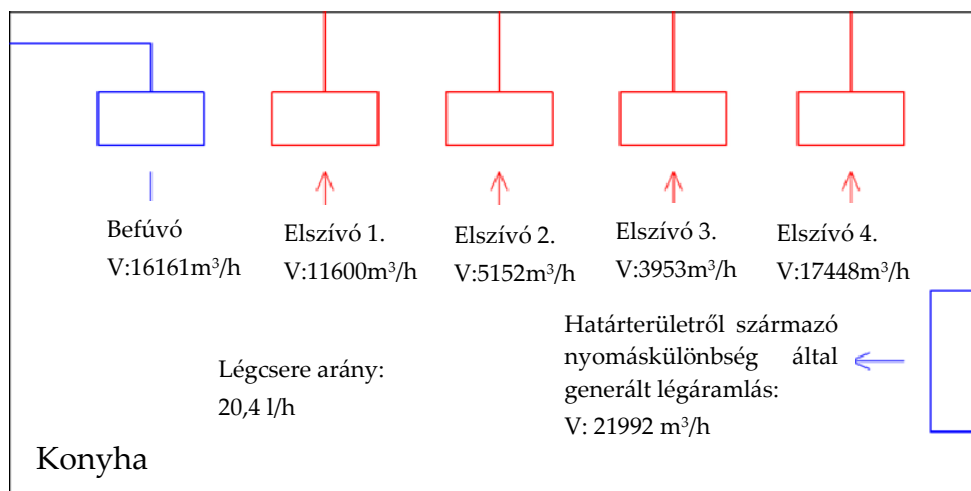
A megtakarítások értékei a 2. táblázatban láthatók:

Villamos energia megtakarítás:	152 152 kWh/év
Földgáz megtakarítás:	22 199 m ³ /év
CO ₂ megtakarítás:	47 t/év

Teljes költségmegtakarítás:	€38 362 /év
Beruházási költség:	€147,200
Statikus megtérülési idő:	3,8 év

2.Táblázat: Megtakarítások összegzése

A konyhai légkezelő egység energiafogyasztása magas a helytelen üzemeltetési gyakorlatok és a berendezés rossz fizikai állapota miatt. Hasonlóan a mosodai légkezelőhöz, ez az egység is több mint 40 éves, így egy teljes felújítás jelentős előnyökkel járna mind komfort, mind az energiafogyasztás szempontjából. A felmérést és a számítást azonos módon végeztük el, mint a mosoda helységben. A felmérés eredményei a 8. sematikus ábrán láthatók:



8.Ábra: Konyhában mért értékek

A légcsereszám 20,4 l/h, ami egy konyha esetében elfogadható. A mosodával ellentétben a konyha érzékeny a légnyomás egyensúlyára. Fontos, hogy a konyha nyomása mindig alacsonyabb legyen, mint a környező területeké, hogy elkerüljék az ételek illatának kiszivárgását. Javasolt, hogy a felújítás során ne változtassanak a konyhai légkezelő légáramlási értékein.

A ventilátorok sebessége és a hőmérsékleti beállítások állandónak tekinthetők a szálloda üzemeltetési csapatának információi alapján. A számítások szerint a bázisúvra a következő energiafelhasználási értékek adódtak:

- Fűtési energia: 430 608 kWh
- Hűtési energia: 79 135 kWh
- Szellőztetési villamosenergia: 151 460 kWh.

A fűtéshez 95%-os átlagos kazánhatásfok lett figyelembe véve. A hűtéshez 2,4-es átlagos EER-t (amely az Energy Efficiency Ratio rövidítése) alkalmazható, a hűtőgépek részletes modellje alapján. Mindkét esetben 5%-os szállítási vesztesége vehető figyelembe. Így a következő fogyasztási értékek állapíthatók meg a konyhai légkezelőhöz:

- Földgázfogyasztás: 45 066 m³
- Hűtési villamosenergia: 34 708 kWh

- Ventilátor villamosenergia fogyasztása: 151 460 kWh

A megtakarítások a hővisszanyerő rendszer telepítése és az éjszakai ütemezésből adódnak. Az éjszakai ütemezés azonos elven működik, mint a mosoda helységhez tartozó fejlesztési ötletben látható. Az új ventilátor egységeket a mért légáramlás és nyomásesés alapján nagyobb hatásokkal méreteztük. Figyelembe vettük az új hővisszanyerő hőcserélők további nyomásesését is. Az új frisslevegő ventilátor teljesítményfelvétele 5,1 kW, az új elszívó ventilátor (1) 5,4 kW, a második fő elszívó ventilátor (4) pedig 3,9 kW. A hővisszanyerő feladata a fűtés támogatása és a légkezelő gázfogyasztásának csökkentése. A hővisszanyerő rendszer hatásfoka 56%-nak tekinthető, beleértve a hőcserélők elszennyeződéséből adódó veszteséget is. A számítások eredményei a következők a felújítás utáni állapotban:

- Földgázfogyasztás: 9 538 m³
- Hűtési villamosenergia: 32 730 kWh
- Ventilátor villamosenergia fogyasztása: 94 389 kWh

A számítások eredményei szerint mind a gáz-, mind a villamosenergia-fogyasztásban megtakarítások érhetők el. A CO₂ megtakarítás a gázfogyasztás megtakarítása alapján határozható meg, 0,201 kg/kWh kibocsátási tényezőt alkalmazva a földgáz tüzelésű kazánokra.

Villamos energia megtakarítás:	59 050 kWh/év
Földgáz megtakarítás:	35 528 m ³ /év
CO ₂ megtakarítás:	76 t/év
Teljes költségmegtakarítás:	€33 727 /év
Beruházási költség:	€133 300
Statikus megtérülési idő:	4 év

3. Táblázat: Megtakarítások összegzése

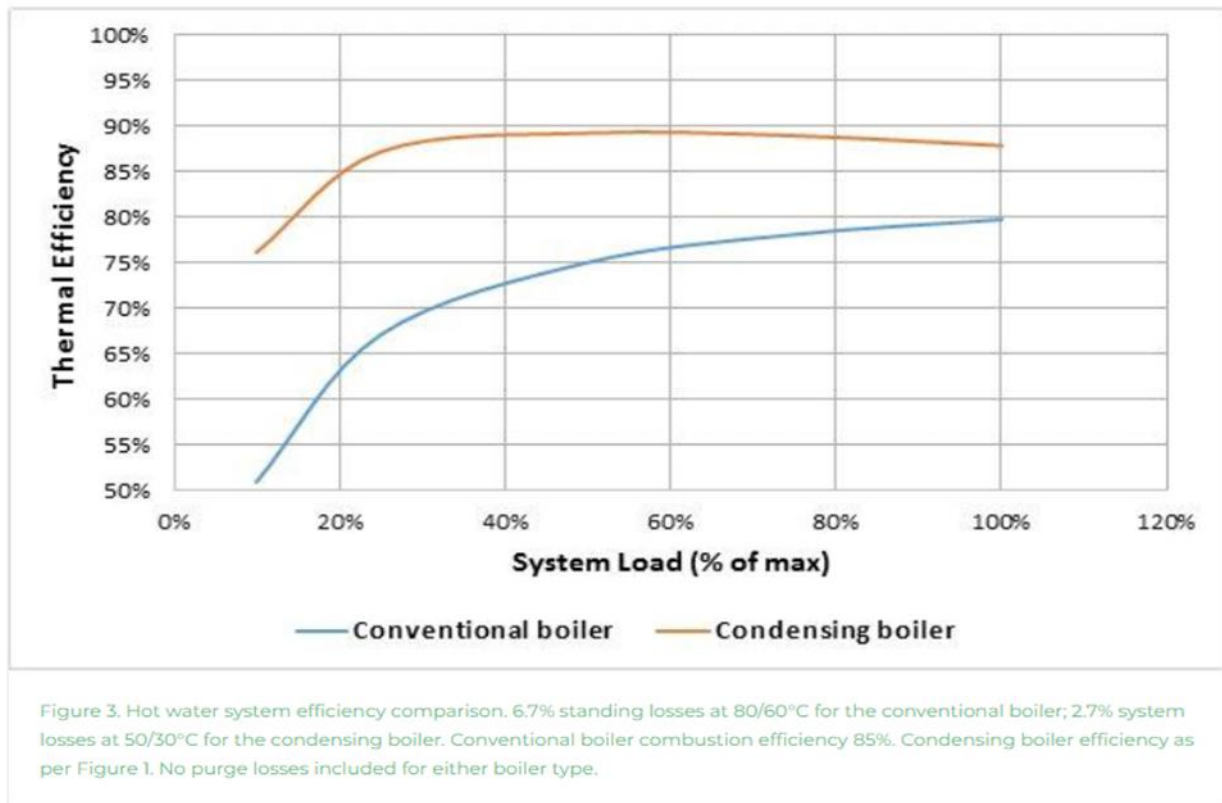
5.3. Fejlesztési ötlet: Kazán beállítási pontjainak módosítása és sorrendbe állítása

Az épület fűtéséről és a használati melegvíz előállításáról a központi kazánházban elhelyezett 3 db kondenzációs kazánblokk gondoskodik, 3x2 db Hoval UltraGas 1000, 1000 kW névleges maximum teljesítményű gázkazánnal. Az elhelyezett kondenzációs kazánok zárt égésterűek. A hőleadás radiátorokon, fan-coil-okon és légkezelőkön keresztül történik. A fűtési rendszerben a fejlesztés előtt a kazánok bekapcsolása a rendszer hőmérsékletének alakulása alapján történt. Azaz, ha az előremenő hőmérséklet (amit a kazán termel és a rendszerbe juttat), elér egy bizonyos szintet, akkor a kazánok automatikusan bekapcsolnak.

