



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek Intézet
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

SZAKDOLGOZAT

OE-KVK
2023

Hallgató neve: **Szerdahelyi Szabolcs Tamás**

Hallgató törzskönyvi száma: **T005943/F112904/K**



ÓBUDA EGYETEM
BUDA UNIVERSITY

Óbuda Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Szerdahelyi Szabolcs Tamás

Szakedolgozat száma: SZD2305121035527212

Törzskönyvi száma: T005943/FT12904/K

Neptun kódja:

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven) (Budapest)

Specializáció: Szenzor és minőség modul

Mikroelektronika és technológia specializáció

A dolgozat címe: A belsőépítészet és a világítástechnika kapcsolata

A dolgozat címe angolul: The relationship between interior architecture and lighting technology

A feladat részletezése: Tézisek felállítása a szakedolgozat témájában.

2-300 fős mintán végzett kérdőíves kutatás.

A válaszok analízise és a következtetések levonása.

Javaslatok megfogalmazása az eredmények alapján.

A tézisek bizonyítása vagy elvetése.

Intézményi konzulens neve: Harányi Ádám

Külső konzulens neve: Molnár Zsolt

Munkahelye:

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 05. 15.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Készve: Budapest, 2023. 11. 28.



Intézetigazgató

A dolgozatot becsésre alkalmasnak találom:

Szerdahelyi Szabolcs Tamás
belső konzulens

Molnár Zsolt
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Elektronikai és Kommunikációs Rendszerek Intézet
Mikroelektronikai és Technológia Tanszék

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott **Szerdahelyi Szabolcs Tamás** hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2023. december 07.

Szerdahelyi Szabolcs Tamás
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

<i>Bevezetés.....</i>	<i>6</i>
<i>1. Belsőépítészet és világítástechnika kapcsolata</i>	<i>7</i>
1.1. Milyen hatással van a fény a belsőépítészetre?.....	9
1.2. Kihívások a világítástervezésben	10
1.2.1. Milyen a megfelelő világítás?.....	11
1.2.2. A világítás típusai	12
1.2.3. A világítás hatása az emberi teljesítményre.....	13
<i>2. A téma jelentősége</i>	<i>15</i>
2.1. A dolgozat hatóköre	18
2.2. Módszer	18
2.3. A kutatás típusa.....	19
<i>3. A világítástechnikai piac</i>	<i>20</i>
3.1. A LED-világítás piacának áttekintése	23
3.2. A világítási rendszerek technológiai fejlődése	24
3.3. Világítás tervezése	25
3.4. Világítástervezési folyamat energiahatékonysága.....	26
3.5. Építészet és világítástechnika az otthonokban	27
3.6. Világítástervezési koncepció.....	28
3.7. Megfelelő világítás	29
3.8. Világítás hatékonysága	30
3.9. A világítástechnika jövője.....	34
<i>4. Világítás szerepe</i>	<i>36</i>

4.1. A fény élettani hatásai.....	36
4.2. Színjellemzők.....	39
4.2.1. Szín megjelenése.....	40
5. Otthoni hatékonyság – kérdőíves kutatás	42
5.1. Irodalmi áttekintés	42
5.2. Eredmények	45
5.3. Analízis	55
5.3.1. Életkor és energiatakarékosság.....	55
5.3.2. Lakóhely és energiatakarékosság.....	56
5.3.3. Életkor, lakóhely és okosotthon.....	59
5.4. A kutatás összegzése.....	62
6. Összefoglalás.....	63
7. Summary.....	64
8. Irodalomjegyzék.....	65
<i>Ábrák jegyzéke</i>	<i>69</i>
<i>Táblázatok jegyzéke</i>	<i>72</i>
<i>Mellékletek</i>	<i>73</i>

Bevezetés

Gyakran természetesnek vesszük a világítást, és ritkán gondolkozunk el azon, hogy az energiafogyasztásunk jelentős részét ez teszi ki.

A világítástechnika folyamatos fejlődése létfontosságú szerepet játszik az épített környezet alakításában, szem előtt tartva a fenntarthatóság prioritását a világítástechnikai iparban. A gyártók olyan termékeket terveznek, amelyek újrahasznosíthatók, és energiahatékony anyagok felhasználásával csökkentik a környezetszennyezést. Egyre nagyobb teret kap a körkörös tervezési elvek iránya elősegítve a többfunkciós felhasználást egyetlen területen. Ez a tervezési forma újragondolja és támogatja a kreatív alkotói folyamatot, és termékek újrafelhasználását. [1]

A fenntarthatóság és az egyetemes fenntartható fejlődés a világítási rendszerekre is kiterjed. A világítástechnikában és a tervezési technikában bekövetkezett gyors változások miatt a világítástervezés szinte új része az építési folyamatoknak. [2]

Egy épület funkcionalitása nagymértékben függ a világítás feltételeinek megteremtésétől, hogy nemcsak funkcionális és kényelmes tereket biztosítsanak, hanem hatékonyságot is érjenek el.

A világítástervezés és kivitelezés szakembereinek lehetősége van tervezési stratégiákkal és költséghatékony világítási megoldásokkal hozzájárulni a fenntarthatóbb jövőhöz, és a szénlábnyom csökkentéséhez.

A világítástervezés magában foglalja azokat a világítási rendszereket, amelyek minimalizálják az energiafogyasztást és eleget tesznek az épületben élők igényeinek.

Ezért a belsőépítészet és a világítástechnika kapcsolata döntő fontosságú. A belsőépítészek és világítástervezők energiahatékony, - természetes fényt optimális módon felhasználó világítási rendszerek tervezésével és világításvezérléssel olyan épületeket hozhatnak létre, amelyek esztétikusak és környezettudatosak. Mindemellett a szakszerűen elhelyezett világítás új dimenziót tud adni a térnek, életre keltve egy belsőépítészeti projektet.

1. Belsőépítészet és világítástechnika kapcsolata

A világítástechnika szorosan kapcsolódik a belső építészeti tervezéshez, mert alakítja az épületben lakók által tapasztalt vizuális környezetet. A világítástervezők a fényforrások és vezérlőrendszerek megadásával, térbeli elrendezésének meghatározásával, valamint a fény és az anyagok kölcsönhatásának figyelembevételével nagymértékben befolyásolják az építészeti terek funkcióját és esztétikáját. [3]

Az építészeti világítástervezés bizonyos belső építészeti elemeket szolgál ki és fejleszt ki, hogy elősegítse, megalapozza vagy hangsúlyozza az épület esztétikáját, történetét és célját – szellemiségét. Más területek is szerepet kapnak, mint például a fizika, a mérnöki tudomány, valamint a fény pszichológiai és élettani hatásai. A világítás befolyásolhatja az ember hangulatát és kapcsolatát a térrel. [4]

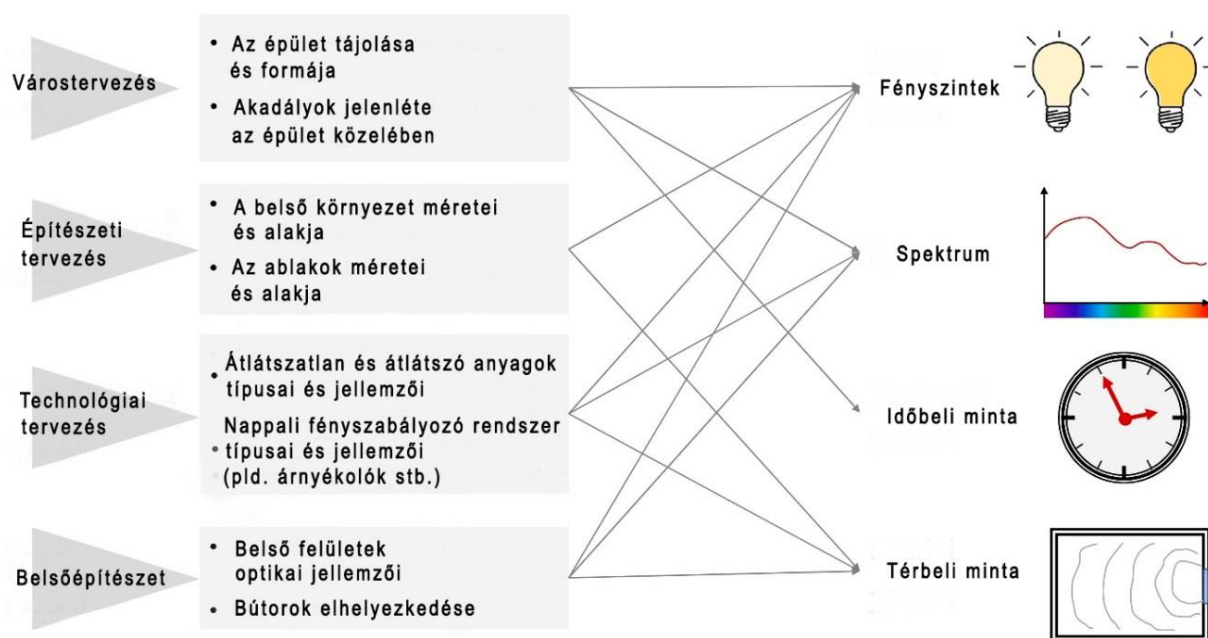
A világítás előnyei az építészetben sokrétűek és elengedhetetlenek a kivételes terek kialakításához. A világítás kulcsszerepet játszik az épület általános kialakításának, funkcionalitásának és hangulatának javításában.

A világítás előnyei a belsőépítészetben:

- kiemeli az építészeti jellemzőket, a textúrákat és a formákat, fókuszpontokat hoz létre, és kiemeli a dizájn elemeket,
- jelentősen befolyásolja a helyiség hangulatát, az intenzitás, a színhőmérséklet és a fényeloszlás beállításával,
- biztosítja a helyiségek biztonságos és funkcionális használatát,
- befolyásolhatja a tér érzékelését,
- az energiahatékony világítási megoldások, például a LED technológia és az intelligens világításvezérlés integrálása jelentősen csökkentheti az épületek energiafogyasztását és üzemeltetési költségeit.

Az energiahatékonyság előtérbe hozta a nappali fény használatát, így a nappali világítás gyakorlata új jelentőséget kapott az épülettervezésben, mert a nappali fény használata lehetővé teszi az mesterséges világítás időtartamának csökkentését és a kapcsolódó költségek csökkentését [5]

Egy belsőépítészeti projekt elkészítésében résztvevő világítástervező munkája hozzájárul az optimális egyensúly eléréséhez a világítás minősége, az emberi igények és az építészeti szempontok között. A jó világítás megváltoztatja és átalakítja a teret.



1. ábra - A fényjellemzőket módosító tervezési tényezők, amelyek érintik a cirkadián rendszereket. [6]

1.1. Milyen hatással van a fény a belsőépítészetre?

A szakszerűen elhelyezett lámpa új dimenziót ad a térnek, életre keltve egy belsőépítészeti projektet, ugyanakkor a minőségi tervezésben a funkcionális tér kialakítása túlmutat néhány fényforrás felszerelésén.

A hatékony világítástervezés javíthatja a tér szerkezetét és rendeltetését. Több világítási réteg egyidejű használata együttesen éri el a kívánt hatást. Mindegyik réteg kiegészíti a másikat, és átfogó világítási megoldást hoz létre.

Több világítási réteg belső terekben történő használatának előnyei:

- a) lehetővé teszi, hogy a felhasználó saját igényei szerint állítsa be a világítást. Például napközben elég lehet a kiemelő és feladat megvilágítás.
- b) hozzájárul a helyiség általános hangulatához. A meleg tompított környezeti világítás meghitt légkört teremthet a kikapcsolódáshoz, míg a feladatvilágítás energikusabb környezetet teremthet munkához vagy összejövetelekhez.
- c) különböző magasságban és szögben elhelyezett fényforrás használata árnyékokat és csúcsfényeket hoz létre, karaktert és dimenziót adva a térnek. Kölcsönhatásuk kiemeli a textúrákat, és látványosabbá teszi a teret.
- d) kiemelő világítás felhívja a figyelmet a belső tér érdekes pontjaira és fókuszpontot hozhat létre.
- e) elkerülhető a szükségtelen világítás, ami energiamegtakarítást eredményez. Időzítők és intelligens világításvezérlők beépíthetők a különböző rétegek hatékony kezeléséhez.
- f) illeszthetők belsőépítészeti stílusokhoz. Például a függesztett lámpák kicsit elegánsabb térhez, míg a testre szabható beltéri pályavilágítás a modern belső térbe illeszkedik.

A világítástervezők kihasználják a világítási rétegek által adott lehetőségeket, hogy egyedi igények megfelelően sokoldalú világítási megoldásokat alkossanak.

A fenntartható világítás előnyei közé tartozik a csökkentett energiafogyasztás, a jobb vizuális kényelem, az alacsonyabb karbantartási költségek és a jobb épületesztétika.

1.2. Kihívások a világítástervezésben

Az építészeti világítástervezés a világítástechnika egyik ága, amely az épületek és a környezetük világításával foglalkozik. [7]

A megfelelő világítás kiválasztása is kulcsfontosságú a világítástervezési projektekben, hiszen a megfelelő világítás új szempontokat ad a térnek. Ugyanazon projekten belül, a különböző fényalkalmazási módok változatos helyzeteket alakítanak ki, játszva a fénnel és árnyékkal, melegséggel és hidegséggel. [8]

Napjainkban a technológia az állandó változás és fejlődés állapotában van. Amikor a technológiai termékek változnak, megváltozik a használatuk módja is. Nem könnyű nyomon követni, és tisztában lenni az új és nagyszerű képességeknek, ezért fokozott figyelmet kell fordítani az új technológiák előnyeire és a megtakarítási lehetőségekre.

Például a világításvezérlési technológia megtalálja azt a megfelelő megoldást, amely nemcsak a világítás tervezését javíthatja, hanem egyúttal hozzájárulhat az épület általános működési hatékonyságának javításához is. Megmutatja, hogy a hatékony világítás lehet fenntartható és funkcionális is, és az energiaforrások megfelelő kezelésével energiahatékonyság érhető el. A fejlett vezérlési képességekkel, adatok generálhatóak méréssel és/vagy monitorozással, amelyek megfelelő fényszintet, színminőséget biztosítanak és minimalizálják a fényszennyezést.

1.2.1. Milyen a megfelelő világítás?

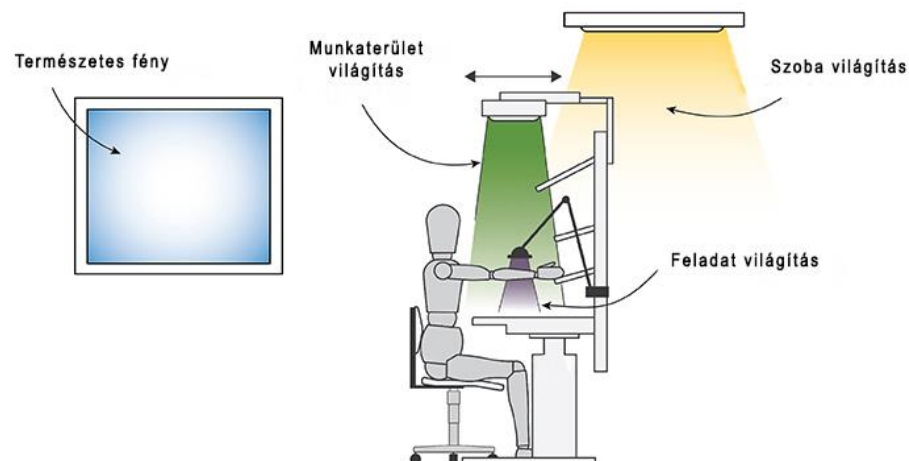
A megfelelő világítástervezés jelentősen hozzájárulhat az épület általános működési hatékonyságához. A belső építészet és a világítás megfelelő találkozása az otthon minden perspektíváját érinti:

- a) jó világítástervezés
- b) megfelelő kezelőszervek kialakítása
 - a. felhasználói kényelem
 - b. skálázhatóság és sokoldalúság
 - c. fenntarthatóság
 - d. átjárhatóság

Összességében elmondható, hogy a megfelelő világítás használata életünk minden területén hozzájárulhat jobb életminőségünkhöz. A fény határozza meg, hogyan érzékeljük és értékeljük a teret, a formát és az anyag szerkezetét. A jó világítási rendszerek javítják a hangulatot, hatással vannak a munkavégzésre, egyesítik a tudományt és a technológiát.