A hagyományos gázkazánok a földgáz elégetésével termelt hőt használják fel a fűtésre és a használati melegvíz előállítására. Az égéstermék, amely vízgőzt is tartalmaz, a kéményen keresztül távozik a szabadba. A kondenzációs kazán ezzel szemben egy hőcserélő segítségével kinyeri a vízgőzben rejlő hőt, és azt is felhasználja a fűtésre. Ezáltal a

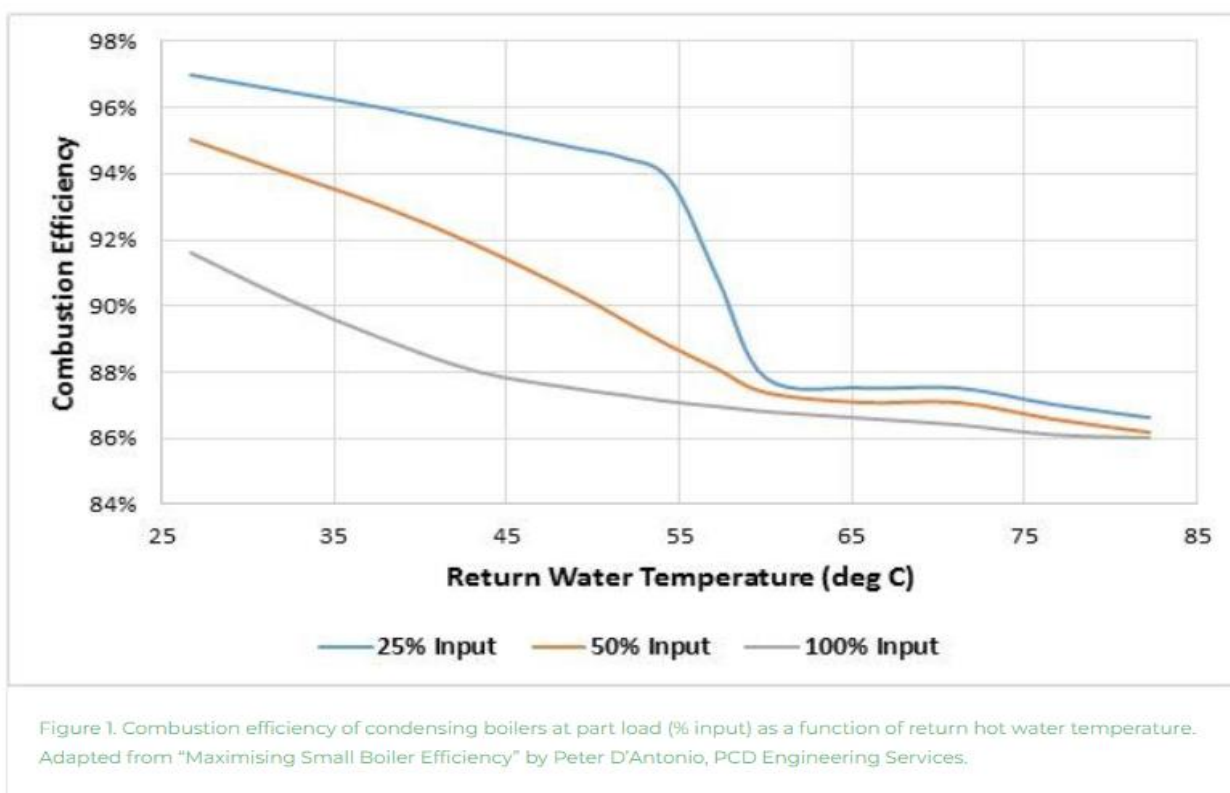
kondenzációs kazán hatékonyabban hasznosítja az energiát, és kevesebb tüzelőanyagot fogyaszt.[25]

A kondenzációs kazánok azért érnek el magas hatásfokot, mert az égés magas hatásfokát és az alacsony állandó veszteséget ötvözik. Ez a kettős hatás az ábrán látható módon a terhelési tartományban nagy hatásfok-előnyöket eredményez [26]:



9.Ábra kazánhatásfok görbe

A kazánok hatásfoka nem maximális terhelésen a legjobb, hanem részterhelésen. Szembetűnő a diagramon, hogy a kazán mennyivel hatékonyabb alacsony terhelésnél (25%-os bemenet), mint teljes terhelésnél (100%-os bemenet). Ez azért van, mert a kazánon áthaladó csökkentett gáz- és levegőáramlás miatt a kondenzációs folyamat hatékonyabban tud lezajlani. Ennek eredményeként a kondenzációs kazánok égési hatásfoka kis terhelésnél jelentősen javul.



10.Ábra: Kazánhatásfok görbe

Így tehát javasolt egy olyan vezérlési stratégia kialakítása, amely a részterhelési tartományokhoz igazodva lépteti be a kazánokat, így optimalizálva azok hatásfokát és a teljes rendszer energiafelhasználását. Teljes évet tekintve a fejlesztési javaslat alkalmazásával akár 7%-os hatásfok javulás érhető el.

A megtakarítások értékei a 4. táblázatban láthatók:

Földgáz megtakarítás:	17 441 m ³ /év
CO ₂ megtakarítás:	37 t/év
Teljes költségmegtakarítás:	€12 209 /év
Beruházási költség:	€56 000
Statikus megtérülési idő:	4,6 év

4. Táblázat: Megtakarítások összegzése

5.4. Fejlesztési ötlet: Fűtőszivattyúk vezérlési stratégiájának javítása

A szálloda kazánházában található 13 fűtőszivattyú, amelynek vezérlési stratégiája igényel felújítást. A keringtető szivattyúk nem rendelkeznek külső hőmérséklet érzékelővel, fix emelőmagasság mellett üzemelnek annak ellenére, hogy alkalmasak lennének változó térfogatáram szállítására is. Az aktuális rendszerben ez a hőmérséklet-különbség átlagosan mindössze 2 °C, ami lehetőséget ad arra, hogy hatékonyabb energiafelhasználást érjünk el egy optimalizált vezérlési stratégia alkalmazásával. A javasolt fejlesztési ötlet lényege, hogy

külső hőmérséklet-érzékelőket kell csatlakoztatni a szivattyúkhöz a visszatérő ágakba, és a hőmérséklet különbséget 5 °C-ra kell növelni, amely jelentős energiamegtakarítást eredményezhet a szivattyúzási munkában, és egyúttal a rendszer hatékonyságát is növelheti. A szivattyúk rendelkeznek belső hőmérséklet-érzékelőkkel, így a fűtési kör hőmérsékletkülönbségét a szivattyúk kiszámíthatják. A szivattyúk sebességét addig lehet csökkenteni, amíg biztonsággal el tudják látni a rendszer kritikus fogyasztóit.

Egy átlagos fűtési rendszerben a szivattyú feladata a kazán által felmelegített víz keringtetése a fűtőtestek és más hőleadó felületek felé. A szivattyú által mozgatott víz mennyisége, azaz a térfogatáram kulcsszerepet játszik az előremenő és visszatérő ágak közötti hőmérséklet-különbség kialakításában adott fűtési rendszeren. Ha a szivattyú által szállított hőmennyiség nagyobb, mint a rendszer aktuális hőigénye, a keringtetett víz nem hűl le elég nagy mértékben. Ez többlet keringtetési energiát eredményez, illetve a magas visszatérő hőmérséklet csökkenti a kazánok hatásfokát is.

A jelenlegi vezérlési stratégia optimalizálásával a cél a szivattyúk működésének olyan finomhangolása, hogy kisebb térfogatárammal működjenek, és így növekedjen az előremenő és visszatérő ágak közötti hőmérséklet-különbség. Az ilyen módon megnövelt hőmérséklet-különbség több szempontból is előnyös. A kisebb térfogatáramú működés során kevesebb elektromos energia fogy a szivattyúk működtetésére, ami tovább csökkenti a rendszer üzemeltetési költségeit.

A számításokhoz szükséges adatokat a BMS (épületfelügyeleti rendszer) által szolgáltatott előremenő és visszatérő vízhőmérséklet-értékek ($T_{előre}$ és T_{vissza}), valamint a külső hőmérsékleti adatok képezték. A szivattyúk fordulatszámát a helyszíni megfigyelések alapján állandónak tekintettük. A BMS rendszer segítségével hozzáfértünk az adatgyűjtés idejéhez képest 8 hónappal korábbi hőmérsékleti adatsorhoz, amely megfelelő alapot nyújtott a számítások elvégzéséhez.

Első lépésként, mind a 13 szivattyúhoz táblázatban rendszereztük az előremenő és visszatérő vízhőmérséklet-értékeket, majd kiszámítottuk a hőmérséklet-különbségeket (ΔT):

$$\Delta T = T_{előre} - T_{vissza} \quad (1)$$

Ez alapján, ha $\Delta T < 0$ akkor a szivattyú állt, így ezeket az eseteket kizártuk a további számításokból. A pozitív hőmérséklet-különbségek esetében feltételeztük, hogy a szivattyú névleges térfogatáramon ($Q_{névleges}$) üzemel.