A jó világítástervezésnek van:

- funkciója, (a környezet megvilágításával támogatja a helyiség használatát)
- iránya (kiemel, fókuszot ad, meghatároz)
- teret teremti, (fokozza a térérzékelést)
- hatása a színekre (megváltoztatja a színek érzékelését, a hangulatát)



2. ábra - Megfelelő világítás [9]

1.2.2. A világítás típusai

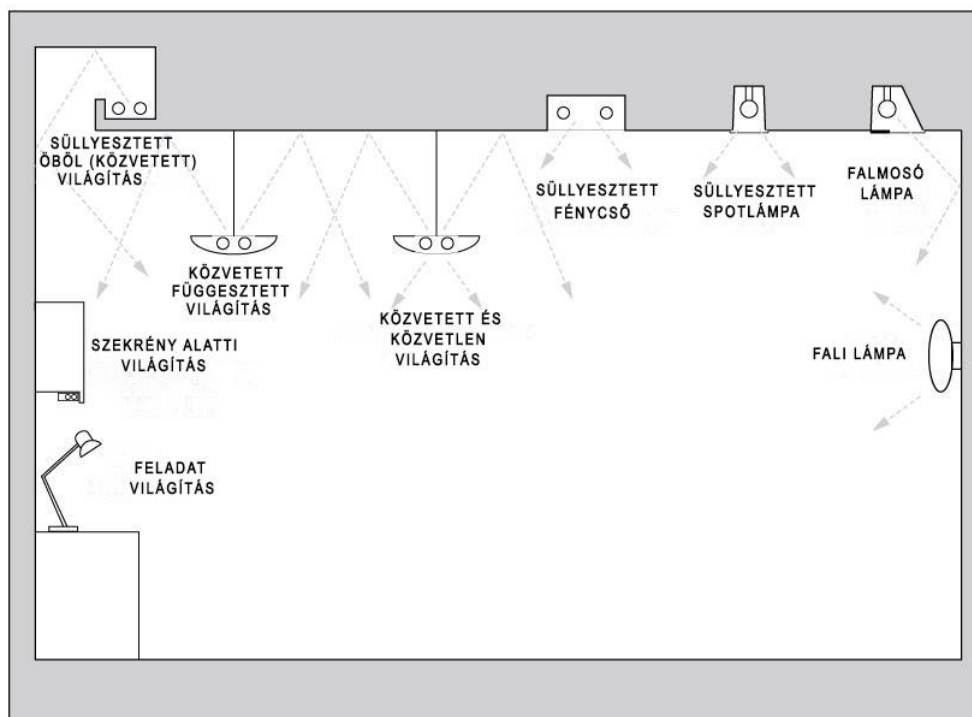
A világítás típusait a világítási feladatok alapján három fő kategóriába sorolhatjuk, amelyek egymással kombinálhatók. [10]

Környezeti világítás: általános világítás, amely a helyiség egyenletes megvilágítására szolgál. Ez lehet természetes fény az ablakon keresztül, vagy felső világítás, ami a teljes megvilágítást biztosítja adott térben. Ideális esetben egyenletes megvilágítást kell biztosítani az egész helyiségben, függetlenül attól, hogy vannak-e további fényforrások. Biztosítani kell a megfelelő és balesetmentes mozgást. Ez minden belső világítási rendszer alapja.

Feladat világítás: bizonyos tevékenységek, vagy adott feladat elvégéséhez biztosít világítást. Például olvasás, főzés vagy számítógépes munka az íróasztalnál erre kijelölt fényforrás segítségével. Ilyenkor erősebb fényre van szükség a szoba egy kisebb fókuszpontjában. Érdemes kerülni az árnyékot vető valamint erős fényeket, amikor munkaterület megvilágításról van szó, mert az akadályozhatja a hatékony feladatvégzést. A feladatvilágítás általában külön kapcsolóval rendelkezik, amely független a helyiség általános világítási kapcsolójától.

Használható tanuláshoz, asztali lámpaként, vagy hálósobában olvasólámpaként, konyhában munkapulton vagy szerkény alatt és fürdőszobában.

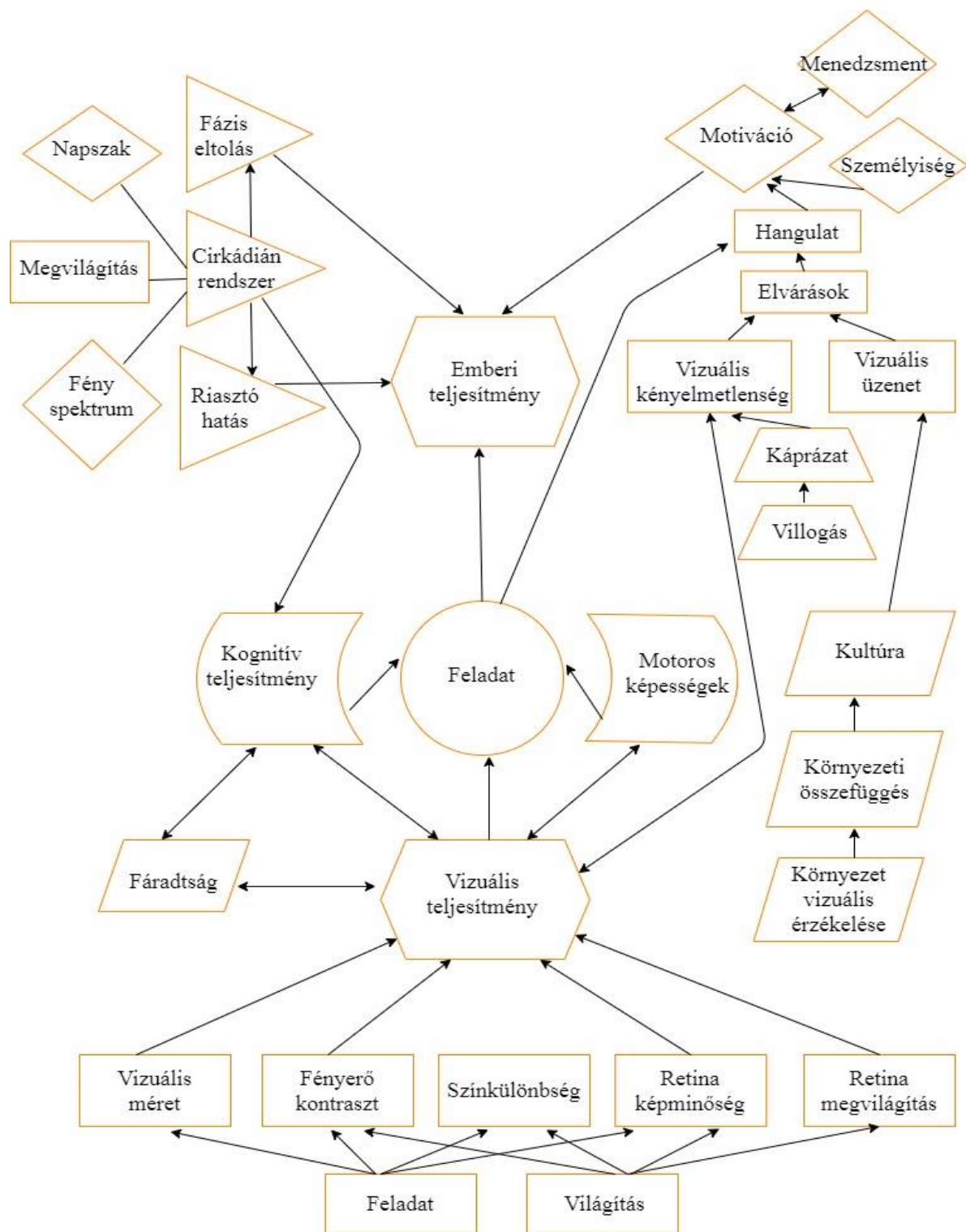
Kiemelő világítás: a helyiség bizonyos jellemzőinek kiemelésére használják, például bejáratok, növények vagy műalkotások megvilágításánál használják. Fontos szerepet játszik abban, hogy elérjék a kívánt hatást. Telepítési szempontból a kiemelő világításnak háromszor több fényre van szüksége, mint amennyit a környezeti világítás biztosít. Használható szobor vagy építészeti, műalkotás vagy akár növény kiemelésére.



3. ábra - Világítótestek típusai [11]

1.2.3. A világítás hatása az emberi teljesítményre

A fény központi szerepet játszik a vizuális környezet kialakításában. Amire valóban szükség van, az az összes világítási követelménynek megfelelő világítástervezés - olyan tervezési koncepciók, amelyek olyan vizuális környezetet hoznak létre, amely különféle tevékenységeket támogat, elősegíti a jólét érzését és összhangban áll az építészeti tervezéssel. Az alábbi ábra mutatja be azt a fogalmi keretet, amelyeken keresztül a világítás befolyásolhatja az emberi teljesítményt. A nyilak jelzik a hatások irányát.



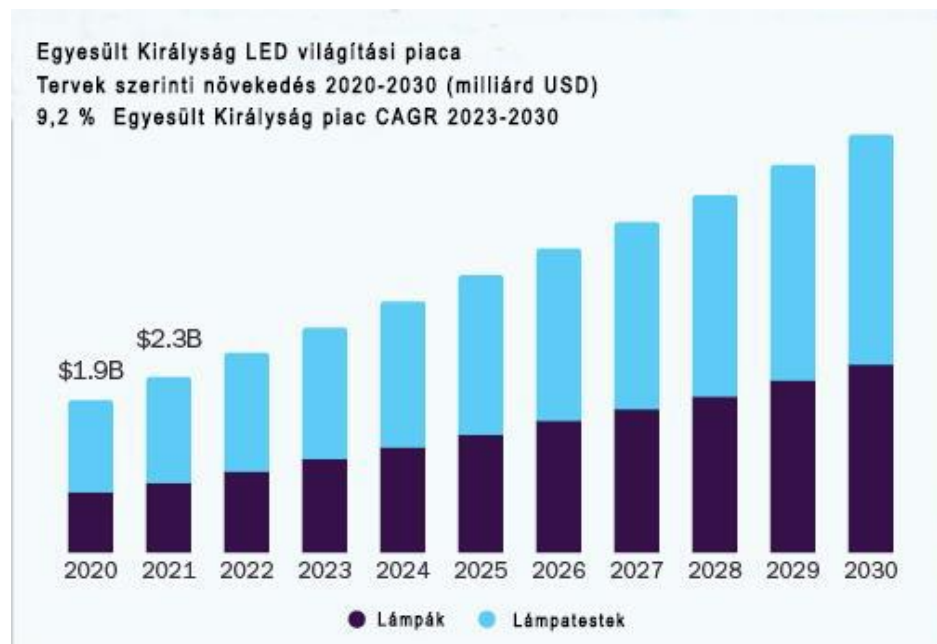
4. ábra - A világítás hatása az emberi teljesítményre. [12]

2. A téma jelentősége

A technológiai fejlődés a világítási rendszerek energiateljesítményét soha nem látott szintre emelte. A technológiai megoldásokkal továbbra is több energia megtakarítást érünk el, de további megtakarítás érhető el, ha megértjük az emberi viselkedés összetettségét, és úgy tervezzük meg a rendszereket, hogy azok alkalmazkodjanak az energiatakarékos viselkedéshez. [13]

A fénykibocsájtó diódákat az 1960-as évek óta használják. Akkoriban csak jelző ledeknek használták. A 2010-es években történt az áttörés, amikor elkezdett a LED-es technológia bejönni a világítástechnikába. A különböző korábbi fényforrások kivonása és a LED-ek erőteljes térnyerése kapcsán a LED-ek nagy felhasználóbázist szereztek.

Az európai LED világítási piac növekedését az energiatakarékosság, a hosszabb élettartam, az alacsonyabb költségek, az intelligens világítás és a fogyasztói tudatosság növelésének fontossága határozza meg. A végfelhasználás alapján a LED világítás európai piacát kereskedelmi, lakossági, ipari és egyéb területekre különítették el. A piac mérete 2022-ben 16,6 milliárd USD volt, és 2023-tól 9,3 százalékos összetett éves növekedési rátával (CAGR) fog növekedni.



5. ábra - Az európai LED-világítási piac méretének várható alakulása 2030-ig [14]

Napjainkban már kevés olyan terület van az életünkben, amelyben ne találkoznánk az egyre összetettebb vagy egyre specializáltabb elektronikus eszközökkel. Ez két elkerülhetetlen hatással jár, amelyekkel a különböző szakterületek szakértői, ideértve a mérnököket is, csak most kezdenek foglalkozni:

- Az egyik ilyen hatás az, hogy az energiatakarékosság majdnem minden szakterületen, szinte elsőrendű prioritássá vált.
- A másik pedig az, hogy sok olyan szakterület, amelyet néhány évvel ezelőtt még egy szakértő is átlátott, ma már sokkal bonyolultabb, folyamatosan változó tudást és gyakran többféle specifikus ismeretet kíván.

Ha csak 8-10 év távlatában tekintünk vissza a világítástechnika területein történt fejlődésre, akkor saját szemünkkel láthatjuk a fenti állítások igazságát. Az otthonában, vagy a munkahelyén mindenki használ mesterséges fényforrásokat. Az átlagemberekhez többnyire annyi információ jut el, hogy a folyamatosan emelkedő energiaárak miatt egyre fontosabb az energiatakarékosság, és már nem 100 W-os izzószálas fényforrást vásárol, - hiszen azt már nem árulják-, hanem helyette mondjuk egy 18W-os kompakt fénycsövet. A megfelelő fényforrás kiválasztásához a fényáram alapján célszerű elindulni.

1. táblázat Hagyományos izzó / LED-es fényforrás hatékonyság

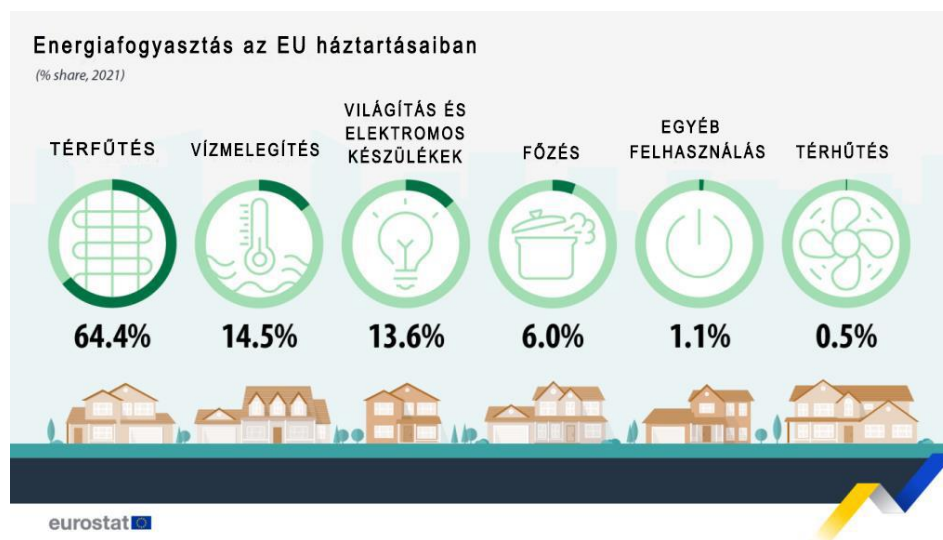
Típus				
Fényerő/ Lumen	Hagyományos izzó	Halogén izzó	Kompakt fényforrás	LED
450	40 W	29 W	9 W	8 W
800	60 W	43 W	14 W	13 W
1100	75 W	53 W	19 W	17 W
1600	100 W	72 W	23 W	20 W
Élettartam	1 év	1-3 év	6-10 év	15-20 év
Megtakarítás	-	30 % felett	75 % felett	80% felett

A színhőmérsékletről, - amely általunk látható fény egyik jellemzője már csak a társadalom egy elég csekély rétege bír hasznos és megfelelő információkkal.

A 2019-es ENSZ Környezetvédelmi program szerint az építőipar nagy nyomást gyakorolt a világ energiaköltségeire, és kiemelte, hogy hatékony stratégiák alkalmazására van szükség az épületgazdálkodással kapcsolatos energiafogyasztás csökkentésére. Ezen stratégiák közé tartozott a megújuló energiaforrások felhasználása az épületek fűtésére, hűtésére és világítására. [15]

Az energiahatékony világítástervezés nemcsak az energiafogyasztást csökkenti, hanem hosszútávon jelentős költségmegtakarítást is eredményez. A világításra fókuszálva jelenleg a LED-es technológia a leghatékonyabb. Energiát takaríthatunk meg, ha az otthonunkban az összes izzó-, halogén vagy fénycsövet LED világításra cseréljük.

Egy átlagos házban a világítás miatti villamosenergia fogyasztás a teljes fogyasztás körülbelül 13,6 %-át teszi ki. Az otthonok villamosenergia fogyasztásának jóval nagyobb része azonban elektromos fűtőtestek, légkondicionálók, hűtőszekrények, mosógépek, televíziók használatából ered. A villamosenergia számla csökkentésének egyik módja ezen eszközök használatának csökkentésével, másik módja energiahatékony világítás használatával érhető el. Az Eurostat 2021-es adatgyűjtése részletezi, hogy az EU-ban a háztartásokban hogyan oszlik meg az energiafogyasztás. Itt látható, hogy a világítás és a legtöbb elektromos készülék használatának villamos energia aránya 13,6 % amely nem tartalmazza a fűtésből, hűtésből vagy főzésből eredő áramhasználatot.