A szivattyú jelenlegi térfogatáramát a szivattyúgyártó által megadott adatok alapján határoztuk meg. Az áramlási sebesség és a teljesítmény közötti összefüggést a következő egyenlettel fejeztük ki, amely az ismert hőmennyiség számítási módon alapul:

$$Q = C_p \cdot m \cdot \Delta T \quad (2)$$

Ahol:

- Q = a szállított hőmennyiség (kW)

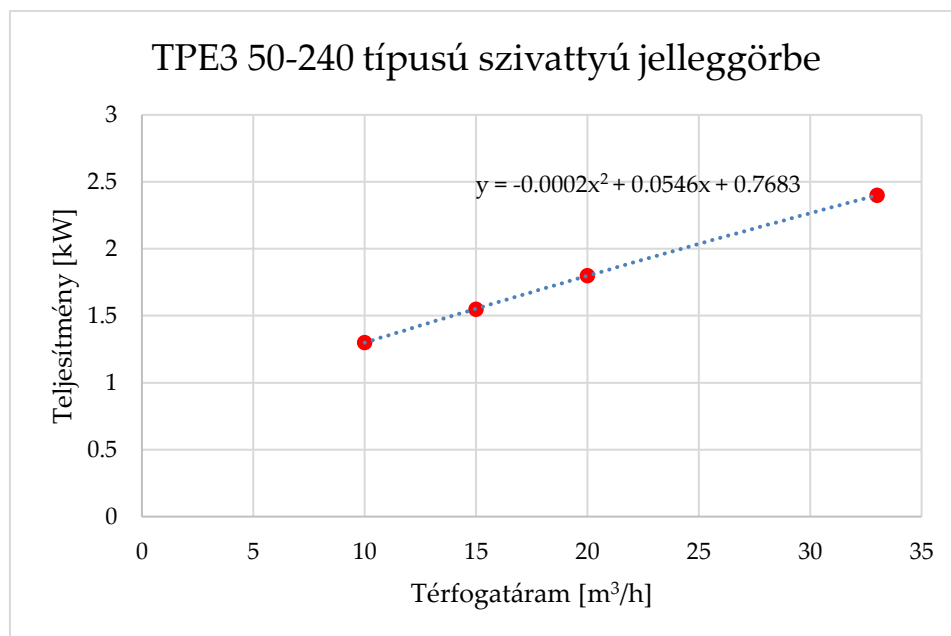
- C_p = a víz fajhője (4.18 kJ/kg°C)
- $\dot{m}$ = a tömegáram (kg/s)
- ΔT = a hőmérséklet-különbség

A tömegáram kifejezhető a térfogatáram ($Q_{\text{térfogat}}$) és a víz sűrűségének (ρ) szorzataként:

$$m = \rho \cdot Q_{\text{térfogat}} \quad (3)$$

Fontos megjegyezni, hogy a szivattyúk fix emelőmagasság mellett üzemelnek. Mivel állandó térfogatáramú rendszerről van szó, a tömegáram állandónak tekinthető, a fajhő is a víz tulajdonságából adódik, tehát a hőmérséklet változtatásával számíthatjuk ki a szállított hőmennyiség értékét.

A teljesítmény becslése során a szivattyúk jelleggörbéi szerinti térfogatáram és teljesítményérték pontpárokra egy görbét illesztünk, amely segítségével a jelenlegi teljesítményérték számítása lehetővé vált. A 11. ábra szemlélteti a görbét az egyik szivattyútípusra:



11.Ábra: Szivattyú teljesítményfelvétel görbéje

A megváltozott szabályozási stratégia által eredményezett megtakarítás kiszámításához feltételeztük, hogy a fűtési körökben az áramlás minden alkalommal csökkenthető, amikor a hőmérsékletkülönbség 5 °C alá csökken. A minimális áramlást a szivattyú névleges áramlásának 10%-ára állítottuk be. A módosított áramlás a szivattyúk alacsonyabb energiafogyasztását eredményezte a szivattyúgörbék alapján.

Fontos figyelembe venni, hogy a hőmérséklet-különbség növelésével nemcsak a rendszer energiahatékonysága javul, hanem az egyes berendezések élettartama is növekedhet. A szivattyúk kisebb teljesítményen történő üzemeltetése kevésbé terheli az alkatrészeket, így csökkenhet a karbantartási igény és a szivattyúk meghibásodásának kockázata is.

Az általunk javasolt fejlesztés tehát nemcsak rövid távon eredményez energiamegtakarítást, hanem hosszú távon is fenntarthatóbb üzemeltetést biztosít. A szivattyúk vezérlési stratégiájának módosítása, az előremenő és visszatérő ágak közötti hőmérséklet-különbség 5 °C-ra történő növelése révén a szálloda jelentős energia- és költségmegtakarítást érhet el. Ezen felül a szivattyúk kisebb térfogatáramú működése hozzájárul a fűtési rendszer hatékonyabb hőleadásához és az üzemeltetési költségek optimalizálásához.

Összességében a javasolt fejlesztés egy egyszerű, de hatékony megoldás, amely a fűtési rendszer energiatudatosabb üzemeltetését célozza, és hosszú távú fenntarthatóságot eredményez a szálloda számára.

A megtakarítások értékei az 5. táblázatban láthatók:

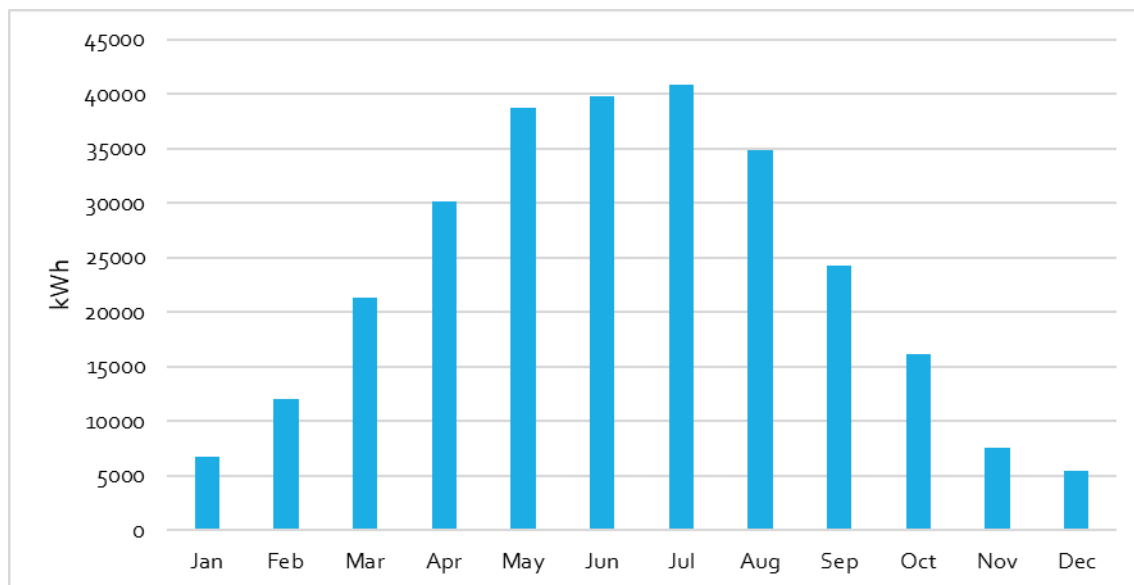
Villamos energia megtakarítás:	63 306 kWh/év
Teljes költségmegtakarítás:	€9 496 /év
Beruházási költség:	€44 600
Statikus megtérülési idő:	4,7 év

5. Táblázat: Megtakarítások összegzése

5.5. Fejlesztési ötlet: Fotovoltaikus Panel elhelyezése az épület tetején

A hotel energiahatékonyságának növelése és szénlábnymának csökkentése érdekében javasoljuk egy fotovoltaikus (PV) rendszer telepítését, amely jelentős árammegtakarítást eredményezhet. Mivel a hotel körüli terület korlátozott, a PV panelek elhelyezésére a legalkalmasabb helyszín az épület északi és déli szárnyainak tetőfelületei.

Javaslatunk egy 637 napelem panelből álló fotovoltaikus rendszer telepítése az északi és déli tetőterületeken, amely az áramtermelést szolgálja. A telepített rendszer összteljesítménye 258 kW lesz. A helyszíni felmérések alapján 6 potenciális területet azonosítottunk, amelyek összesen 2,700 m² területet biztosítanak a napelemek elhelyezésére. A potenciális energiamegtakarítást egy szimulációs eszközzel modelleztük, amely az elmúlt 5 év időjárási adatai alapján végezte a számításokat adott földrajzi helyszín szerint.



12.Ábra: Fotovoltaikus panel energiamegtakarítása

A fotovoltaikus rendszer teljesítménye elsősorban a „Year in-plane irradiation” (kWh/m²) (mely vízszintes felületre érkező éves napsugárzást jelent) értékétől függ, amely 1,23 MWh/m² a telepítés helyszínére. Az új rendszer évente nettó 264,22 MWh energiát fog termelni, figyelembe véve a transzformátor és a csatlakozások veszteségeit is. A rendszer maximális váltóáramú aktív teljesítménye 199,8 kW lesz. A termelt villamos energiát külön mérőórával lehet nyomon követni, amely közvetlenül jelzi az elektromos energia megtakarítást. A méretezés során figyelembe kellett venni, hogy a termelt villamos energia minden pillanatban kevesebb legyen a hotel saját fogyasztásánál. Ehhez a 2023-as év 15 perces fogyasztási adatait elemeztük.

Mivel jelenleg nem rendelkezik telepített napelemekkel, a bázisállapotot a panelek maximális potenciális éves termeléseként határoztuk meg. A bázisérték meghatározása a korábban említett harmadik fél által készített szimulációs szoftver segítségével történt.

Ez a fejlesztési projekt nemcsak a hotel energiahatékonyságát javítja, hanem hozzájárul a fenntarthatósági célok eléréséhez is, mivel megújuló energiaforrást használ fel, valamint közvetve csökkenti a szén-dioxid-kibocsátást és az energiaellátás költségeit.

A megtakarítások értékei a 6. táblázatban láthatók:

Villamos energia megtakarítás:	264 224 kWh/év
Teljes költségmegtakarítás:	€39 634 /év
Beruházási költség:	€334 000
Statikus megtérülési idő:	8,4 év

6.Táblázat: Megtakarítások összegzése

5.6. Fejlesztési ötlet: Hőszivattyú használati melegvíz- és fűtési célokra

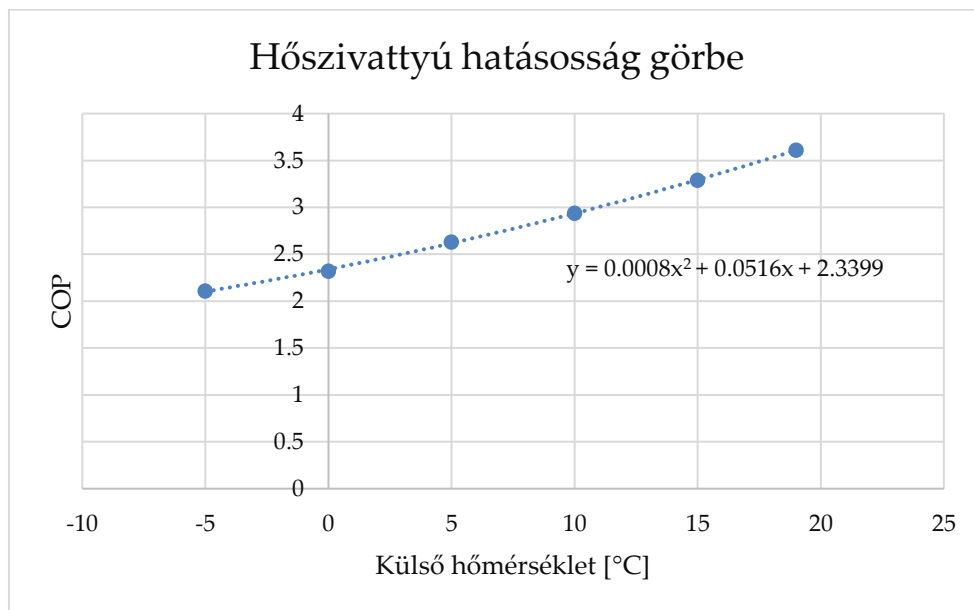
A hotel energetikai hatékonyságának és szén-dioxid-kibocsátásának csökkentése érdekében a javasolt fejlesztés egy 300 kW teljesítményű levegő-víz hőszivattyú telepítésére irányul, amelyet a melegvíz-kazánok földgázfogyasztásának csökkentése céljából vezetnénk be. A hőszivattyú telepítése lehetőséget biztosít arra, hogy a használati melegvíz (HMV) előállításához és a fűtési rendszer támogatásához szükséges energia jelentős részét földgáz helyett villamos energiával fedezzük. Ez a lépés jelentős előrelépést jelent a hotel zéró szén-dioxid-kibocsátás felé vezető útján.

A tervezett rendszer elsődleges célja a vendégszobák melegvíz-ellátásának biztosítása, amely ideális alkalmazási terület a hőszivattyú számára, mivel a szükséges maximális hőmérséklet nem haladja meg a 65 °C-ot. A telepített rendszer továbbá támogatná a fűtési igényeket is az átmeneti időszakokban, amikor a fűtés hőmérséklet követelményei és hőigényei alacsonyabbak, illetve a hőszivattyú teljesítménye elegendő a hotel melegvíz-kazánjainak tehermentesítésére. A meglévő gázkazánok biztonsági tartalékként továbbra is rendelkezésre állnának a HMV gyártásra, különösen a rendkívül alacsony külső hőmérsékletű időszakokban (< -10°C), bivalens rendszerként működve.

A mérések alapján a 300 kW-os hőszivattyú kapacitása elegendő ahhoz, hogy a hotel éves földgázfogyasztását jelentősen csökkentse, különösen a vendégszobák melegvíz-igényeinek kielégítése révén. A gázkazánok éves gázfogyasztási adatai alapján meghatározható az épület fűtési görbéje. Ez alapján a hőszivattyú +12 °C külső hőmérsékletig el tudja látni az épület fűtési igényeit.

A hőszivattyú COP (teljesítmény együttható) értékét a gyártó hatékonysági görbéje alapján számítottuk ki a különböző üzemállapotokra. A COP értéket minden külső hőmérséklethez külön meghatároztunk, majd ezek súlyozott átlagát figyelembe véve a hőszivattyú szezonális hatékonyságát kaptuk eredményül. A megtakarítási számításokban használt SCOP érték (azaz szezonális COP) 3,08 lett.

Ezt a 13. ábra szemlélteti:



13.Ábra: A hőszivattyú hatásosság görbéje

A kiinduló adatok szerint a használati melegvíz és a +12 °C feletti fűtés éves földgázfogyasztása jelenleg 135 000 m³ körül alakul, amely teljes mértékben kiváltható a hőszivattyú telepítésével. Ez évente hozzávetőlegesen 285 tonna CO₂-kibocsátás csökkenést eredményezne, miközben a hőszivattyú a melegvíz- és fűtési igények kielégítéséhez szükséges hőenergia előállítását biztosítaná. A hőszivattyú rendszerének optimális működése, valamint a rendszerbe való integrálása a hotel teljes energiafelhasználásának hatékonyabbá tételét célozza, miközben a primer energiaforrások használatával csökkenti a fosszilis energiahordozóktól való függőséget és a működési költségeket is.

A megtakarítások értékei a 7. táblázatban láthatók:

Villamos energia megtakarítás:	-413 994 kWh/év
Földgáz megtakarítás:	121 571 m ³ /év
CO ₂ megtakarítás:	257 t/év
Teljes költségmegtakarítás:	€23 001 /év
Beruházási költség:	€ 250 800
Statikus megtérülési idő:	10,9 év

7.Táblázat: Megtakarítások összegzése

5.7. Fejlesztési ötlet: A hűtőrendszer vezérlési stratégiájának javítása

A szálloda jelenlegi hűtőrendszerének szabályozási stratégiája a meglévő BMS (épületfelügyeleti rendszer) trendadatai alapján jelentős fejlesztési lehetőségeket kínál. A rendszerben működő szivattyúk, hűtőtornyok és hűtőberendezések működésének optimalizálása és összehangolása révén rendszer szintű hatékonyságnövekedés érhető el. A jelenlegi helyzetben a hűtési rendszer vezérlése nincs integrálva a központi BMS-be, így az

ellenőrzés és szabályozás manuálisan, helyszíni beavatkozással történik. A rendszer szigetüzemben működik, és állandó paraméter értékekkel történik a szabályozás.

A javasolt fejlesztés célja a hűtési vezérlés integrálása a BMS-be, ami lehetővé tenné a rendszer távfelügyeletét és automatikus szabályozását a központi felügyeleti rendszeren keresztül. Ezáltal a hűtőegységek mellett a BMS is vezérelhetné a hűtési rendszert, ami a hatékonyság további növelését szolgálja.

Az átalakításra a következő problémák adnak alapot:

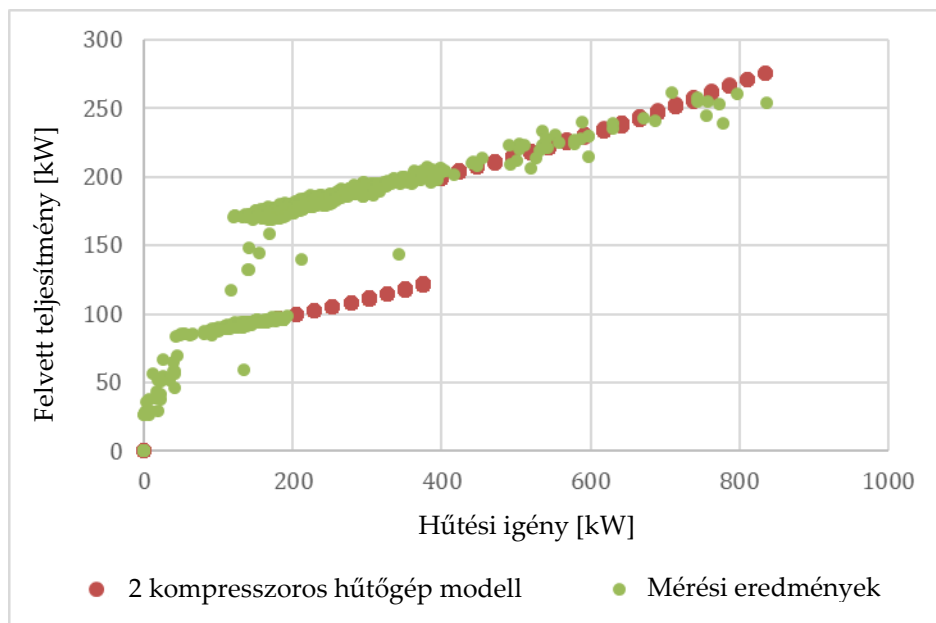
1. A hűtőgépek jelenleg csak lokális vezérléssel működnek, így nem lehet őket a központi épületfelügyeleti rendszer által irányítani és összehangolni a hűtési rendszer egyéb elemeivel.
2. A hűtőtornyok hőmérséklet alapjelei állandó értékek.
3. A kondenzátor oldali szivattyúk szinte mindig 100%-os sebességgel üzemelnek, feleslegesen növelve az energiafogyasztást.

Ezek a tényezők jelentős energiavesztést eredményeznek, amelyeket csökkenteni lehetne a központi vezérlés optimalizálásával.

A fejlesztési javaslat konkrét beavatkozásokat is tartalmaz, melyek célja a hűtőrendszer működésének dinamikus illesztése a hűtési igényekhez. Ennek érdekében szükséges a szivattyúk és hűtőtornyok szabályozásának optimalizálása, továbbá a hűtőberendezések áramlásának finomhangolása a valós hűtési igények alapján. Emellett javasolt a hűtőtornyok ventilátorainak fordulatszám-szabályozása is az energiahatékonyság növelése érdekében.

A javasolt megoldás szerint az összes hűtőrendszeri elem összekapcsolható egy központi vezérlőegységhez, amely lehetővé teszi a kondenzációs és elpárologtatási oldalon egyaránt a hőmérséklet alapjelek külső levegő hőmérsékletéhez való igazítását. Ez jelentős energiamegtakarítást eredményez mind a szivattyúk, mind a hűtőgépek esetében. A hűtőtornyok működését optimalizálni lehet a kilépő víz hőmérséklete alapján, figyelembe véve a ventilátorok energiafogyasztását és a tornyok hatékonyságát.