6. ábra - Energiafogyasztás az EU háztartásaiban [16]

2.1. A dolgozat hatóköre

Ez a szakdolgozat nem ad teljes körű képet a vizsgált témáról, mivel nem egy reprezentatív felmérés eredményeit mutatja be, hanem egy korlátozott keretek között végzett vizsgálatot. Egy átfogó és megbízható elemzéshez szükség lenne a következő szakemberek bevonására:

- világítástechnikai szakértő,
- építész,
- pszichológus,
- szemész,
- energiahatékonysági tanácsadó.

Ezt figyelembe kell venni a szakdolgozat értékelésekor és a következtetések levonásakor.

A dolgozat keretei miatt nem lehetséges hosszú távú trendek elemzése sem az építészet, sem a világítástechnika, sem az emberi tényezők szempontjából. Ugyanakkor a téma fontos, mert a társadalom minden tagját érinti. Ezért a dolgozat célja egy gondolatébresztő írás létrehozása, amely alapul szolgálhat egy későbbi, részletesebb és komplexebb vizsgálat elvégzéséhez.

2.2. Módszer

A dolgozatomban alkalmazott módszer két fő részből áll:

Először szakirodalmi források alapján bemutatom a világítástechnika technikai piac helyzetét, a jelenleg elérhető technológiákat és a nemzetközi irányzatokat. A második részben kutatásom során azonosított tanulmányokból levont következtetéseimet nem közvetlenül a dolgozatomban értékelésekor használom fel, hanem azok segítségével egy saját, laikusok számára is könnyen kitölthető kérdőívet állítok össze.

Céлом egy olyan egyszerű és világos kérdőív létrehozása és kiértékelése, amely a különböző energiatakarékos világítástechnikai megoldások otthoni alkalmazásával kapcsolatos válaszokat vizsgálja. Ez a kérdőív hasznos eszköze lehet annak, hogy megismerjem és bemutassam, hogy hazánk lakossága mennyire tájékozott és tudatos a világítástechnikai eszközök használata terén, és milyen hajlandóságot mutatnak a hatékony és energiatakarékos világítás használata iránt.

2.3. A kutatás típusa

A kutatáshoz a világítástechnika és az energiatakarékosság összefüggéseinek vizsgálata szükséges, amely több tudományterületet érint, ezért interdiszciplináris megközelítésre van szükség. Ezért a szakdolgozatomhoz kvalitatív módszert választottam, mert szerettem volna megérteni a válaszadó vásárlók gondolkodásmódjának, valamint a szokásainak alakulását és a világítástechnikai piac változásának kapcsolatát. A felhasznált források nem tekinthetők általánosan elfogadott iparági szabványoknak, de a dolgozat céljánál és kereteinél fogva nem jelentenek hátrányt.

A kérdőíveket on-line módon készítettem el a „Google forms” rendszer segítségével, és azokat részben saját magam, részben pedig ismerőseim révén terjesztettem el, hogy a lehetőségekhez mérten minél szélesebb körben gyűjtsek adatokat a válaszadók jellemzőit (kor, iskolázottság stb.) illetően.

3. A világítástechnikai piac

A világítástechnika és az energiahatékonyság közötti kapcsolatban egyaránt fontos az energia felhasználásának csökkentése, az alacsonyabb működési költségek és a karbantartás megtakarítása is.

A Precedence Research felmérése szerint az európai energiahatékony világítástechnikai piac mérete 2022-ben 200,7 milliárd USD volt, és 2032-re az előrejelzések szerint várhatóan 406,44 milliárd USD-re nő.



7. ábra - Európa energiahatékony világítástechnikai piacának várható alakulása 2022-2032 [17]

Áttekintve a globális energiahatékony világítástechnikai piaci számokat 2022-ben 190 milliárd USD-re becsülték, ami 2032-re várhatóan 404,52 milliárd dollár bevételt érhet el.

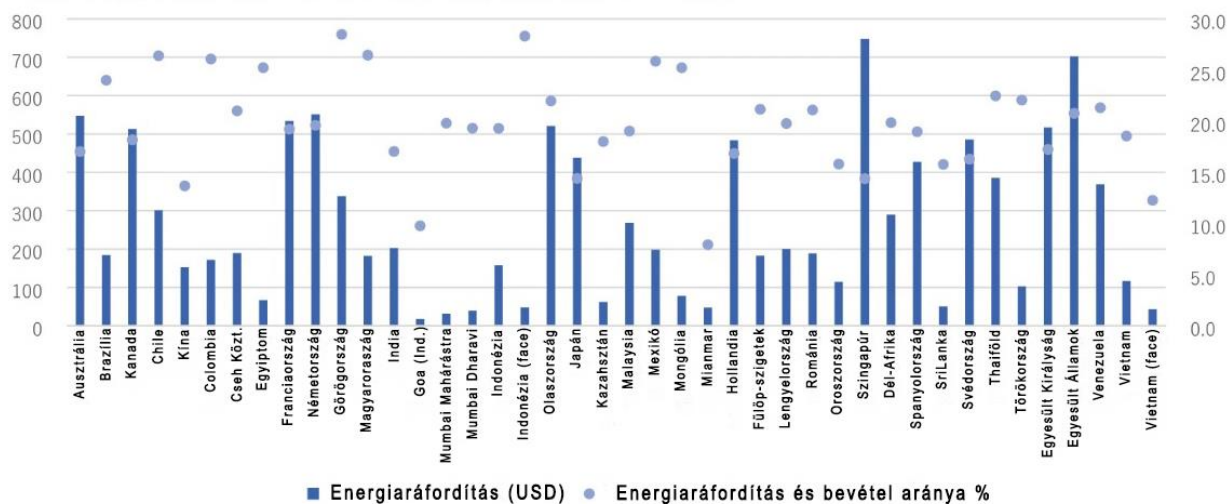


8. ábra - Globális energiahatékony világítástechnikai piacának várható alakulása 2022-2032 [17]

Ez alapján 2022-ben bevételek tekintetében Európa uralta az energiahatékony világítási piacot.

Az energiahatékony világítástechnikai piac fellendülésére hatással volt a gyorsan növekvő energiafelhasználás, és az emelkedő energiaárak csökkentésének az igénye. Az előtérbe kerülő okos városok folyamatban levő projektjei (közlekedési hálózatok, levegőminőség, infrastruktúra hálózatok átalakítása, fenntarthatóság) valamint az intelligens épületek gyors elterjedése is növelte a keresletet az energiahatékony világítások és a hatékony energiafogyasztó eszközök iránt.

A Scientific Reports multidiszciplináris folyóiratban 2023. januárban közzétett kutatás 37 országban mérte fel az átlagos energiakiadásokat a háztartások szintjén. A kutatásból látszik, hogy az energiafelhasználás hogyan kapcsolódik a gazdasági fejlettséghez. Például magasabb jövedelmű országok háztartásai több energiát fogyasztanak, mint az alacsony jövedelmű országok háztartásai. A közepes jövedelmű országok az összjövedelem viszonylag nagyobb hányadát költik energiára.



9. ábra - Átlagos havi energiakiadás a háztartások szintjén a 37 megkérdezett nemzetben [18]

A LED-es világításnak világítástechnikai paraméterként az a lényege, hogy annak ellenére, hogy 85 %-al kevesebb energiát vesz fel, fogyaszt, annak ellenére a vizuális környezetre gyakorolt hatásában is ugyanazt a megvilágítást tudja biztosítani a különböző felületeken.

A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) jelentése alapján, bár számos országban több mint tíz éve megkezdtek az izzólámpák fokozatos kivonását, sok ország most kezdi megszüntetni a fénycsőeket, hogy a LED-eket a fő világítástechnikai technológiává tegye.

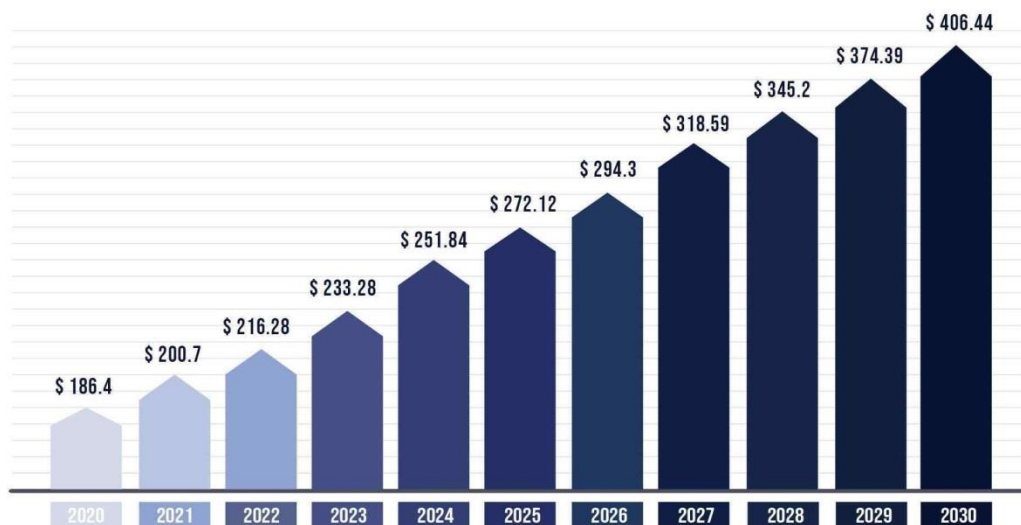
A forgatókönyv szerint ezen a területen fenn kell tartani az előrehaladást annak biztosítására, hogy 2025-re minden országban túlnyomórészt LED-technológiát értékesítsenek, 2030-ig pedig növekvő hatékonysággal. [19]

Összességében a globális energiahatékony világítási piac várhatóan folytatja növekedési tendenciáját, ahogy egyre több ország alkalmaz energiahatékony világítási megoldásokat, és fokozatosan megszünteti a hagyományos világítási megoldásokat.

3.1. A LED-világítás piacának áttekintése

A Precedence Research 2021 decemberében közzétett Globális iparági elemzése a globális energiahatékony világítástechnikai piacot 2021-ben 200,7 milliárd USD-ra becsülte, és 2030-ra várhatóan több mint 406,44 milliárd USD-t fog elérését vetítette előre.

Eszerint 2022-2030 között az energiahatékony világítástechnikai piac (típus szerint: izzólámpa, fénykibocsátó dióda, ívlámpa és gázkisüléses lámpák) figyelemreméltó, 8,2%-os CAGR¹-al fog növekedni. [20]



10. ábra - Globális energiahatékony világítástechnikai piac mérete, 2020-2030 (milliárd USD) [20]

Az elemzés szerint a stratégiai fejlesztések, mint például az innovatív tulajdonságokkal rendelkező új termékek bevezetése várhatóan jelentős hatással lesznek a globális hatékony világítástechnikai piac növekedésére. A globális világítástechnikai piacot elsősorban az emelkedő energiaárak, a jelentősen növekvő energiafelhasználás teszi egyre fogékonyabbá az energiahatékony megoldások iránt.

¹ **CAGR** - Compounded Annual Growth Rate, az összetett éves növekedési ráta (CAGR) a befektetés megtérülési rátáját (például a befektetési időszakot, például az 5-öt vagy a 10 évet) méri

3.2. A világítási rendszerek technológiai fejlődése

A világítási rendszerek technológiai fejlődése nemcsak az energiahatékonyság elérését tette lehetővé, hanem más előnyök elérését is. A LED-lámpák fejlesztése a világítástechnikában jelentős előrelépés, mert ezek a lámpák energiahatékonyabbak, mint a hagyományos izzólámpák és fénycsövek, és egyre népszerűbbek mind a lakossági, mind ipari használatban.

A világítástechnika gyorsan fejlődött az évtizedek óta használt hagyományos izzólámpáktól, különösen a fényforrások energiahatékonysága tekintetében.

A fejlődés számos áttörést hozott, ami forradalmasította életünk minden helyszínének megvilágítását, az energiahatékony LED-ektől az intelligens világítási rendszerekig.

A legjelentősebb változást a fénykibocsájtó diódák (LED) széles körű elterjedése okozta, amelynek előnyei:

- energiahatékonyság (90 %-al kevesebb energiát fogyasztanak, mint a hagyományos izzók)
- hosszú élettartam (akár 25 %-al hosszabb élettartam)
- sokoldalúság (többféle színben, formában és méretben sokféle alkalmazásra alkalmasak)
- irányított világítás (hatékonyabb megvilágítást tesz lehetővé)

Az intelligens világítás lehetővé tette a világítás erősségének színének, időzítésének egyedi beállítását. A rendszer programozhatósága az energiamegtakarításon túlmenően rugalmasabb felhasználást tett lehetővé, mert az okostelefon alkalmazásokon keresztül is vezérelhetővé vált a világítás, ami hozzájárult a felhasználás testre szabásához.

A Li-Fi (Light Fidelity) egy feltörekvő technológia, amely látható fényt használ az adatok vezeték nélküli továbbítására, A Wi-Fi-nél akár 100-szor gyorsabb sebességgel. a Li-Fi az emberi szem számára láthatatlan LED-lámpák gyors be- és kikapcsolását használja, hogy hihetetlenül nagy sebességgel továbbítsa az adatokat.

3.3. Világítás tervezése

A végbemenő digitális átalakulás a világítási szektort is érinti. A piaci szereplők a mai napig arra törekednek, hogy még hatékonyabb eszközöket fejlesszenek ki, és a piac dönti majd el, hogy ki tud majd hatékonyabban reagálni az igények gyors változására.

Az építészeti világítási projekt tervezése bonyolult. A fenntartható világítástervezés még soha nem volt ennyire fontos a világítástechnikában.

A világítástervezők építészekkel és belsőépítészekkel dolgoznak együtt, hogy biztosítsák az épületek megfelelő belső és külső megvilágításához szükséges szakértelmet, hogy projektjeik minden igényt kielégítsenek. Segítenek olyan technikai kérdésekben, mint például az irodák és tantermek elégséges világításának biztosítása, vagy gondoskodnak a megfelelő hangulat megteremtéséről adott terekben. [21]

A mesterséges megvilágítás tudományos alkalmazása viszonylag fiatal tudományág. A nappali világítással ellentétben, amely visszatekint egy olyan hagyományra, amely több ezer év alatt alakult ki, a mesterséges megvilágítás koncepcióinak kidolgozásának igénye csak az elmúlt egy-két évszázadban vált követelménnyé. Mindössze 200 évvel ezelőtt a mesterséges fényforrások használatának megtervezése annyiban merült ki, hogy eldöntsék, hol a legjobb elhelyezni a rendelkezésre álló néhány gyertyát vagy olajlámpát. Ezt a mai gondolkodással már nem igazán lehet megfelelő világítás kialakításának nevezni. Csak az elmúlt száz évben, a hatékony fényforrások gyors fejlődésével, a világítástervezésben elérhetővé váltak azok az eszközök, amelyek lehetővé teszik a mesterséges megvilágítás olyan szintű előállítását, hogy az a felhasználó igényeinek megfeleljen.

3.4. Világítástervezési folyamat energiahatékonysága

A világítástervezési folyamat az épülettervezés egyik fontos eleme. Akár új tér tervezéséről van szó, akár egy meglévő felújításáról, vagy a meglévő világítás javításáról, a világítási energiaszolgáltatás csökkenthető azzal, hogy a tervezés és építés során olyan világítótesteket és vezérlőket, érzékelőket választanak, amelyek hatékonyabban használják fel az energiát.

A világítástervezés minden belső vagy külső tervezési projekt kritikus szempontja. Nemcsak gyakorlati célt szolgál a megvilágítás biztosításával, de hangulatot teremthet, vagy vizuális érdekességet adhat a térnek.

A világítási rendszer magában foglalja a természetes nappali megvilágítást, a megfelelő megvilágítási szintet és az alacsony energiafogyasztást. A használt fényforrások típusa és minősége nagyban befolyásolhatja a világítás energiahatékonyságát. Jelentős költségmegtakarítás érhető el a világítási rendszer hatékony megtervezésével. Rögtön a tervezés elején egyszerűbb az energiahatékony technológiák figyelembevétele és integrálása, mert így magasabb szintű energiahatékonyság mellett alacsonyabb energiaköltséget lehet elérni, ami csökkenti a környezetterhelést.

A világítástervezés folyamata során különféle tényezőket kell figyelembe venni az energiahatékonyság és a jó minőségű világítás elérése érdekében. Az energiahatékony világítástervezés alapelvei közé tartozik a fény mennyiségének és minőségének az elvégzett funkcióhoz való hozzáigazítása, ahol szükséges munkalámpák felszerelése. Az energiahatékony világítástechnika használatával csökkenthető az energiafogyasztás és a költségek. [22]

A világítástechnika és az energiahatékonyság közötti kapcsolat fontos. Az energiahatékony világítás, például a LED-lámpák használatával a háztartások pénzt takaríthatnak meg villanyszámlájukon, miközben csökkentik a szénlábnyomukat. [23]

3.5. Építészet és világítástechnika az otthonokban

Az építészeti világítás a térbeli élmény elősegítésére szolgál. A világítás befolyásolhatja a textúrát, a tértudatosságot. Ez különbözteti meg az építészeti és az általános világítást, hangulatot. [24]

Az építészeti világítás az épület tervezésének és működésének megvilágítása. Ez a törekvés integrálja az építészetet, a tervezést és a mérnöki tudományt.