A kiindulási állapot meghatározására egy modellt dolgoztunk ki, amely tartalmazza az összes berendezés névleges paramétereit, a hotel foglaltságát, a külső levegő hőmérsékletét, valamint a hotel főbb energiafogyasztási adatait a bázisévra. A rendszer szimulációját a hűtőkészülékek, szivattyúk és hűtőtornyok adattábláin feltüntetett műszaki adatok alapján készítettük el. A csavarkompresszoros hűtőgépek elektromos fogyasztását és az általuk előállított hidegenergiát az eddigi szabályozórendszerből exportáltuk, hogy kalibráljuk a modellt. Ennek a kalibrációnak az eredménye látható a lenti ábrán. Az elemzés eredményeként megállapítható volt, hogy a hűtőrendszer különböző elemei milyen arányban járulnak hozzá az energiafogyasztáshoz. A hűtőrendszer teljes éves energiafogyasztása a jelenlegi állapot szerint 809 069 kWh, melyből 719 464 kWh a hűtőgépekhez tartozik.



14. Ábra: A kompresszor teljesítményének görbéje

A megtakarítások elérése érdekében a szabályozási stratégia módosításait szimuláltuk ugyanazon modell alapján, amelyet a kiindulási állapot meghatározására használtunk. A modell kalibrálása után kiderült, hogy a hűtőgépek közel optimális üzemmódban működnek a jelenlegi rendszer korlátjain belül, így a megtakarítások elsősorban a szivattyúk és a hűtőtornyok ventilátorainak energiafogyasztásán érhetőek el. Átlagosan 42%-os energiamegtakarítás érhető el a rendszer ezen elemein, ami az egész hűtőrendszer energiafogyasztásának 4,5%-os csökkenését jelenti.

A megtakarítások értékei az 8. táblázatban láthatók:

Villamos energia megtakarítás:	36 676 kWh/év
Teljes költségmegtakarítás:	€5 501 /év
Beruházási költség:	€ 80 900
Statikus megtérülési idő:	14,7 év

8.Táblázat: Megtakarítások összegzése

6. FEJLESZTÉSI JAVASLATOK ÖSSZEFOGLALÁSA

Ebben a fejezetben bemutatom a szálloda energetikai auditjának eredményeit. Az elemzés részletezi az energia- és földgázfogyasztás, valamint a CO₂-kibocsátás csökkenését, amelyeket a bevezetett fejlesztések eredményeznek. Emellett különböző megtérülési időket is számolok, statikus és dinamikus módszerekkel, hogy pontosabb képet adjak a beruházások gazdasági hatékonyságáról. A fejezetben összehasonlítást végzek a szálloda jelenlegi és a fejlesztések utáni fogyasztási adatai, valamint más magyarországi szállodák energiafelhasználása között, hogy átfogó képet nyújtsak a javaslatok gazdasági és környezeti eredményeiről.

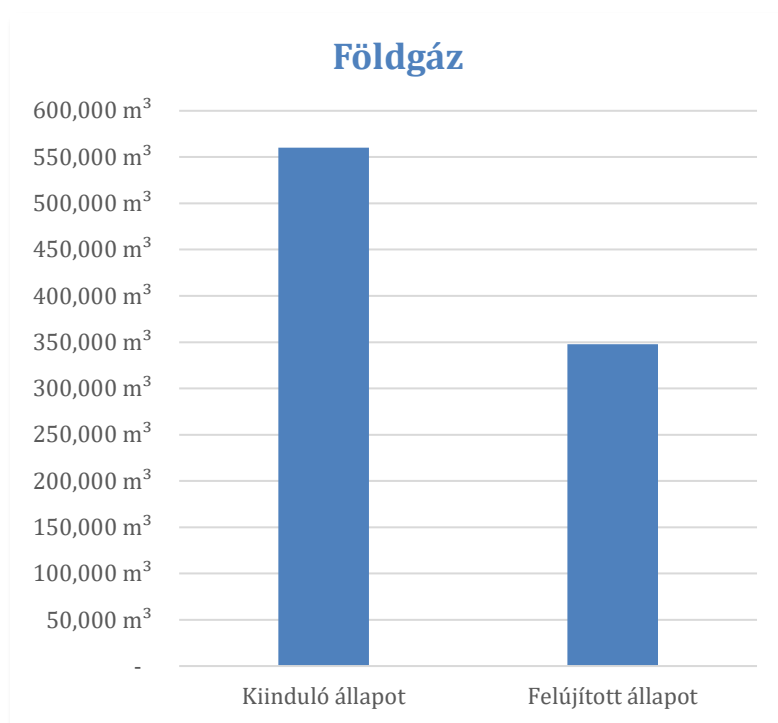
6.1. Megtakarítások összefoglalása, és a fejlesztési ötletekkel történő fogyasztási különbség szemléltetése

Összességében elmondható, hogy a fejlesztési javaslatok által elérhető jelentős villamos energia, földgáz és CO₂ kibocsátás csökkenés egyaránt. A 9. táblázat szemlélteti összegezve a javaslatok által elért megtakarításokat, a megtérülési időt és a beruházási összegeket is:

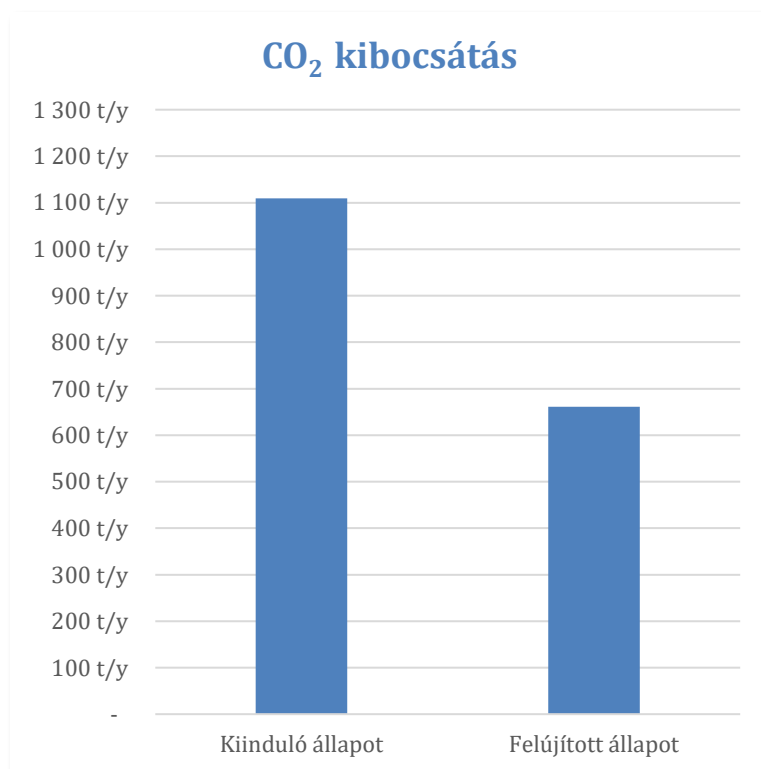
Fejlesztések sorszáma	Villamos energia [kWh/év]	Földgáz [m ³]	CO ₂ [t/év]	Megtakarítás [€/év]	Beruházás [€]	Statikus megtérülési idő [év]
1.	-	15 518	31	10 863	35 600	3,3
2.	152 152	22 199	47	38 362	147 200	3,8
3.	59 050	35 528	76	33 727	133 300	4
4.	-	17 441	37	12 209	56 000	4,6
5.	63 306	-	-	9 496	44 600	4,7
6.	264 224	-	-	39 634	334 000	8,4
7.	-413 994	121 571	257	23 001	250 800	10,9
8.	36 676	-	-	5 501	80 900	14,7

9. Táblázat: A fejlesztési ötletek összegzése

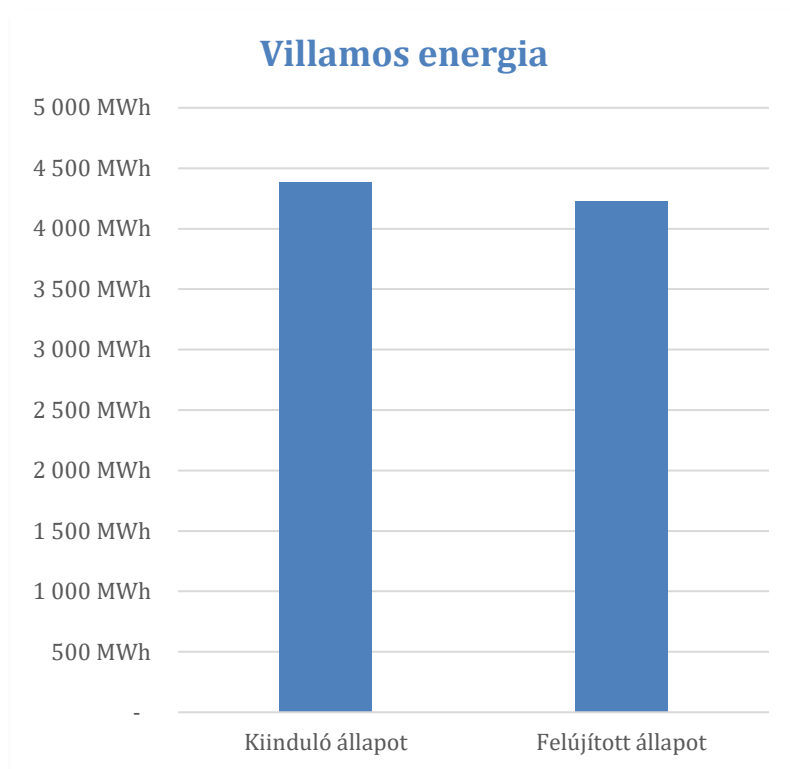
Mindent figyelembe véve 4%-os villamos energia fogyasztás csökkenés, 38%-os földgáz fogyasztás csökkenés és akár 40%-os CO₂ kibocsátás érhető el. A következő diagrammok pedig rálatást adnak arra, hogy az ötletek alkalmazásával hogyan változik a villamosenergia, földgáz és CO₂ kibocsátás. A kiinduló állapot a fogyasztási adatokból kalkulált érték, a felújított állapot pedig azt mutatja, hogy a javaslatok alkalmazásával, éves időintervallumot tekintve milyen változás érhető el.