Az építészeti megvilágítási tényezők közé tartozik a fizika, valamint a fény pszichológiai és élettani hatása is. Az épület esztétikája javítja az ember életvitelét, munkáját, működését, kikapcsolódását vagy játékát - megkönnyítve ezzel a tér használatát. Az építészeti világítás magában foglalja az energiahatékonyságot, biztosítva a fény megfelelő használatát és elosztását.

Az építészeti világítás végső soron létrehozza, integrálja és összehangolt rendszerbe szervezi a világítást.

Legyen szó természetes vagy mesterséges megvilágításról, a fény felhívja a figyelmet a tér textúráira, színeire és formáira, ezzel segítve az építészetnek elérni valódi célját. A látás a legfontosabb érzékszervünk, amelyen keresztül élvezzük az építészetet, a világítás pedig még jobban javítja az építészet érzékelésének módját. [25]

Otthonunkban töltött időnk során arra kell törekednünk, hogy házainkat vagy lakásainkat úgy világítsuk meg, hogy használat során praktikus és személyes érzésünk számára megfelelő legyen. Míg egyes régebbi otthonokban még mindig hagyományos izzókat használnak, a LED-es világítástechnika fejlődésével az eddig elérhetetlen helyekre is elhelyezhetünk lámpákat, mint például szegélylécnek mögé vagy bútorok alá. A dinamikus világítás azt is lehetővé teszi a számunkra, hogy módosítsuk a házon belüli világítás színét, hőmérsékletét, hogy megfeleljen aktuális hangulatunknak.

Az elmúlt években az „okosotthon” egyre népszerűbbé vált forradalmasítva a lakótereinkkel való interakciót. Ennek előnye, hogy a lakástulajdonosok könnyen kezelhetik többek között világítási rendszereiket is. A dinamikusan változó intelligens világítás és építészeti technikák vezetnek az intelligens otthonok fejlődése és automatizálása felé.

3.6. Világítástervezési koncepció

A kvantitatív fénytervezésen vagy a fényerő-technológián alapuló világítási koncepciókkal kapcsolatban sajnos megállapíthatjuk, hogy szigorúan betartják az emberi észlelés fiziológiai nézetét. Az embert csak mozgó lénynek tekintik, amely képeket dolgoz fel; vizuális környezete a pusztá feladat feldolgozásra redukálódik, mint például az asztal és fal, ablak és mennyezet átfogó észlelésére. Ebből a szögből nézve csak a komplex észlelési folyamat egy kisebb részét lehet elemezni, amely magában foglalja a szemet és a körülöttünk lévő világ elvont megértését. Egyáltalán nem veszik figyelembe a szem mögött lévő személy emberi mivoltát, pszichikumát és a fény arra gyakorolt hatását. [26]

A tájékozódási segédeszközök iránti igény a környezet típusától függően változik - az embereknek a terek közötti vezetésére alkalmazott fény elsődleges fontosságú lehet egy kongresszusi központban, ahol állandóan változó látogatócsoportok vannak, míg ez a feladat ismeretlen környezetben lényegesen kevésbé fontos. Az észlelésorientált világítástervezés, amely az emberre és igényeire irányul, már nem irányulhat elsősorban kvantitatív értelemben a megvilágításra és a fényerő eloszlására. [27]

A világítástervezés egy folyamat, ami több mint a megfelelő világítási intenzitás megtervezése. A világítástervezés nem lehet utólag, bár sajnos ez gyakran így van. A világítási elképzeléseket már a tervezés korai szakaszába be kell vonni. A világítási elrendezést úgy kell tervezni, hogy egyszerre legyen funkcionális és szép. A lámpák helyzete, a szerelés típusa, az izzó színe és hőmérséklete mind hatással van az otthon hangulatára.

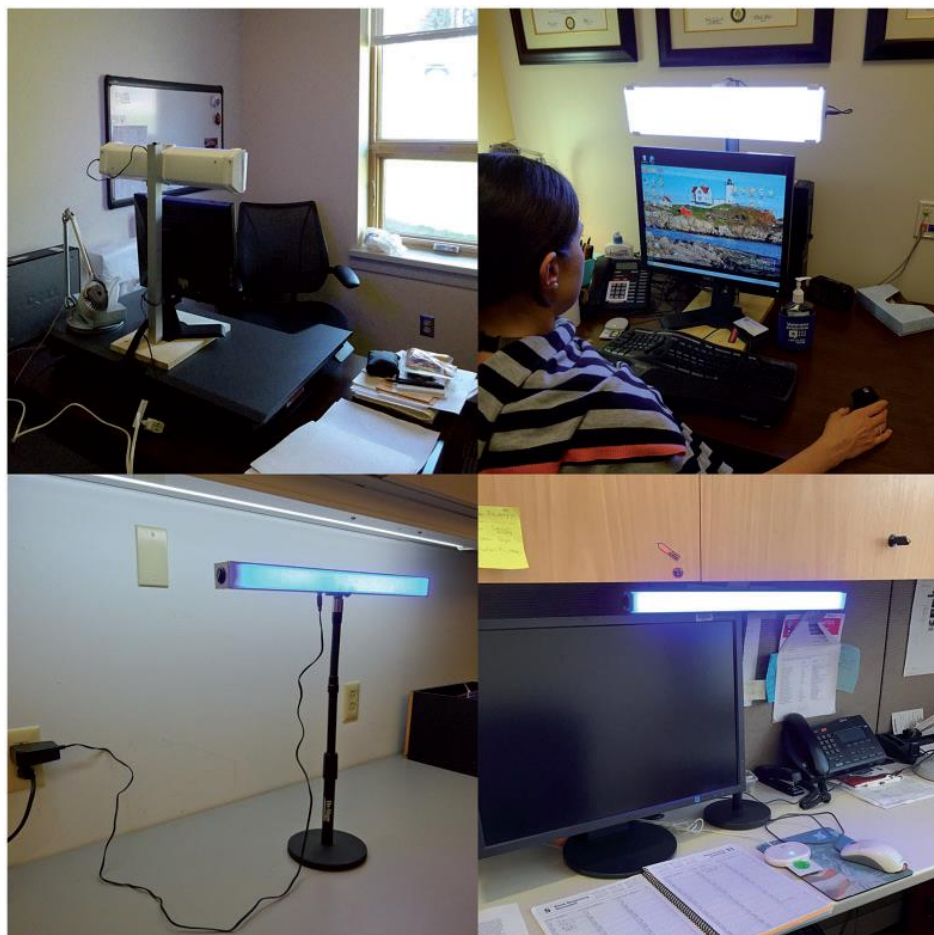
A világítás és az építészet közötti egyensúly megteremtésének fő szempontjai:

- az esztétika - ahol a tervezői és építészek a világítás és az építészet egyensúlyára összpontosítanak,
- a funkció - a világítás megfeleljen a fő céljának, hogy megfelelően világítsa meg a falakat és a padlót,
- a hatékonyság - a világítástervezésnél figyelembe kell venni a fenntarthatóságot, ügyelve a minimális fényvesztésre. [28]

3.7. Megfelelő világítás

A COVID19 járvány hatására megváltozott munkaerőpiaci helyzetben világszerte megnőtt a távmunka, illetve az otthoni munkavégzés („home office”) jelentősége. Így, amikor a munkavégzés hatékonyságának és a világításnak a kapcsolatát vizsgáljuk, az irodai terek mellett az otthoni tereket is számításba kell vennünk.

Amint a következő képeken is látható, ezek a megoldások akár otthoni munkavégzés esetén is egyszerűen használhatók. A vizsgálat minden résztvevőnél jelentős teljesítményjavulást eredményezett, így kijelenthető, hogy ilyen lámpa használata otthoni munkavégzés esetén is hasznos. [29]



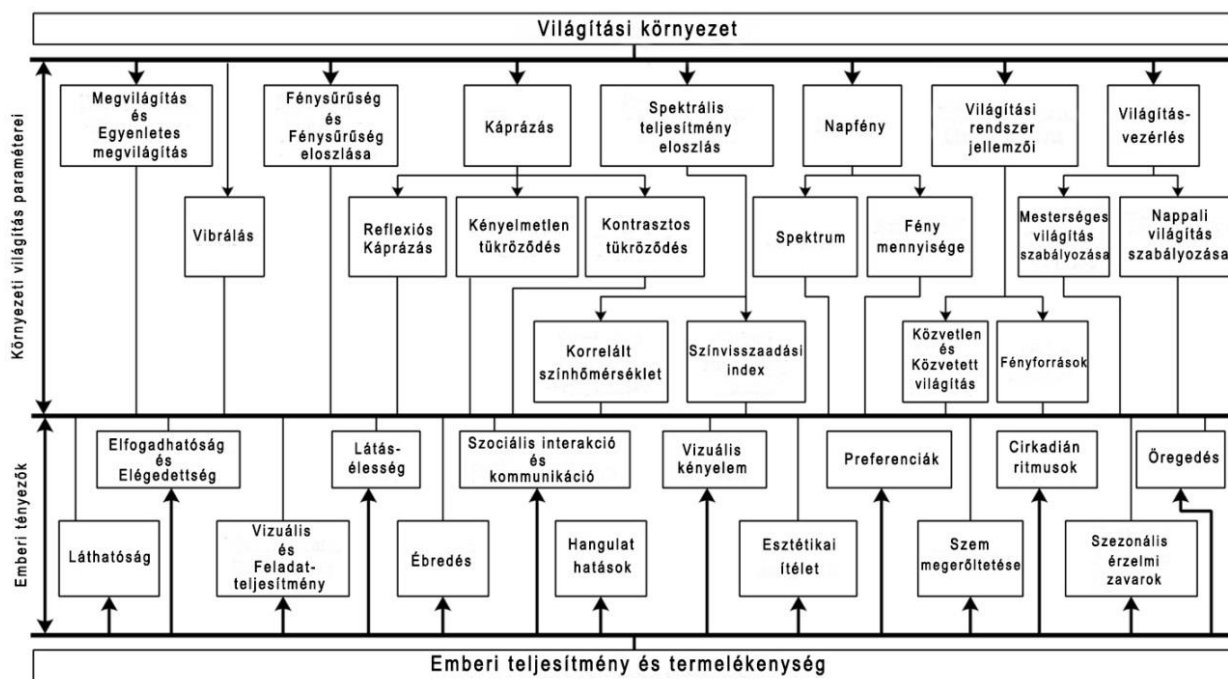
11. ábra - A vizsgálati elrendezések [29]

A sikeres otthoni munkavégzéshez többre van szükség, mint egy asztal és egy laptop. A jól átgondolt LED-es világítással növelhető a koncentráció, hatékonyabbá válik a munkavégzés, mivel a megfelelően megvilágított munkafelület támogatja az éberséget. A LED-es világítás nagy előnye az energiahatékonyság, és kevesebb energiafogyasztással csökkenthető a villamos energia költség is.

A megfelelő megvilágítás támogatja a feladatok hatékony megoldását, és vizuális környezetként hat az emberi érzelmekre és egészségre is. Mindez hatással van a teljesítményre és a munkavégzés hatékonyságára egyaránt.

3.8. Világítás hatékonysága

Az alábbi táblázat áttekintést ad a világítás minőségének a hatékonyságának és egészségre gyakorolt hatásáról.

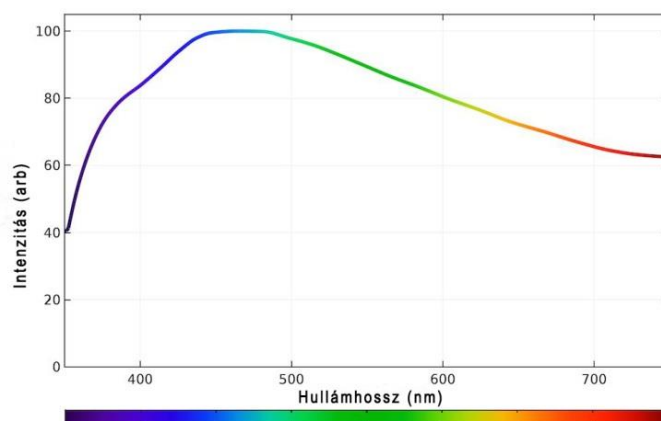


12. ábra
Környezet világítása és az emberi termelékenység és teljesítmény közötti kapcsolat [30]

Az éjszakai és reggeli órákban nagyon hangsúlyos hogy milyen minőségű fényt kapunk, és mennyiségileg mennyit kapunk. A természetes nappali fényt az izzólámpák, a fénycsövek és a LED lámpák sem képesek megismételni. Az emissziós spektrumok nagyon eltérőek.

Természetes világítás, nappali fény

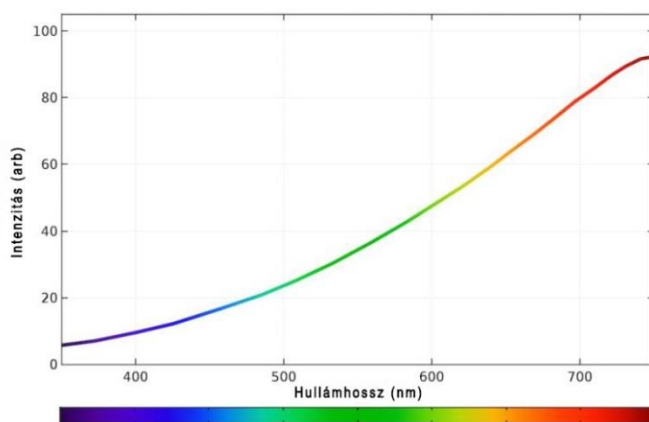
A nappali fény a Nap felől érkezik a Föld felszínére. Jelenleg nincs mód az emissziós spektrum reprodukálására mesterséges fényforrással. A természetes fény emissziós spektruma általában a Planck-eloszlást követi a spektrum látható részén, amint azt alább láthatjuk. Egyik színt sem részesítik előnyben a másikkal szemben, bár az intenzitás a világoskék tartományban a legmagasabb, 460 nm körül.



13. ábra - A Napból a Föld felszínére érkező látható fény emissziós spektruma [31]

Izzólámpák

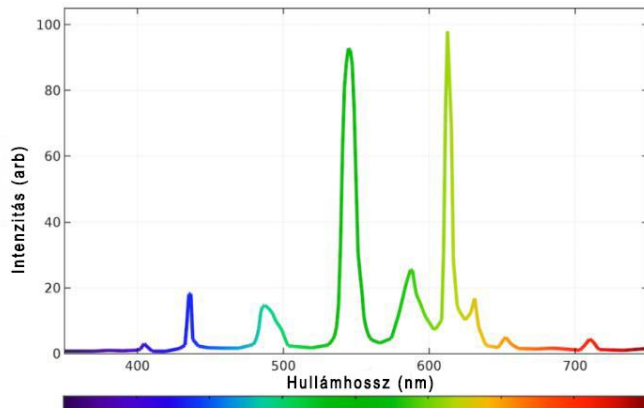
Az izzólámpa nagyobb arányban bocsát ki vörös fényt, mint a természetes nappali fény. 2000 K körüli hőmérsékleten az izzószál látható fényt kezd kibocsátani. A kibocsátás még az elektromágneses spektrum infravörös részére is kiterjed, ami energiát pazarol és csökkenti az izzó általános hatásfokát.



14. ábra - Az emissziós spektrum egy tipikus izzólámpa látható tartományában. Izzólámpa spektruma (CCT=2690 K, CRI=99) [31]

Fénycsővek

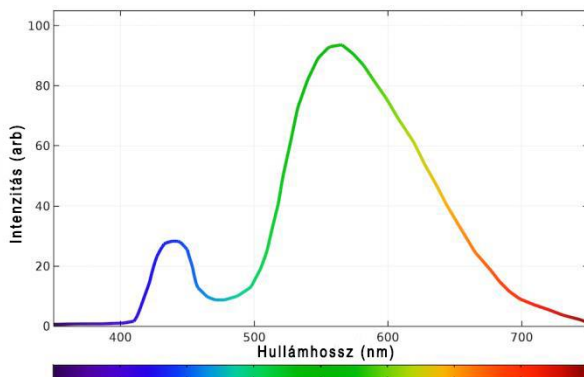
A fénycső higany és nemesgáz, pld. argon alacsony nyomású keverékét tartalmazza. A látható fényt két mechanizmus állítja elő: közvetlenül a kisülésből származó optikai emisszió, vagy a cső felületén lévő gerjesztő fényporok.



15. ábra - Egy tipikus fluoreszkáló izzó emissziós spektruma. Kompakt fénycső spektruma (CCT = 2780K, CRI=83) [31]

LED-es fényforrások

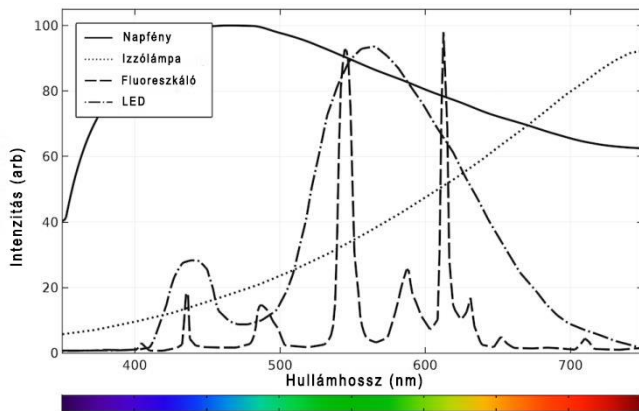
A LED-lámpák hatékonyabbak a fényhatás tekintetében, mint az izzólámpák, amelyekkel ellentétben, nagyon szűk hullámhossz tartományban bocsátanak ki fényt. Kezdetben a piros, zöld és sárga LED-eket az 1950-es és 1960-as években fejlesztették ki. Azonban a kék LED feltalálása vezetett új, hatékony fehér fényforrások létrehozásához.



16. ábra - Egy tipikus LED lámpa emissziós spektruma meleg, fehér beállításon. LED lámpa spektruma (CCT= 3000 K, CRI = 78) [31]

Kombinált fényforrások

A különböző emissziós spektrumok egy tengelyen való ábrázolásánál látszik, hogy egyik fényforrás sem adja vissza a napfény színeképét. Vannak D50 és D65-ös LED-ek is és fénycsővek is. Ezek arra lettek kitalálva, hogy a Nappal közel egyező spektrumot állítsanak elő.



17. ábra - A nappali fény és a tipikus izzólámpák, fluoreszkáló és LED lámpák emissziós spektrumai [31]

3.9. A világítástechnika jövője

A világítástechnika jövője nagyon izgalmas. Léteznek olyan fejlesztési irányok, amelyek magukban foglalják interaktív világítást. Ezek a fejlesztési irányok a fejlett érzékelők és a mesterséges intelligencia segítségével olyan világítási rendszereket hoznak létre, amelyek reagálnak az emberek jelenlétére és viselkedésére egy térben. [32]

Az egyéb lehetséges fejlesztések közé tartozik például a biológiai változásokra reagáló világítás, amely képes figyelembe venni, és eltérő módon viselkedni az adott térrészben lévő egyén biológiai állapotának függvényében. Tud reagálni a biológiai állapot változásaira például alvási szokásokra vagy érzelmi állapotra, az egészség és a jólét előmozdítása érdekében. [32]

Ez a kérdés annyira összetett, hogy például a NASA ennek a megválaszolására egy külön világítástechnikai laboratóriumot (Lighting Lab) épített, egy több mint 90 m (300 láb) hosszú beépített sötétszobával, ahol 13 különböző saját standard alapján végzik a külső és belső világítás tervezését és tesztelését. [33]

Az energiahatékony világítási megoldások nagy hatással voltak a világítási iparágra, és számos előnnyel járnak. Ilyenek például a költségmegtakarítás, a jobb világítási minőség és a környezeti hatások csökkentése. A technológia még több lehetőséget nyújt az energiahatékony világítás, az intelligens rendszerek és a fenntartható anyagok fejlődésére.

A LED technológia elterjedése nem állt meg, fejlesztései jelentősek, ami az energiahatékonyág mellett sokoldalú felhasználásra ad lehetőséget.

A LED világítás jövője:

- a technológia fejlődésével a LED-ek gyártási költsége folyamatosan csökken, így szélesebb fogyasztói kör számára válik elérhetővé, ami felgyorsítja a LED-ek globális szintű elterjedését.
- a LED-ek könnyen integrálhatók az intelligens világítási rendszerekbe, ami lehetővé teszi a továbbfejlesztett vezérlést, automatizálást és energiagazdálkodást.
- a LED-technológiát már számos iparágban alkalmazzák. Ahogy a kutatás és fejlesztés folytatódik, a LED-ek új alkalmazásokat fognak találni, forradalmasítva ezzel a különböző ágazatokat.
- a testre szabható színektől a kompakt formákig a LED-es világítás kialakítása folyamatosan fejlődik, ami végtelen lehetőségeket kínál a kreatív és rugalmas tervezéshez.
- A LED-ek használata energiatakarékossága, hosszú élettartama és környezetvédelmi előnyei miatt fenntartható és hatékony világítási megoldást ígér, ami fontos az energiafogyasztás és a szénlábnyom csökkentése miatt. [34]

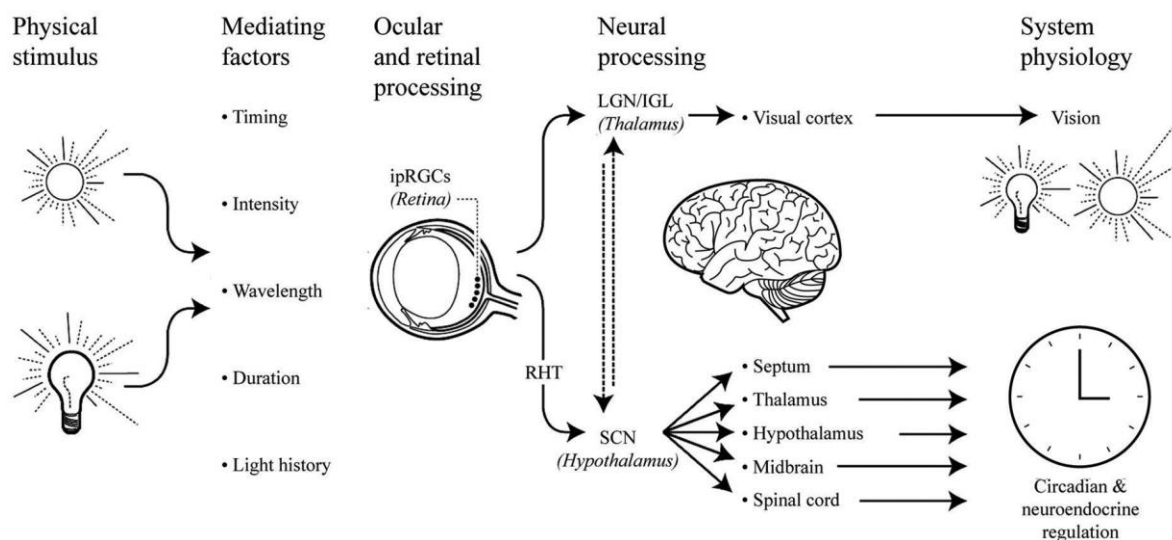
4. Világítás szerepe

Különböző tanulmányok igazolták, hogy a helyiség megvilágítása befolyásolja az emberek hangulatát és termelékenységét. A világítás tervezésén gondolkodva az emberi tényező fontos szerepet játszik. [35]

4.1. A fény élettani hatásai

A szakirodalom széles körben foglalkozik a fény élettani hatásaival. Mivel ez egy önálló, hatalmas tudásbázissal rendelkező tudományág, így ezt a témát csak a jelen dolgozat témájáról való kellően átfogó kép kialakítása miatt, ennek megfelelő mértékben említem meg. A saját kutatásom egyik célja az otthoni energiatakarékosság és hatékonyság elemzése, így erre a témára fektettem a megfelelő hangsúlyt.

A fény és az ember fiziológiai állapota valamint a cirkadian ritmus közötti összefüggések láthatók az alábbi ábrán.



18. ábra A fény és az ember kapcsolata [36]

A [36] tanulmány foglalja össze a legfontosabb hatásokat:

- A bioritmus megváltoztatása, eltolása
- Neuroendokrin szabályozás
- Éberség

Ezen kutatás megállapította, hogy a jelenlegi világítási megoldások többsége nem veszi figyelembe a fénynek az emberi szervezetre gyakorolt pszichológiai és fiziológia hatását. Ezen fiziológiai válaszok közé tartoznak az állandó éberségi állapotok (különösen éjszaka), amelyek hatással vannak a munkavégzés vagy tanulás teljesítményére, az alvás időzítésére és minőségére. [36]

A Jönköping-i Egyetem 2021-ben készült összefoglaló kutatása [37], az otthonokban – illetve a lakóövezetekben – használt világítási okosmegoldások, és az ott lakók elégedettségével, életszínvonalával foglalkozó korábbi kutatásokat gyűjtötte össze és elemezte.

1171 tanulmányt vizsgáltak meg különböző szempontok szerint, alapvető számítógépes szövegfeldolgozási algoritmusokat használva. Ez a kutatás sokféle szempontból elemezte ezeket a vizsgálatokat, ebből most néhány fontosat emelek ki [37].

- 7 különböző kifejezést találtak a „Smart Lightning System” (Intelligens világítási rendszer) szinonimájaként, vagyis nincs egységes nemzetközi elnevezés ezekre a megoldásokra, még a tudományos körökben sem. A használt kifejezések: Smart, Intelligent, Automated, Innovative, Multi-objective, Biodynamic, LED Context.
- Mindösszesen 5 kutatási anyag nevezte meg célként az energia hatékonyságot és a jólétet egyidejűleg.
- A használt metódusok eleve különbözőek voltak és igen jellemző volt a viszonylag kis számú használt minta (sokszor lakásonként csak 2-3 alany). Érdekes, hogy 1 naptól 1 évig terjedt a vizsgálatok hosszának az ideje.
- A kutatásokban sokféle rendszer szerepelt. Megtalálható volt az egyszerű, kézzel felprogramozott eszközöket tartalmazó rendszerektől kezdve az automatizált eszközöket tartalmazókon keresztül az érzékelők tömkelegével ellátott intelligens rendszerekig minden. A feldolgozott munkákban hét különböző érzékelő használata volt megtalálható: mozgás, fény, nyomás, teljesítmény, hőmérséklet, fényspektrum és RGB színérzékelő szenzor.
- Minden kutatás, amely fontosnak tartotta az energia megtakarítást, azt mérte is és rögzítette a vizsgálatok során.

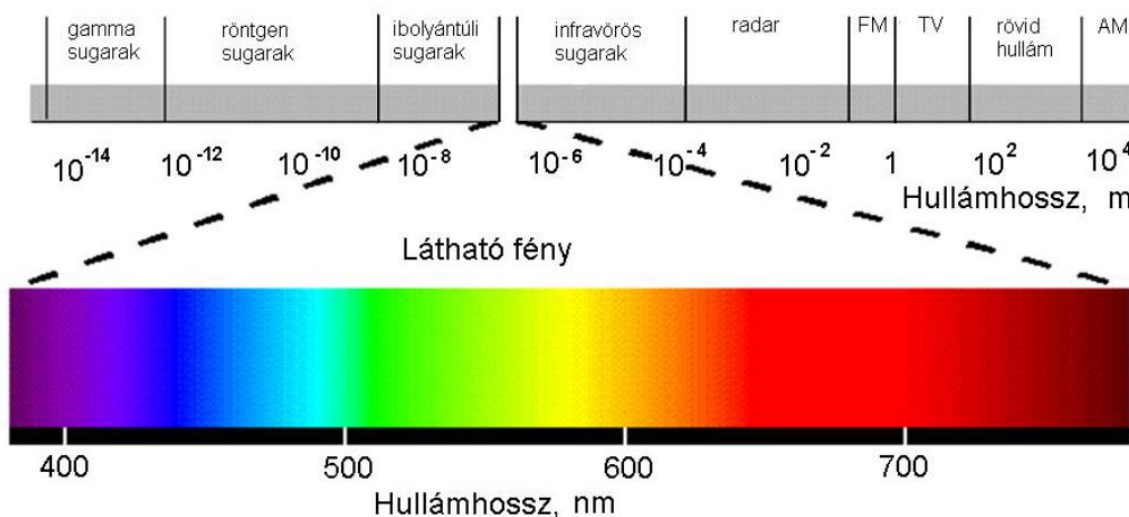
A fentiekből is látható, hogy bár fontos témáról van szó, amit az energiaválság és a globális felmelegedés okozta klímaváltozás csak erősít, mégis az ezzel foglalkozó kutatások csak részlegesek, nehezen összehasonlíthatók. Különösen jellemző az országok, térségek közötti összehasonlító vizsgálatok hiánya. Az összehasonlítást végző kutatók azt is kiemelik, hogy kevés kutatás foglalkozik azzal, hogy mennyire értik, és fogadják el a felhasználók a különböző „okosotthon” megoldásokat. Ezen elfogadás nélkül nem várható a technológia széles elterjedése a már meglévő lakóépületek esetén. Pedig – meglátásom szerint - ez szükséges lenne ezek energiafogyasztás csökkentéséhez.

A másik probléma a fényszennyezés. Ennek az emberre gyakorolt hatása elsősorban fiziológiás, de ezen keresztül a hangulatunkat is komolyan befolyásolja. A LED-es lámpák elterjedésével a fényszennyezés egyre növekvő mértékben érint mindannyiunkat. Ez leginkább a fehér színű, pontosabban a „hideg fehér” LED-es világítótestekből fakadó probléma. Azok a világítótestek azok, amelyek nagy mennyiségben sugároznak kék színű fényt. Egyre inkább odafigyelnek a szakemberek a melegfehér színhőmérsékletű LED-ek használatára, amelyek ma már ugyanolyan hatásfok mellett, sokkal kevesebb kék fényt bocsátanak ki, mint a korábban elterjedt „hidegfényű” LED fényforrások [38].

Azonban a legújabb kutatások szerint – NASA kutatás – önmagában az sem elegendő, ha az otthonunkban inkább 3000 K körüli színhőmérsékletű meleg fehér fényforrást használunk a 6500 K körüli hideg fehér LED-es fényforrások helyett. Tudniillik reggel ébredéskor inkább a kék fényű lámpákra lenne szükség, míg este meleg sárga fényforrások készítenek elő a jobb pihenésre. [39]

4.2. Színjellemzők

A világítástechnikai tervezésnél a látható fény spektruma a munka tárgya. Az 5. ábrán látható, hogy az elektromágneses spektrum mely része számít „látható fénynek”, amellyel ebben a dolgozatban foglalkozom.



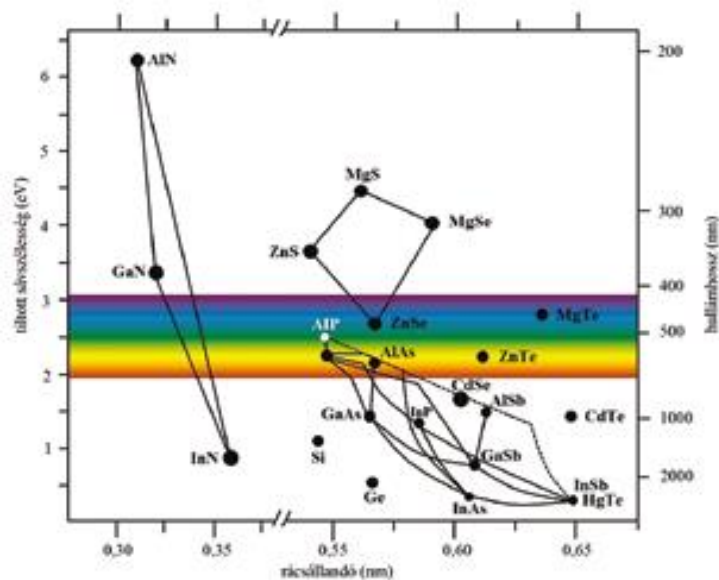
19. ábra - Az elektromágneses spektrum, benne a látható fény tartományával [40]

Az egyes fényforrások előállításakor a fenti spektrum teljességének a lefedése lenne az ideális a természetes fényviszonyok minél jobb visszaadása szempontjából. Ugyanakkor az élettani hatások és az egyre terjedő LED alapú fényforrások miatt, ennek csak részei kerülnek lefedésre. A szín sokféle definíciója közül számunkra a legfontosabb az, ahol színnek azokat a spektrális érzeteket nevezzük, amelyeket a színes fény kivált az emberi szemben, (feltéve, hogy az átlagos, ép színlátású). A színérzet függ a fény spektrális összetételétől és a megvilágított felület optikai tulajdonságaitól. [40].

Amikor színről beszélünk, szintén megkülönböztetjük az *ingert* – fizikai szempont -, az *ingerületet* – fiziológiai szempont – és a *színérzetet* – pszichológia szempont. Ebből a 3-as csoportból is látható, hogy a világítástervezés egy kimondottan komplex, több szempont egyidejű figyelembe vételét igénylő feladat. [40].