15. Ábra: A földgázfogyasztás változása



16. Ábra: A CO₂ kibocsátás változása



17. Ábra: A villamos energia fogyasztás változása

Villamos energia fogyasztás [kWh]	161414
Földgáz fogyasztás [m³]	212257
CO ₂ kibocsátás [t/év]	448
Megtakarítás [€]	172793
Beruházás [€]	1082400
Statikus megtérülési idő [év]	6.26

10. Táblázat: Összesítő táblázat

6.2. A megtérülési idő számításának módszerei

A projekt megtérülési idejének meghatározása során két különböző módszert alkalmaztunk: a statikus megtérülési idő és a dinamikus megtérülési idő számítását. A statikus megtérülési idő számítása alapján az audit várható megtérülése 6,26 év. A statikus megtérülési idő módszere ugyanakkor számos korláttal rendelkezik:

- Nem veszi figyelembe a pénz időértékét
- Nem számol a megtérülési időt követő pénzáramokkal, ezért nem tükrözi a projekt hosszú távú hatását.
- A rövid élettartamú beruházásokat előnyben részesíti
- Szubjektív az elvárt megtérülési idő

A dinamikus megtérülési idő módszere fejlettebb megközelítést kínál, mivel figyelembe veszi a pénz időértékét diszkontálás révén, amely pontosabb képet ad a jövőbeli pénzáramlások jelenértékéről. A dinamikus megtérülési idő számítása alapján a projekt megtérülése 8,71 év, amely hosszabb, mint a statikus módszer eredménye. Bár ez a módszer előnyösebb, mert diszkontálja a jövőbeli pénzáramokat, néhány hátránya még mindig fennáll:

- Nem veszi figyelembe a megtérülési idő utáni pénzáramokat, így továbbra sem tükrözi a projekt teljes hosszú távú értékteremtését.
- Szubjektív az elvárt megtérülési idő, mivel a megtérülési küszöbérték meghatározása itt is szubjektív döntésen alapul.

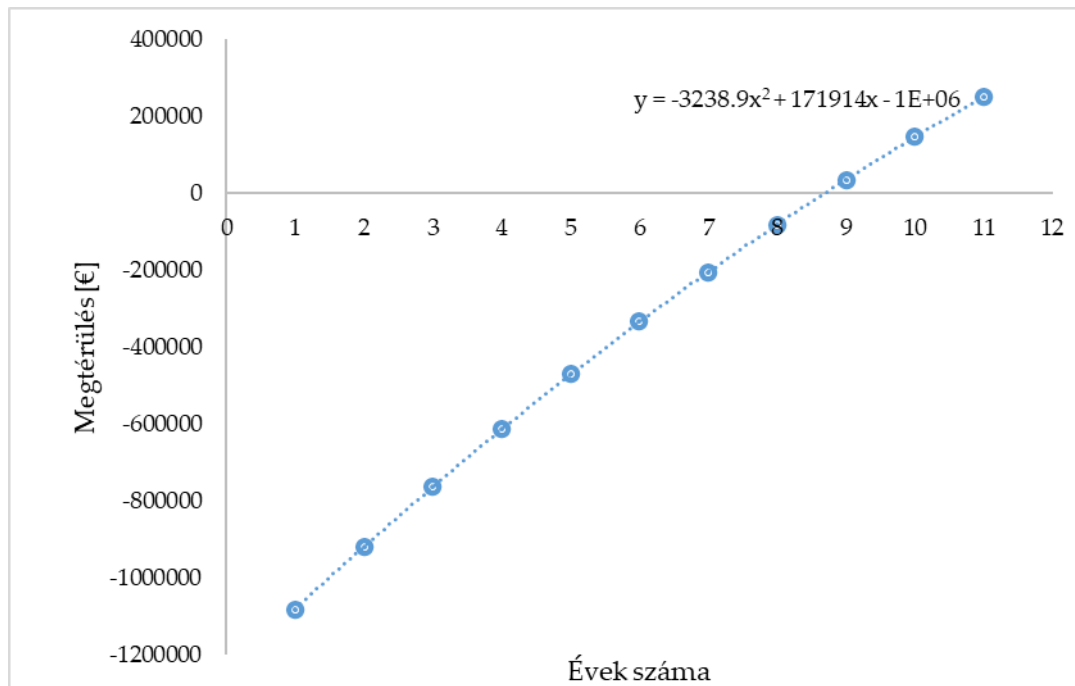
Dinamikus megtérülési idő			
HUF/EUR	400		
Kamat	5%		
Éves megtakarítás [€]	172,793		
Beruházási költség [€]	1,082,400		
Évek száma	Éves nettó pénzáramlás (Cash flow)	A pénzáramlások jelenértéke (Present Value of Cash Flow)	
0	1,082,400 €	1,082,400 €	- 1,082,400
1	172,793 €	164,565 €	-917,835
2	172,793€	156,728 €	-761,107
3	172,793€	149,265 €	-611,842
9	172,793 €	111,384 €	145,782
10	172,793 €	106,080 €	251,862
IRR	10%		
NPV		251,862 €	
Dinamikus megtérülési idő			8.71 év

11. Táblázat: Dinamikus megtérülési idő számítása, és eredménye

A 11. táblázatban láthatóak diszkontált pénzáramlások, ahol minden egyes év pénzáramlása 5%-os kamatláb (diszkontráta) figyelembevételével lett diszkontálva. Így az egyes évek nettó pénzáramlásainak jelenértékei szerepelnek, amelyek csökkenő értékeket mutatnak az idő előrehaladtával. Ez tükrözi a pénz időértékének figyelembevételét, amelyet a dinamikus megtérülési idő módszere alkalmaz. A táblázat alsó részén szereplő IRR (belső megtérülési ráta) 10%, ami azt jelzi, hogy a projekt belső megtérülési rátája meghaladja a diszkontrátát, tehát a projekt gazdaságilag életképes. A nettó jelenérték (NPV) 251 862 €, amely pozitív érték, tehát a projekt hozzáadott értéket teremt.

Összegzőképpen, a statikus megtérülési idő módszere alapján a projekt megtérülési ideje 6,26 év, míg a dinamikus megtérülési idő módszerével számolva 8,71 év. Ez a különbség abból adódik, hogy a dinamikus megtérülési idő módszere figyelembe veszi a pénz

időértékét, amely egy pontosabb és megbízhatóbb megközelítést nyújt a projekt gazdasági értékeléséhez.



18. Ábra: Dinamikus megtérülési idő

A megtakarítások és a megtérülési idő elemzése során, ha figyelembe vesszük az egységárak lehetséges változását, pozitív és negatív forgatókönyveket is megkülönböztethetünk a projekt jövőbeli gazdasági kilátásaira vonatkozóan. Az egységárak módosulása közvetlenül hatással van a projekt által generált megtakarításokra, és így a megtérülési időre is. A következő táblázatban bemutatott számítások során 20%-os egységár-változással kalkuláltunk, három különböző forgatókönyvet vázolva fel: pesszimista, jelenlegi állapot és optimista. Ezt mutatja a 12. táblázat:

Egységárak	0.2	Pesszimista	Jelen	Optimista
Villamosenergia [€/kWh]		0.12	0.15	0.18
Földgáz [€/m ³]		0.56	0.7	0.84
Megtakarítás [€]		139000	172793	208000
Megtérülési idő [év]		7.79	6.26	5.21

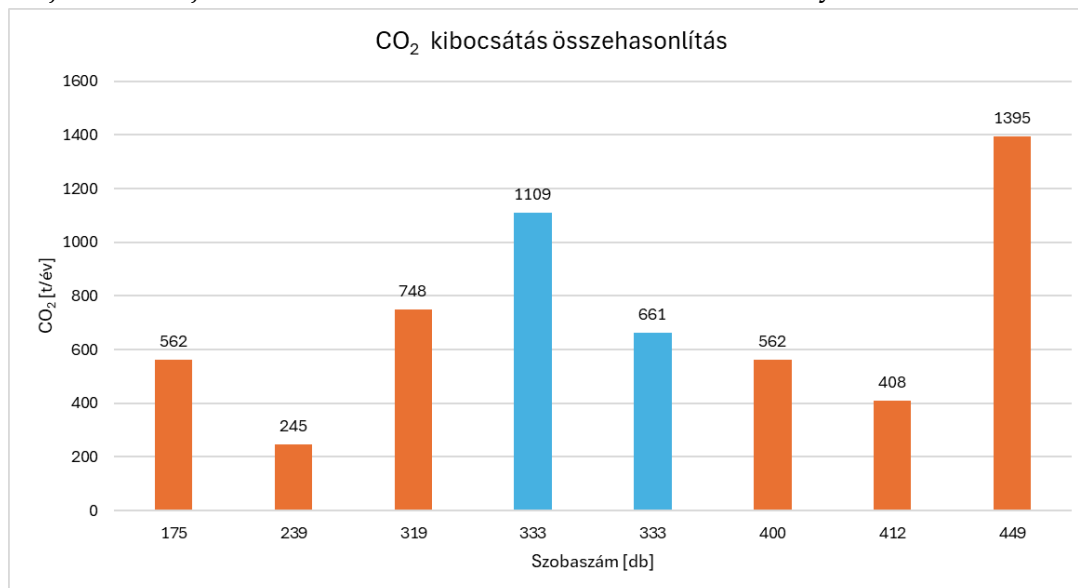
12. Táblázat: A statikus megtérülési idő és a megtakarítás változása az egységárak változását figyelembe véve

6.3. A szálloda energiafogyasztásának és CO₂-kibocsátásának összehasonlító elemzése más magyarországi szállodákkal

A felmért szálloda energetikai auditjának eredményei, valamint öt másik magyarországi szálloda fogyasztási adatainak elemzése alapján részletes összehasonlító elemzést végeztem, amelyet a 17., 18. és 19. ábrák szemléltetnek. Ezeken az ábrákon bemutattam a vizsgált szálloda kiindulási állapotában mért energiafogyasztását és CO₂-kibocsátását, valamint a javasolt fejlesztések utáni, várhatóan csökkentett fogyasztási értékeket, amelyeket összevetettem más magyarországi szállodák adataival.