4.2.1. Szín megjelenése

A LED-ek különböző színeket állítanak elő különböző anyagok felhasználásával, amelyek különböző hullámhosszú fotonokat emittálnak. Az egyes hullámhosszak különböző fényként jelennek meg. A nagy fényerejű vörös és sárga LED-ek AlInGaP^2 vegyületet használnak. A kék, zöld és cián LED-ek az InGaN^3 vegyületet használják. Ez a két leggyakrabban használt félvezető a LED- technológiákhoz.



20. ábra Félvezetők tiltott sávja, amely segíthet a hatások növelésben [41]

A kettő együtt szinte az egész fény spektrumot lefedi. A nagyobb szín skála elérésének egyik módszere a különböző színű LED-ek keverése ugyanazon eszközben.

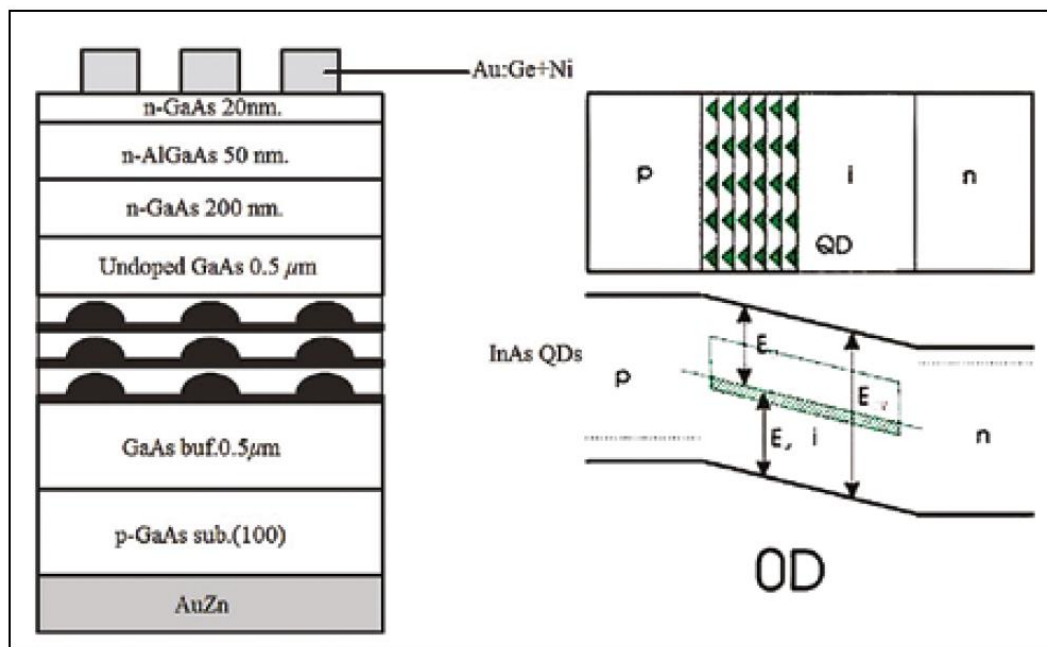
A LED-félvezető színét a kibocsátott domináns hullámhossz, λ_d (nm-ben) fejezi ki. Az AlInGaP LED-ek a vörös, a piros-narancssárga, a narancssárga és a borostyán színeket adják. Az InGaN LED-ek zöld, kék-zöld és kék színeket eredményeznek. Az AlInGaP LED-ek színe és nyitófeszültsége a LED pn csatlakozásának hőmérsékletétől függ.

Amint a LED pn csomópont hőmérséklete növekszik, csökken a fényintenzitás, a domináns hullámhossz a hosszabb hullámhosszok felé tolódik el, és az előre feszültség csökken. Az

² AlInGaP - aluminium indium-gallium-foszfid

³ InGaN - indium gallium-nitrid

InGaN LED-ek fényerősségének változása üzemi környezeti hőmérséklet mellett kicsi (kb. 10%) - 20°C és 80°C között. Az InGaN LED-ek domináns hullámhossza azonban változik a LED meghajtó áramától függően; a LED-meghajtó áramának növekedésével a domináns hullámhossz rövidebb hullámhosszok felé mozog.



21. ábra - Egy magyar fejlesztésű nanoszerkezetes LED felépítése [41]

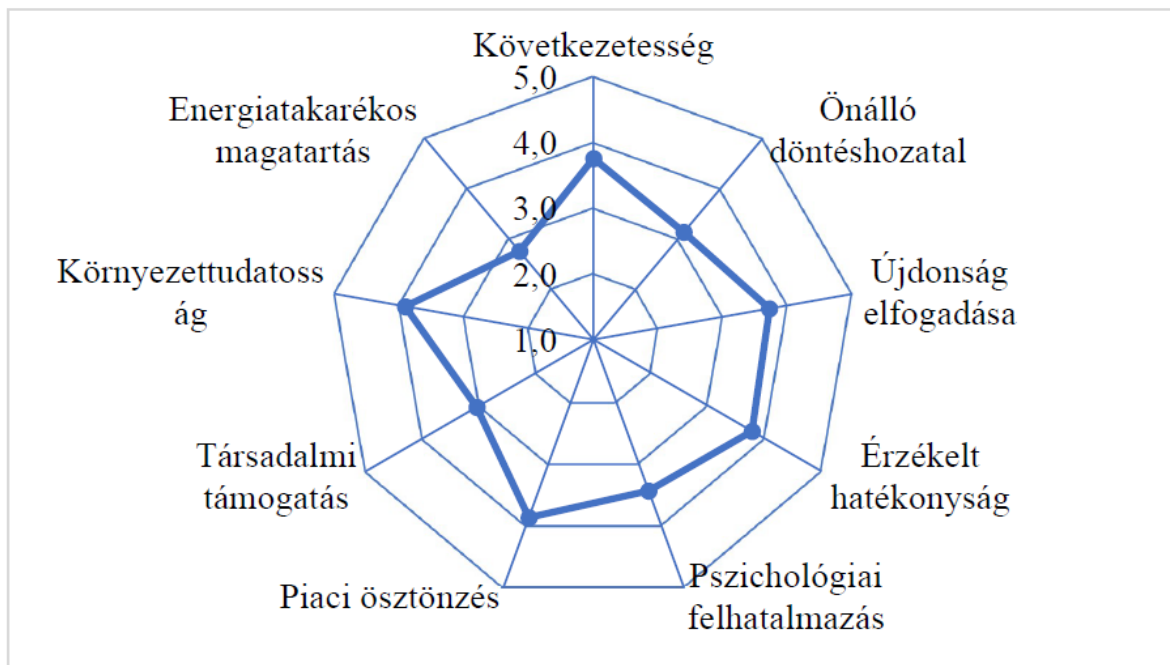
5. Otthoni hatékonyság – kérdőíves kutatás

Az otthoni világítással kapcsolatban kérdőíves kutatást végeztem azzal a céllal, hogy minél átfogóbb képet kapjak a hazai állapotokról. Az energiatakarékos fényforrások használatán túl arra is kíváncsi voltam, hogy általánosan mennyire tartják fontosnak az energiatakarékosságot, mennyit hajlandóak erre áldozni, és van-e összefüggés a lakóhely, az iskolázottság és az energiatakarékosság között.

Természetesen egy ilyen rövid kérdőív – ami a mellékletben megtalálható - nem adhat teljes képet, de ez nem is volt cél. A kiértékelésekor tett megállapítások tekintetében mindenképpen figyelembe kell venni a fentebb leírt korlátokat. Olyan összefüggéseket kerestem, amelyek nemcsak a jelen állapotot mutatják meg, de lehetőséget adnak feladatok meghatározására, amelyekkel növelni lehet az energiatakarékosságot és ennek lépéseként nagyobb figyelmet kaphat már a világítás tervezésénél is a takarékos felhasználás. Véleményem szerint ilyen szempontból a felmérés kimondottan hasznosnak bizonyult.

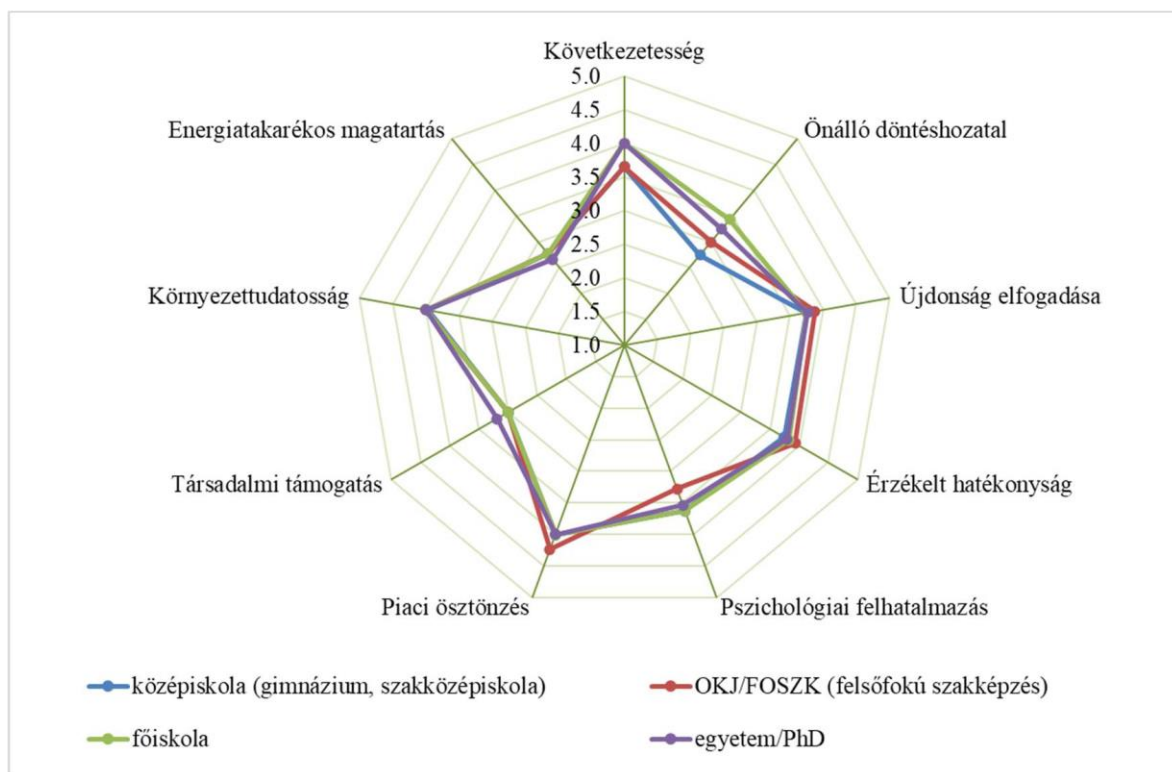
5.1. Irodalmi áttekintés

Amikor az energiahatékonyság kerül vizsgálatra, mind az anyagi helyzet, mind az iskolázottság jelentősen befolyásolja a kapott eredményeket a háztartások vonatkozásában. A magasabb iskolai végzettséggel rendelkezők körében, az elmúlt években fontossá vált a fenntarthatóság, mint szempont, ami a környezettudatosság növekedésére utal. Cél a háztartások energiafogyasztásának csökkentése, gazdasági okok mellett a környezet védelméért, hiszen az el nem használt energia a „legzöldebb”. A lakás vagy ház világításának korszerűsítése sokszor kimerül LED-es fényforrások vásárlásában, a világítás optimalizálása, automatizálása már ritkábban történik meg. Az elmúlt években Magyarországon is több kutatás készült az otthonok fenntarthatósági szempontjairól, s bár ezek nem vizsgálták külön a világítást, jó alapot adnak a kérdőíves eredmények analíziséhez.



22. ábra - A fenntarthatósági vizsgálat eredményei ötfokú skálán [42]

A fenti ábrán a háztartások villamos energia felhasználását vizsgálták, a fenntarthatóság szemszögéből. Természetes emberi magatartásnak tekinthető, hogy a környezettudatosság magasra értékelt, de az energiatkarékos magatartás – mint legalacsonyabb pontszámú dimenzió – jól mutatja, hogy a mindennapokban másként viselkedünk. Sokszor még a lámpa leoltása is elmarad, mint a legegyszerűbb takarékosági lépés. A tanulmány szerint nincs jelentős eltérés a környezettudatosságban az iskolai végzettség szerint, bár az jól látható, hogy ezzel szemben az önálló döntéshozatalban ez a különbség megvan [42].



23. ábra - A vizsgálat eredménye az iskolai végzettség függvényében [42]

A jövedelmi szintek esetében önálló döntés jellemző a magasabb jövedelemmel rendelkezőknél, míg az alsóbb kategóriákban a piaci ösztönzés jelentős szereppel bír. Ezek meghatározzák azokat a feladatokat is, amelyekkel az energiahatékonyság, a környezettudatosságon keresztül javítható [42].

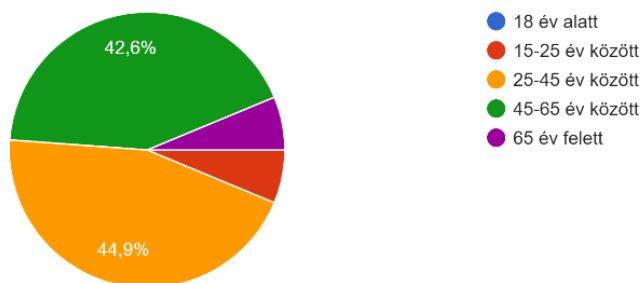
Egy másik hazai, a fenntarthatóság témakörével foglalkozó – pedagógusok és iskolai tanulók körében végzett – felmérés is számunkra tanulságos eredményeket hozott. Míg a pedagógusok és fiatal szülők esetében az energiatakarékosság kiemelt szempont – többek között a költségei miatt is – addig a középiskolai tanulók és egyetemi hallgatók esetén ez nem fontos szempont. Gyaníthatóan azért, mert sokukat nem érinti közvetlenül az energia költsége. Itt kell megemlíteni, hogy az alapfelmérés 2020-ban készült [43].

Érdekes tanulság, hogy a válaszadók túlnyomó többsége nem volt tisztában az általa elfogyasztott víz és energia mennyiségével. Így elég nehéz is takarékoskodniuk. Ezek az eredmények jelzik, hogy megfelelő programokkal, oktatással, ismeretterjesztéssel növelni kell a fiatalok körében az energiahatékonyság fontosságát, beleértve azt is, hogy tisztában legyen azzal, hogy a különböző tevékenységeik milyen energiafelhasználással járnak, és ezek mennyire terhelik meg a környezetet. Ez lehet az egyik módja az ösztönzésüknek a takarékosagra [43].

5.2. Eredmények

A „Google forms” szolgáltatás segítségével elvégzett, nem reprezentatív kutatás kérdőívét 256-an töltötték ki. Ebben a fejezetben az egyes válaszokra kapott eredményeket mutatom be, rövid elemzéssel. Minden ábra, a szolgáltatás weblapjáról származik, nem tüntetem fel külön forrásként.

1. Melyik korcsoportoz tartozik?
256 válasz



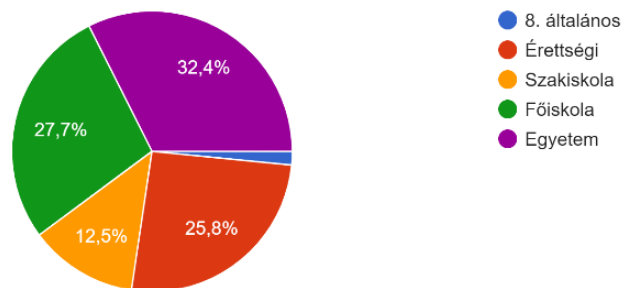
24. ábra- A válaszadók korcsoportok szerinti eloszlása

A felnőtt (25-45 év) és az idősebb felnőtt (45-65 év) korosztály alkotta a válaszadók legnagyobb részét. Jellemzően ők már önálló lakhatással és jövedelemmel rendelkeznek, így válaszaik valóban jó képet adnak a területről.

A lakhely szerinti eloszlás (2. kérdés) inkább az általam elérhető csoportok elhelyezkedését tükrözi, nem a népességét, ezért sem tekinthető reprezentatívnak a felmérés, hiszen 85 % felett városban lakók válaszoltak. Ezeket a válaszokat nem is vontam be az analízisbe.

3. Iskolai végzettség

256 válasz

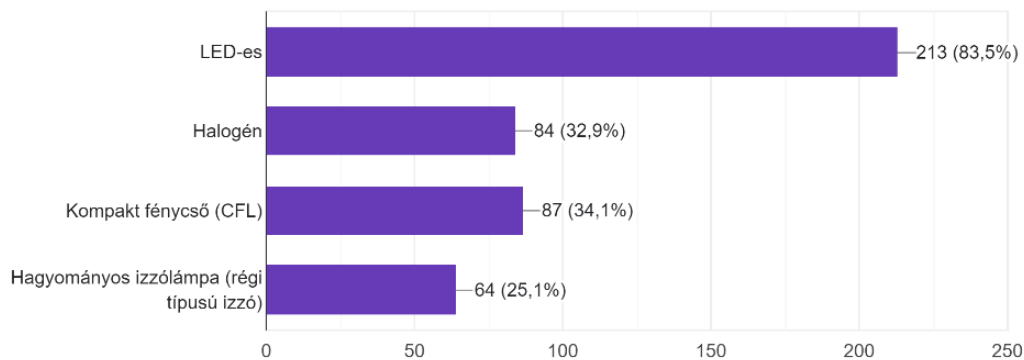


25. ábra - Az iskolai végzettségek megoszlása

Az iskolai végzettség nagyban összefügg azzal, mennyire tájékozott valaki, mennyire érdekli a tágabb környezet, annak problémái. Ezért is tartottam fontosnak rákérdezni erre. Amint az ábrából látható, mintegy 60 %-a a válaszadóknak felsőfokú végzettséggel rendelkezett.

4. Milyen világítást használ az otthonában ? (Több válasz is megengedett)

255 válasz



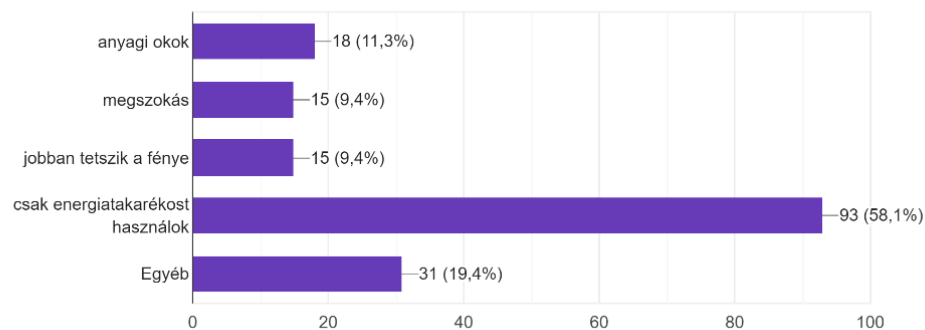
26. ábra- A használt világítások, típusonként

Túlnyomó többségben LED-es fényforrást használnak, de megtalálható mind a halogén izzó, mind a kompakt fénycső fajta is. Ami figyelemre méltó, hogy még mindig $\frac{1}{4}$ részben hagyományos izzókat használnak, pedig 2012-ben indult el az a 6 éves átmeneti időszak, aminek végén 2018-tól már árusítani sem volt lehetőség a hagyományos, wolfram szál izzókat.

58.8 % nyilatkozott úgy, hogy a háztartásában az összes lámpa energiatakarékos – ami lehet LED, kompakt fénycső vagy halogén izzó is – és mindösszesen 3.6 %-nál nincs semmilyen energiatakarékos lámpa.

6. Amennyiben nem használ energiatakarékos világítást, mi az oka? (Több válasz is megengedett)

160 válasz

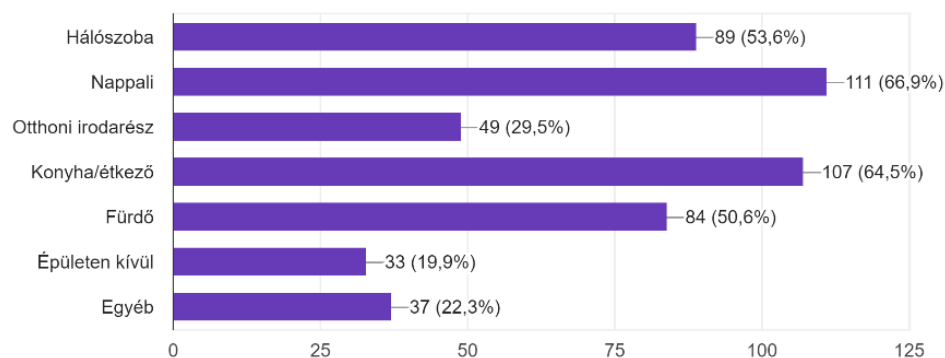


27. ábra- A "nem használat" indokai

Azok között, akik nem használnak energiatakarékos világítást, az *anyagi okok*, a *megszokás* és a *jobban tetszik a fénye*, közel azonos 10 %-nyi választ kapott, amiből érzékelhető, hogy nem a sokszor emlegetett anyagi ok áll ennek háttérében. Figyelemre méltó, hogy 20 %-a a válaszoknak „egyéb” okot jelölt meg indoklásul. Ezt a részt például kifejezetten érdemes lenne tovább kutatni.

7. Ha csak világításnak egy része energiatakarékos, hol használja ezeket inkább? (Több válasz is megengedett)

166 válasz

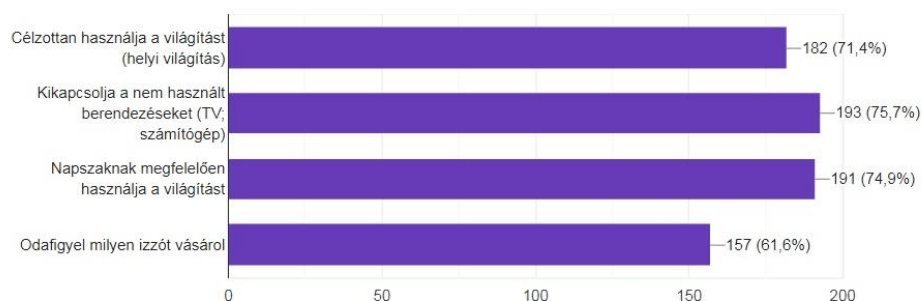


28. ábra- Az energiatakarékos izzók használati módja

A válaszokból látható, hogy azokban az otthonokban, ahol nem minden világítás energiatakarékos, leginkább azokban a helyiségekben használják energiatakarékos megoldást, ahol jellemzően a legtöbb időt töltik. Az otthoni irodarész alacsonyabb aránya meglepő lehet, de sokan nem tudnak *home office*-ban dolgozni és az is jellemző, hogy sokaknak nincs módjuk kialakítani ilyen irodarészt otthon.

8. Mit tesz az energiafelhasználás csökkentése érdekében? (Több válasz is megengedett)

255 válasz

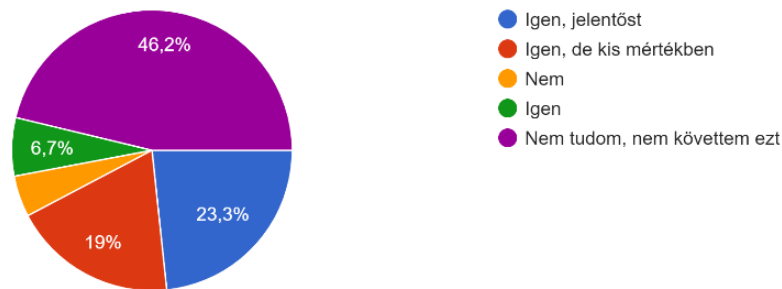


29. ábra Az energiafelhasználás csökkentése érdekében tett lépések

A 8. kérdés (Mit tesz az energiafelhasználás csökkentése érdekében?), minden megadott válasz lehetősége 60-70 % feletti megjelölést kapott, ami jó jel, hiszen a válaszolók fontosnak tartják, hogy saját tevékenységükkel is hozzájáruljanak az energiafogyasztás csökkentéséhez.

9. Észlelt-e fogyasztáscsökkenést a hagyományos izzók lecserélése után?

253 válasz



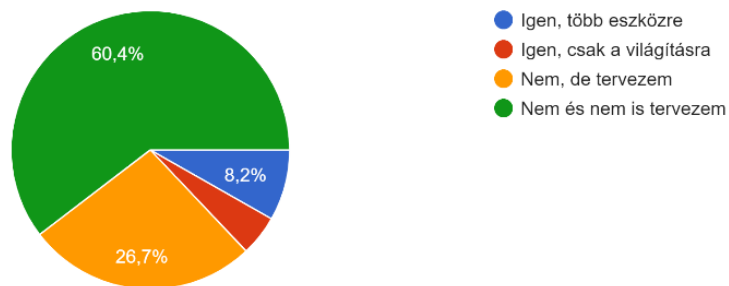
30. ábra- A fogyasztáscsökkenés érzete

A 9. kérdésre adott válaszokból kiderül, hogy a megkérdezettek közel fele észlelt – különböző mértékben – megtakarítást, ami azt jelzi, hogy a válaszadók ekkora hányada valóban tudatosan áll a témához. Remélhetőleg idővel ez az arány még tovább fog nőni.

A 10. mozgásérzékelők használatára vonatkozó kérdéssel azt próbáltam megvizsgálni, hogy mennyire elterjedt, a talán legegyszerűbb megoldás arra, hogy a lámpák csak a szükséges esetben égjenek. Ma már – nem jelentős többlet költségért – mind kapcsolók, mind komplett lámpák kaphatók ilyen érzékelővel. (grafika nélkül). A válaszok alapján a nagy többség (67,7 %) nem használ ilyet, 24.8 % csak kültéren, míg 7.5 % beltéren is. Ezen a szegmensen ismételtén megfigyelhető az a feltételezés, hogy a lakosság tájékoztatása milyen kiemelten fontos lenne ebben a témában. Persze nem szabad szem elől tévesztenünk, hogy a felmérésem nem reprezentatív mintán történt.

11. Használ-e Okosotthon megoldást? (SmartHome)

255 válasz



31. ábra- Okosotthon megoldások használata

Az energiatakarékosság egyik legjobb módja, az okosotthon eszközök otthoni használata. Nem kell egyszerre mindent cserélni, fokozatosan is be lehet vezetni. Amint fent látható, 60.4 % nem is tervezi ilyen eszközök bevezetését és mindösszesen 12,9 % rendelkezik ilyen berendezésekkel már.

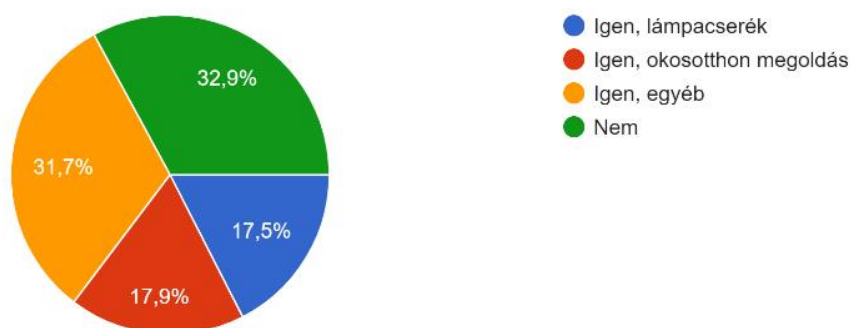
Az okosotthon eszközöket használók 17 %-a – az összes választ figyelembe véve – automatikus és időzített világításvezérlésre használja a rendszerét. 8.3 % használ olyan eszközt, amely a külső fény mennyiségéhez igazítja a benti megvilágítást. Ez ismét egy olyan szegmens, ami érdekes lehet, további kutatási alapként. Kimondottan a tekintetbe, hogy az idő múlásával milyen mértékben változik meg az emberek viszonyulása az okosotthon megoldásokhoz.

Fontos kérdésnek tartottam – és az analízisnél is kiemelt szerepet kap -, hogy milyen a hajlandóság az energiatakarékosági beruházásokra, főként az energiaárak jelenlegi és várhatóan tovább növekvő szintje miatt. A válaszadók 1/3-a nem tervez további beruházásokat, ami vélhetően több okra is visszavezethető lehet, úgymint anyagi lehetőségek, nem tetszik s színe, mindent lecserélt már, stb. Ez a terület szintén érdekes kutatási terep lehet, egy átfogóbb, nagyobb volumenű felmérés esetén.

Az mindenesetre biztató, hogy 93,3 % tervezi energiatakarékos lámpák további használatát, így várhatóan hamarosan teljesen eltűnnek a nagy fogyasztású világítótestek a háztartásokból.

14. Tervez-e további energiatakarékosági beruházásokat?

252 válasz

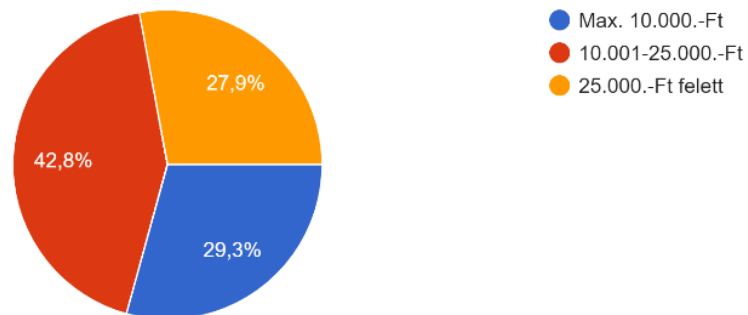


32. ábra- Hajlandóság további beruházásokra

Az utolsó kérdésben arra kerestem a választ, hogy a jelenlegi helyzetben nagyjából mekkora összeget szánnak energiatakarékos világítás beruházásra.

15. Kb. mennyi pénzt szán energiatakarékos világítás beruházásra?

222 válasz



33. ábra- A tervezett beruházás mértéke

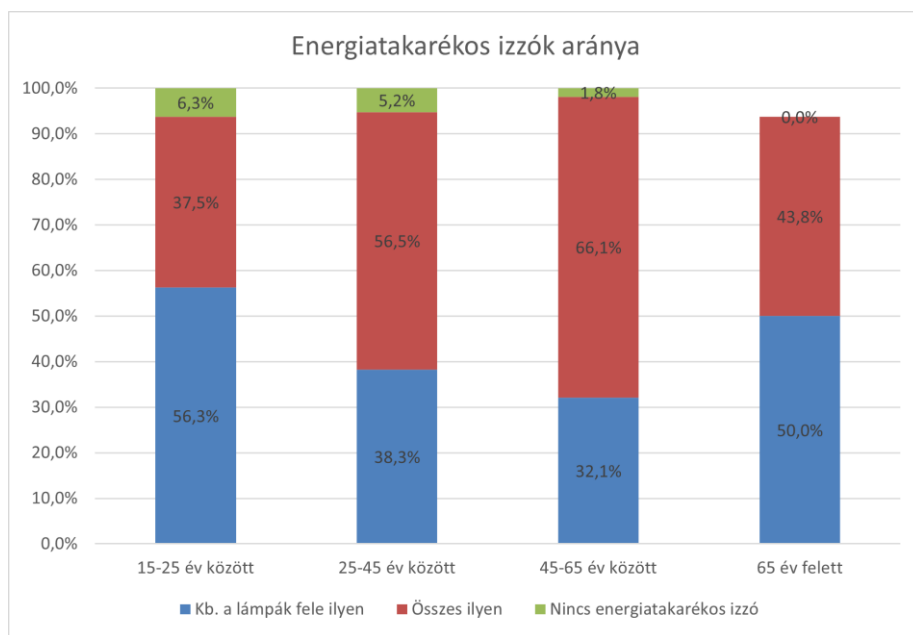
Az ilyen beruházásra szánt összegek is széles skálán mozognak és szorosan kötődnek az anyagi lehetőséghez is, ahogy fent látható a legnagyobb csoport 10 és 25 ezer forint között tervez ilyenekre költeni.

5.3. Analízis

Ahogy már említettem a kérdőív messze nem teljes. Mivel igyekeztem minél több válaszadót bevonni, a kérdések számát korlátoztam, azt célozva, hogy könnyen kitöltendő maradjon. Így a levonható tanulságok köre is korlátozott maradt. Ebben a fejezetben az összefüggéseket vizsgálom, több kérdés válaszainak kombinált elemzésével.

5.3.1. Életkor és energiatakarékosság

A kapott válaszok alapján megvizsgáltam, van-e összefüggés a válaszadók életkora az energiatakarékosság, és az arra való hajlandóság között. A 21. ábra azt mutatja, hogy a 45-65 év közötti korosztály esetében a legnagyobb a teljes világítás takarékosra történő átállásra való hajlandóság, míg a 15-25 év közöttieknél a legkisebb. Figyelemre méltó az is, hogy a 65 év feletti, nyugdíjas válaszadók mindegyike azt válaszolta, hogy van energiatakarékos izzó a lakásában. Számukra ez minden bizonnyal kikerülhetetlenül fontos anyagi kérdés.