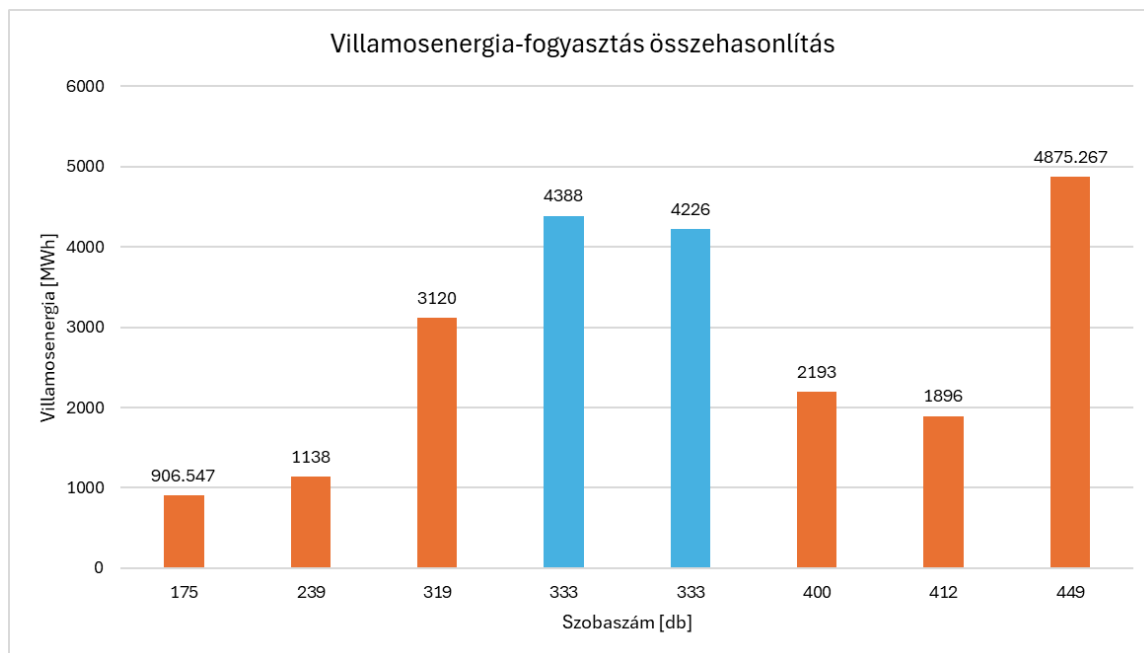
A vizsgálat során a szállodák energia- és földgázfogyasztását, valamint CO₂-kibocsátását szobaszám szerinti bontásban elemeztem. A felmért szálloda 333 szobával rendelkezik. Az ábrákon külön színnel jelöltem a szálloda audit előtti állapotát, illetve a fejlesztések megvalósulása utáni állapotot.

A 19. ábra a CO₂-kibocsátás szempontjából mutatja be az eredményeket. Jól látható, hogy a javasolt fejlesztések jelentős CO₂-kibocsátás csökkenést eredményeznek.

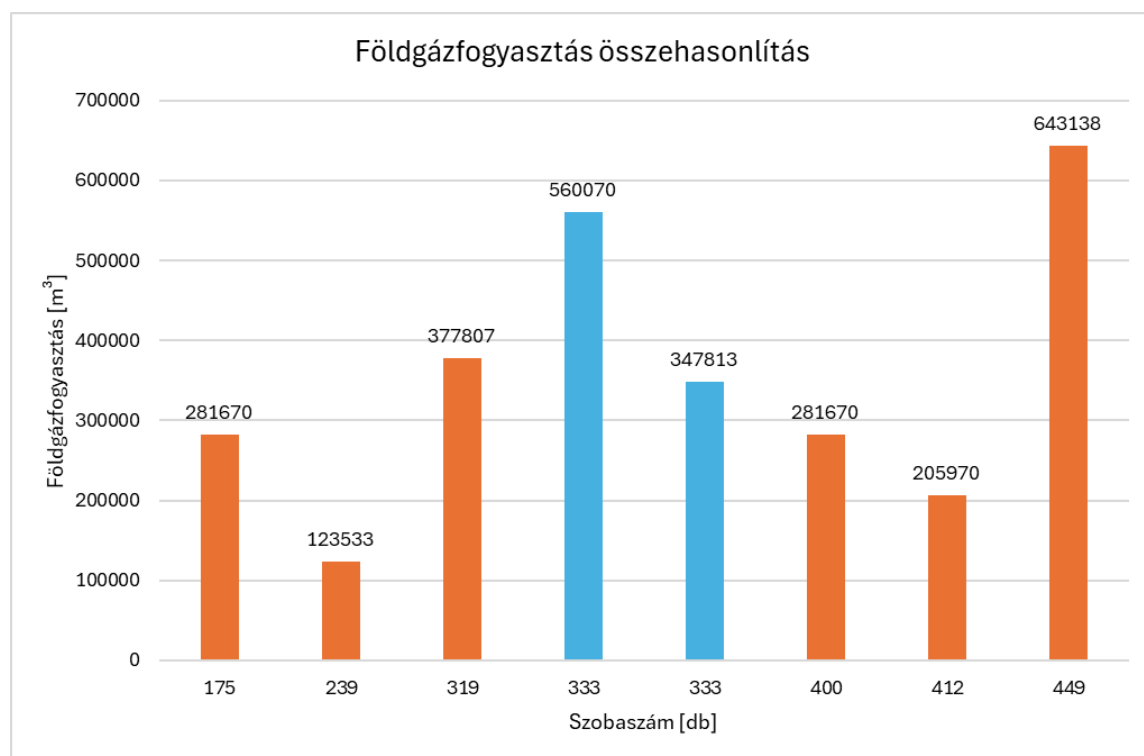


19. Ábra: CO₂-kibocsátás összehasonlítása

A 20., 21. ábrákon bemutatom a villamosenergia-fogyasztás és a földgázfogyasztás összehasonlító elemzését is:



20. Ábra: Villamosenergia-fogyasztás összehasonlítása

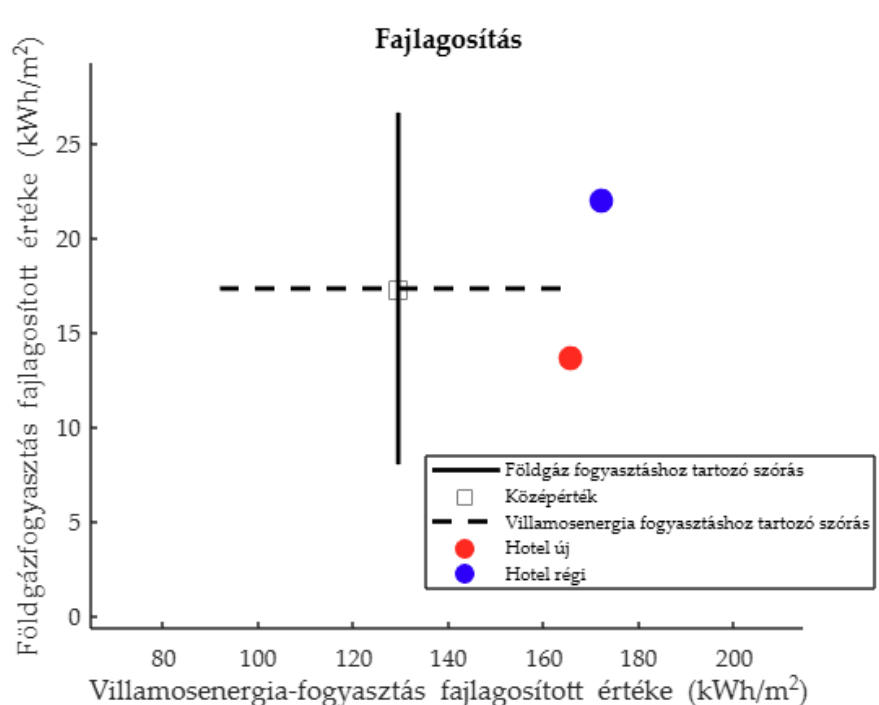


21. Ábra: Földgázfogyasztás összehasonlítása

Ezek az eredmények világosan rámutatnak az energetikai fejlesztések hatékonyságára, és igazolják a fejlesztési javaslatok alkalmazásának fontosságát a szén-dioxid-kibocsátás és az energiafelhasználás csökkentése érdekében. Fontos megjegyezni, hogy az általunk vizsgált hotel esetében a mosoda jelentős energiafogyasztást igényel, mind a villamos-, mind a

földgázfogyasztást illetően. Ezenkívül, más hotelekhez viszonyítva a szobaszám relatíve alacsony az alapterülethez képest, így a konferenciaterem és a hotelekben gyakran használt közösségi terek kihasználtsága kiemelkedően magas. Ez az intenzív használat jelentős energiaigénnyel jár, ami megmagyarázhatja, miért lehet a hotel energiafogyasztása még a nála több szobával rendelkező létesítményekénél is magasabb.

A 22. ábra a vizsgált szálloda és öt másik, Magyarországon működő szálloda fajlagos földgáz- és villamosenergia-fogyasztásának összehasonlítását mutatja. Az ábrán két jelölést különíthetünk el: a piros és a kék pontokat, amelyek az általunk felmért szálloda fajlagos energiafogyasztási értékeit mutatják a felújítás előtt és után. A kék pont a kiindulási (felújítás előtti) állapotot, míg a piros pont a fejlesztési javaslatok megvalósulása utáni, felújított állapotot ábrázolja.



22. Ábra: A szálloda fajlagos földgáz- és villamosenergia-fogyasztásának összehasonlítása fejlesztés előtt és után

A diagramon látható sávok az öt másik szálloda és a felmért szálloda kiinduló fajlagos fogyasztási mutatói alapján lettek meghatározva, illeszkedve annak, hogy szemléltessék a referenciaértékeket. A 22. ábra célja, hogy bemutassa a javasolt fejlesztések – különösen a gőzrendszer korszerűsítése – hatásait a szálloda energiafogyasztására. Ahogy a korábbi (15. ábrán bemutatott) elemzések alapján várható volt, jelentős földgázmegtakarítás érhető el a fejlesztések révén. Ez az ábrán is egyértelműen megfigyelhető: a piros pont, amely a felújított állapotot jelzi, jelentősen csökken a függőleges tengely mentén, ami a földgázfogyasztás jelentős csökkenésére utal. Ezáltal a felújított fogyasztási szint már beleesik a diagram értékszélei közé, jelezve, hogy a szálloda energiafogyasztása a

fejlesztések után a referencia szállodák fogyasztási szintjéhez igazodik. Összességében ez a vizualizáció jól szemlélteti, hogy honnan indult a szálloda energiafogyasztás tekintetében, és hová jutott el a javasolt fejlesztések révén.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A szállodaipar energetikai auditálása kulcsfontosságú a fenntarthatóság és energiahatékonyság növelésében, különösen a klímaváltozás és az energiaforrások kimerülése miatt. Az auditok segítenek a szállodáknak optimalizálni energiaszolgáltatásukat, csökkenteni működési költségeiket, és növelni versenyképességüket a tudatos utazók körében.

Az ilyen auditok segítségével feltérképezhetők azok a területek, ahol az energiaszolgáltatás csökkenthető, ezáltal a szén-dioxid-kibocsátás mérséklésére is lehetőség nyílik. A globális energiapiaci helyzetben különösen fontos, hogy a vállalkozások, köztük a szállodaipar is, hatékony energiaszolgáltatási megoldásokat alkalmazzanak, hiszen ezzel nemcsak környezeti, hanem pénzügyi előnyöket is elérhetnek. A dolgozatban arra is rávilágítok, hogy a mindennapi életben, hogyan járulhatunk hozzá a karbonlábnyom csökkentéséhez. Legyen szó akár munkavégzésről, akár nyaralásról, számos fenntartható tanúsítvánnyal rendelkező szállás közül választhatunk.

Ahhoz, hogy megfelelően képet alkosshassunk egy hotelben végzett kiegészített energetikai audit CO₂ csökkentésével kapcsolatos intézkedéseiről, olvashatunk az audit általános lépéseiről.

A dolgozatban végzett munkám során részletesen vizsgáltam meg egy budapesti hotel energetikai rendszereit. Ennek során helyszíni méréseket végeztem a fűtési, hűtési, világítási és légtechnikai rendszereken, valamint a szivattyúk hatékonyságának elemzésére is sor került. Kiemelten foglalkoztam a szivattyúk vezérlésének optimalizálásával, a légtechnikai rendszerek korszerűsítésével és a napelemes rendszerek telepítésének lehetőségeivel, hogy ezek segítségével növelhető legyen a szálloda energiahatékonysága.

Az audit eredményei alapján a fejlesztési javaslatok megtérülési ideje széles skálán mozgott, a leggyorsabb megtérülési idővel a gőzrendszer felújításával kapcsolatos fejlesztési megoldás volt, amely kevesebb mint két év volt, míg a hosszabb távú beruházások, mint például a hőszivattyú használata, valamint a hűtőrendszer vezérlési stratégiájának javítása, akár öt évnél hosszabb megtérülést mutattak. A szivattyúk szabályozási stratégiájának javítása és a légtechnikai rendszerek korszerűsítése mellett a napelemek telepítésével elérhető megújuló energiaszolgáltatás is fontos szerepet játszott az energiahatékonyság növelésében. Ezek az intézkedések összességében jelentős energia- és költségmegtakarítást eredményeztek.

A dolgozat utolsó fejezete az audit eredményeit és hatásait foglalja össze, bemutatva az energia- és földgázfogyasztás, valamint a CO₂-kibocsátás csökkenését, amit a javasolt fejlesztések révén érhet el a szálloda. Statikus és dinamikus gazdasági számításokat végeztem, hogy meghatározzam a fejlesztések megtérülési idejét. Az összehasonlító elemzés során a vizsgált szálloda energetikai auditjának eredményeit öt másik magyarországi szálloda fogyasztási adataival vetettem össze. Bemutattam a szálloda

kiindulási energiafogyasztását és CO₂-kibocsátását, valamint a fejlesztések utáni, várhatóan csökkentett fogyasztási értékeket, részletezve a villamosenergia- és földgázfogyasztás terén elérhető megtakarításokat. Ezek az adatok egyértelműen rámutatnak a javasolt intézkedések hatékonyságára, és alátámasztják az energiafogyasztás optimalizálásának, valamint a fenntarthatóság javításának szükségességét.

Amennyiben a jövőben nagyobb költségvetés állna rendelkezésre, a további fejlesztések lehetőséget biztosítanak olyan innovatív megoldások bevezetésére, mint az energiahatékony okosépület-rendszerek integrálása. Ez a technológia az épület hő- és energiafelhasználását valós időben monitorozná és automatikusan optimalizálná, tovább növelve az energiahatékonyságot és a fenntartható működést.

8. FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] "Éghajlatváltozás okai - Éghajlatváltozás - met.hu." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/eghajlatvaltozas_okai/
- [2] "AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ELLENI KÜZDELEM", Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: www.europarl.europa.eu/factsheets/hu
- [3] N. -Mihálydy, Z. -Tóth, and A. József, "Az Európai Zöld Megállapodás (EU Green Deal) bemutatása," vol. 5.
- [4] "Európai klímarendelet - Európai Bizottság." Accessed: Nov. 01, 2024. [Online]. Available: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_hu
- [5] A. Eur, "Üvegházhatású gázok kibocsátása az EU-ban (infografika)," pp. 1–6, 2023.
- [6] A. John and E. Growcom, "Vegetable Industry Carbon Footprint Scoping Study What is a Carbon Footprint? An overview of definitions and methodologies," 2008.
- [7] "Nagyvállalat / Nagyvállalkozás." Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: <https://galaxis.startupguide.hu/nagyvallalat-nagyvallalkozas>
- [8] M. Singh, G. Singh, and H. Singh, "ENERGY AUDIT: A CASE STUDY TO REDUCE LIGHTING COST," *Asian J. Comput. Sci. Inf. Technol. J. homepage*, vol. 2, no. 5, pp. 119–122, 2012, Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: <http://www.innovativejournal.in/index.php/ajcsit>
- [9] K. Parpairi, "Sustainability and Energy Use in Small Scale Greek Hotels: Energy Saving Strategies and Environmental Policies," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 38, pp. 169–177, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.PROENV.2017.03.099.
- [10] "Resources | U.S. Green Building Council." Accessed: Oct. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.usgbc.org/resources>
- [11] "MN6 Energiaügynökség - A LEED épületminősítésről." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: <https://mn6.hu/leed/a-leed-epuletminositessel/>
- [12] "Green Key." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.greenkey.global/>
- [13] "About BREEAM." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: <https://breeam.com/about/>
- [14] "Perlátor szerepe a csaptelepeknél • Megbízható szakemberek." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: <https://vizvezetekszerelo.dugulaselharitas.net/perlator-szerepe-a-csaptelepeknel/>
- [15] "Green Key — Booking.com reveals new travel trends in Sustainable Report." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.greenkey.global/stories-news-1/2022/5/11/bookingcom-reveals-new-travel-trends-in-sustainable-report>
- [16] "Booking.com: A Booking.comról." Accessed: Oct. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.booking.com/content/about.hu.html>
- [17] "Booking.com Unveils Its Travel Sustainable Badge | GSTC." Accessed: Oct. 03, 2024.

- [Online]. Available: <https://www.gstcouncil.org/booking-com-unveils-travel-sustainable-badge/>
- [18] "A tanúsítvány beszerzése | Booking.com for Partners." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: <https://partner.booking.com/hu/tudjon-meg-tobbet/tanúsítvány-beszerzése#question-160951>
- [19] "WORKING TOGETHER TO CREATE A BETTER WORLD", Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: www.gstcouncil.org
- [20] "Mik azok az épületfelügyeleti rendszerek (BMS) ? – Lakásgenerál.com." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: <https://lakasgeneral.com/2022/07/16/mik-azok-az-epuletfelugyeleti-rendszerek-bms/>
- [21] "JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- [22] "2015. évi LVII. törvény az energiahatékonyságról - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye." Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1500057.tv>
- [23] "Légáramlásmérő anemométer, bluetooth funkcióval Smart készülékekhez Testo 405i Smart Probes 0560 1405 vásárlása - Conrad Electronic." Accessed: Oct. 03, 2024. [Online]. Available: https://www.conrad.hu/hu/p/legaramlasmero-anemometer-bluetooth-funkcioval-smart-keszulekekhez-testo-405i-smart-probes-0560-1405-1406223.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Shopping%7C%20Search%20only&utm_id=2083386939&gad_source=1&gclid
- [24] "Carbon dioxide emissions factors." Accessed: Oct. 13, 2024. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-dioxide-emissions-factor#sources-and-processing>
- [25] "Kondenzációs kazán vs. hagyományos gázkazán: Melyik a jobb választás? » Golden Harmony." Accessed: Oct. 13, 2024. [Online]. Available: <https://goldenharmony.hu/kondenzacios-kazan-vagy-hagyomanyos-gazkazan/>
- [26] "Condensing boilers in practice : Dr Paul Bannister." Accessed: Oct. 13, 2024. [Online]. Available: <https://automaticheating.com.au/condensing-boilers-in-practice-dr-paul-bannister/>