34. ábra- Energiatakarékos izzók aránya a válaszadók lakhelye szerint

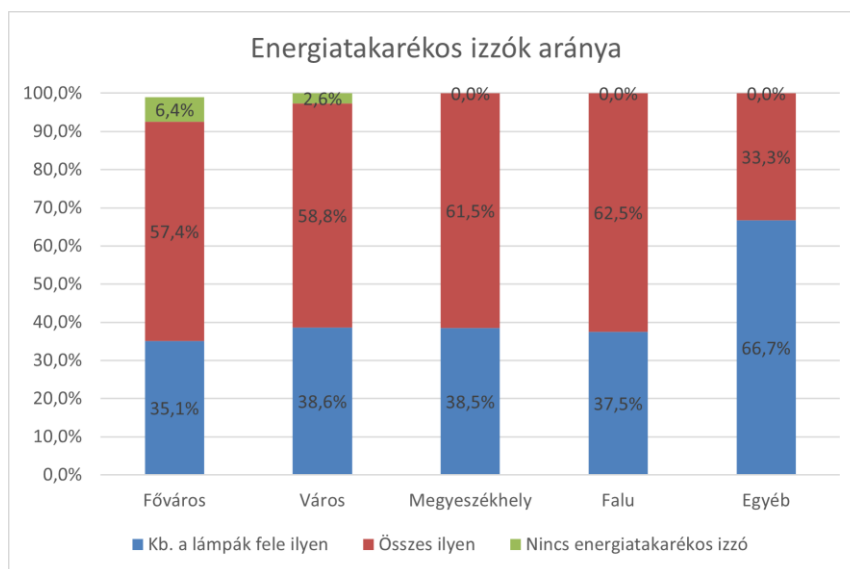
A 15-25 év közötti kisebb mértékű használat több okból származhat:

- Ezen fiatalok jó része még szülőkkel lakik együtt, ahol a szülők viselik a költségeket, így kevésbé érdekelték a takarékoságban;
- Bérelt lakásban laknak, ahol korlátozottak a lehetőségek cserére
- Saját otthon esetén, más irányokban kell a rendelkezésre álló pénz elkölteni.

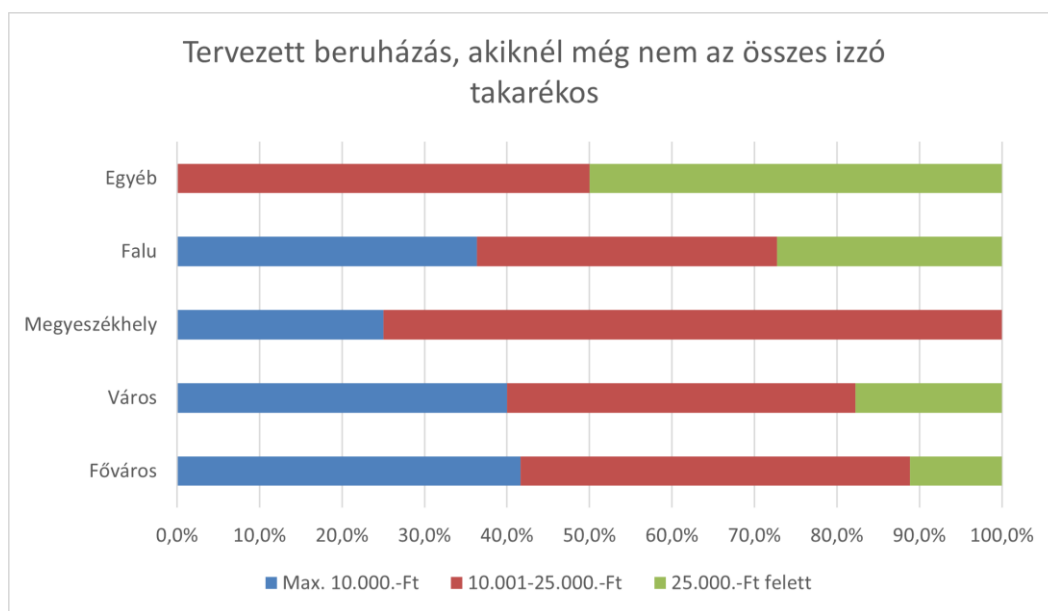
Természetesen – elegendő információ hiányában – mindezek csak feltételezések. Ráadásul a válaszadóknak alig több mint 6 %-a volt ennek a korosztálynak a tagja, így az ezzel kapcsolatos következtetések levonásával nagyon óvatosan kell bánni. Ugyanakkor ez szintén egy érdekes további kutatási terület lehet, hiszen természeténél fogva mindig a legfiatalabb korosztály a legnyitottabb az újabb és újabb technikai megoldásokra.

5.3.2. Lakóhely és energiatakarékosság

Ezen a területen elsőként azt vizsgáltam meg, hogy milyen az energiatakarékos izzók alkalmazásának az eloszlása a különböző lakóhely típusok szerint. Amint a következő ábrán látható, nincs igazán kimutatható különbség. (Az „Egyéb” kategóriában adott válaszokat, a kevés válasz miatt nem tekintettem relevánsnak.) Az azonban a számomra meglepően érdekes, hogy a fővárosi lakosok esetében a legmagasabb azok aránya, akik nem rendelkeznek egyáltalán energiatakarékos izzóval.

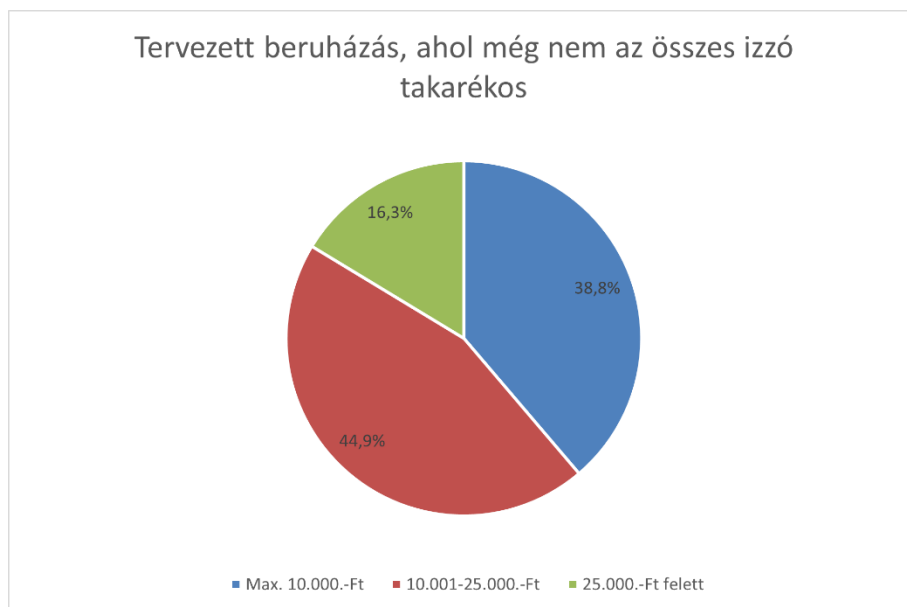


35. ábra- Takarékos izzók használatának aránya a lakóhely függvényében



36. ábra- A további beruházási tervek, akiknél nincs minden lecserélve takarékos lámpára

Érdekes volt azt is megnézni, hogy azok esetében, akiknél még nem teljes a takarékos lámpák használata, a lakhely függvényében mekkora beruházásokat terveznek. A városi környezetben a válaszadók nagy többségben a 2 kisebb összeget választották. Ez azért is elgondolkasztató, mert ebben a 2 csoportban van a legtöbb olyan háztartás – a kérdőív adatai alapján – ahol még használnak hagyományos izzókat. Így annak ellenére, hogy ezeken a helyeken messze jobb a hozzáférés az ilyen eszközökhöz, sokan nem terveznek további cseréket vagy korszerűsítést.



37. ábra- A beruházásra szánt összeg azoknál, akiknél nem teljes vagy nincs energiatakarékos világítás

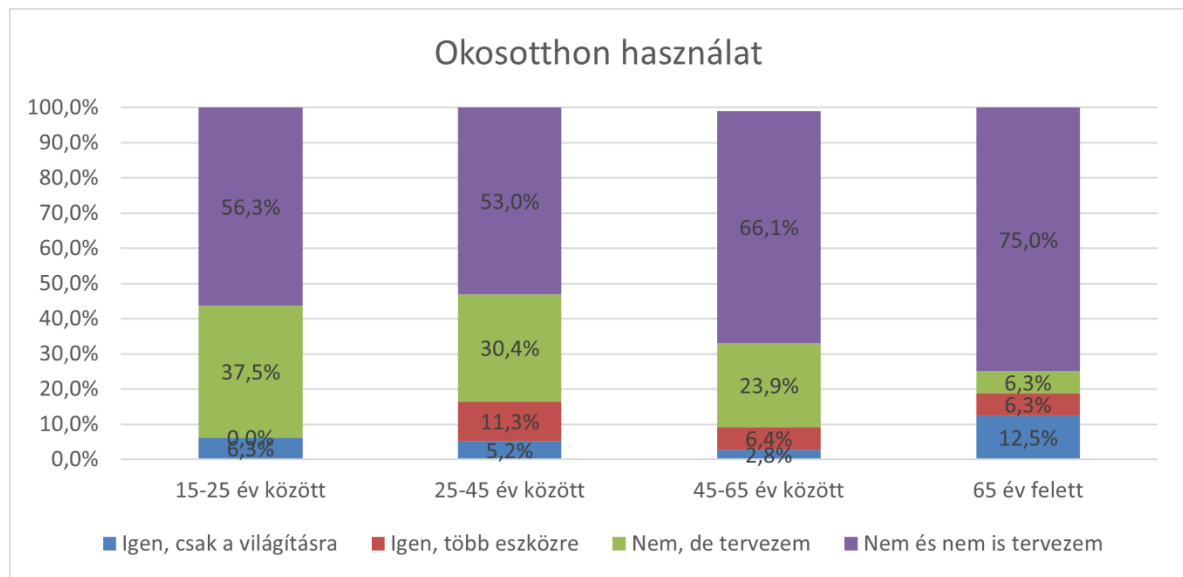
Amennyiben összehasonlítjuk a 15. kérdés teljes válaszána megoszlását a fenti grafikonnal, megállapítható, hogy azok között, akiknél nincs vagy nem teljes a világítás korszerűsítése, a kisebb összegek felé van egy határozott eltolódás (9,5 % és 2.1 %), ami mutatja, hogy mennyire nem akarnak sokat költeni ezen a területen.

2. táblázat - Összehasonlítás a teljes minta és a nem 100%-ban korszerűsített világítással rendelkezők között

	Max. 10.000.-Ft	10.001-25.000.-Ft	25.000.-Ft felett
Teljes	29,3%	42,8%	27,9%
Vizsgált	38,8%	44,9%	16,3%
Eltérés	9,5%	2,1%	-11,6%

5.3.3. Életkor, lakóhely és okosotthon

Az okosotthon megoldások jóval szélesebb kört ölelnek fel, mint a világítás intelligens, távoli vezérlését, de ez az irány, amin keresztül nagy lépést lehet tenni a világítás korszerűsítése és energiatakarékossá tétele felé. A ma már szinte minden ember zsebében megtalálható mobil eszközök a lehetőségek széles tárházát adják a távoli felügyeletre, vezérlésre. Ezekkel a megoldásokkal egyre többen élnek, és a lakásépítőknek is – akár intézményi beruházókról, akár magánemberekről beszélünk – egyre nagyobb hányada építi úgy az új házakat, lakásokat, hogy azok a ma elérhető korszerű okosotthon berendezésekkel legyenek ellátva. Ezt az utóbbi megállapításomat nem kutatási eredményekre alapítom. Ehhez elég csupán figyelembe venni az okosotthon megoldásokat propagáló reklámok megnövelt számát.

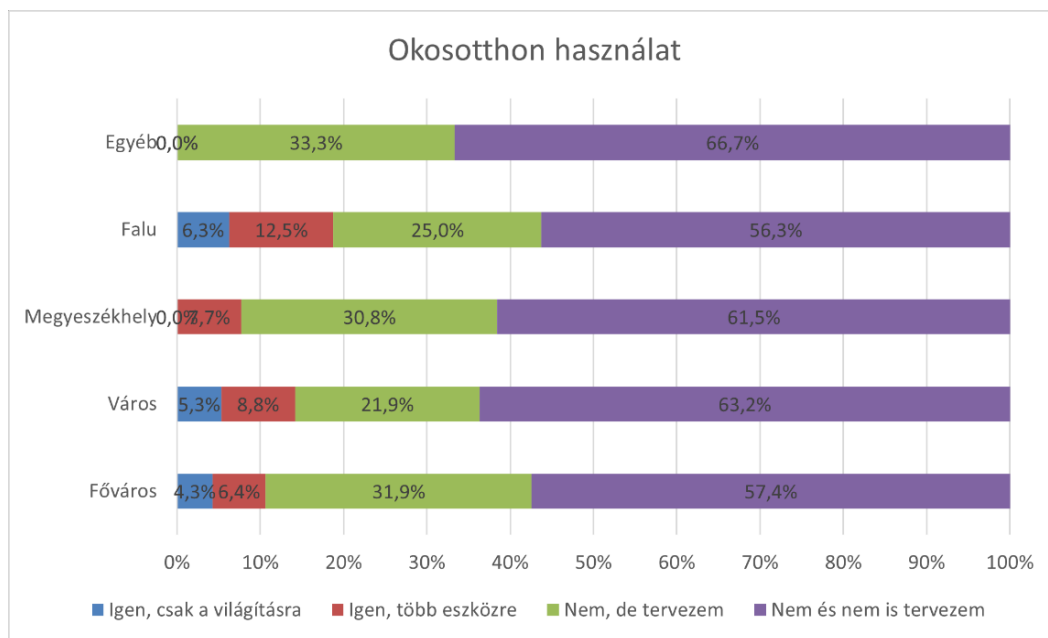


38. ábra - Okosotthon használat az életkor függvényében

A dolgozat keretei nem teszik lehetővé, hogy a csupán világítás szempontjából „okossá tett” otthonok jellemző megoldásait, az ezekhez szükséges tervezési és kivitelezési feladatokat bemutassam. Ez egy külön szakdolgozat témája lehetne, és szintén megtölthetne egy szakdolgozatot annak tárgyalása, hogy a különböző otthonok hogyan alakíthatók át okos otthonokká, kezdve akár csak a világítással.

További kutatási terület lehetne például az, hogy idővel hogyan változik az emberek nyitottsága az ilyen rendszerek alkalmazásával kapcsolatban. Ezek a megoldások ugyanis napjainkban még annyira újdonságnak számítanak, hogy nincs jelentős mértékű tapasztalat az alkalmazásuk tekintetében. Egy ilyen további kutatási szegmens annak az okára is pontosabb választ adhatna, hogy miért a 65 év feletti korosztályban a legmagasabb azok aránya, akik nem terveznek már ilyen beruházást. Talán a legfontosabb ok náluk, hogy nem látják a beruházás megtérülését és sajnos sokuknak nincs meg az anyagi háttere sem ilyen korszerűsítésekhez. A másik ok a legújabb technológiákkal kapcsolatos ellenérzés is lehet.

A két fiatalabb korosztályban a legelterjedtebb az ilyen megoldások használata, ami egyértelműen az új technikák és megoldások iránti nagyobb nyitottságnak tudható be – és csak remélni tudom – hogy a nagyobb környezettudatosságnak is.



39. ábra - Okosotthon a lakhely függvényében

Az okosotthonok használatának lakhely szerinti eloszlása viszonylag egyenletes. Itt is az egyéb kategória a kevés válasz miatt elhanyagolható.

A teljesen elutasítók aránya minden típusnál hasonló és az is látható, hogy a falun élők között többen vannak, akik nemcsak a világítás korszerűsítésével számolnak az okosotthonok kapcsán.

5.4. A kutatás összegzése

A kérdőívet 256-an töltötték ki. A kérdőívet kitöltők majdnem minden kérdésre válaszoltak, bár egyik sem volt kötelező. A cél egy olyan átfogó kép alkotása volt, amely a jelenlegi emelkedő energia és egyéb költségek mellett, megpróbálja megmutatni, mennyire tartják fontosnak a megkérdezettek a világítás energiatakarékossá tételét, és mennyit hajlandóak tenni ezért.

Jó jelnek számít, hogy 213-an jelezték a LED-es fényforrások használatát, amely a jelenleg elérhető technológiák közül a legtakarékosabbnak számít. Azok között, akik nem használnak energiatakarékos fényforrást, egyenlően oszlottak meg az indokok - „anyagi okok”, „megszokás” és „jobban tetszik a fénye”. Az első indokra sok önkormányzat szervez lámpacsere akciókat, ami remélhetőleg mindenki számára elérhetővé teszi a LED-es izzókat. A megszokást megváltoztatni csak folyamatos neveléssel lehet, így a legnehezebb. A LED-ek fényére vonatkozó – főleg a kék fény miatti – észrevételek jogosak, de egyre több olyan LED-es lámpa jelenik meg a boltokban, amelynek fénye közel azonos a hagyományos izzókéval – csak töredék fogyasztás mellett.

A válaszolók fele, nem tudta megmondani, hogy az energiatakarékos lámpákra való átállás hozott-e és mekkora megtakarítást. Ennek az egyik alap oka, hogy sokan nem követik a villanyszámla alakulását és nem tartják a világítást jelentős résznek a világításon belül, ami például távfűtéssel rendelkező háztartásban messze nem igaz. Az okos eszközök, az egyedi fogyasztásmérők elterjedése segíthet ebben, de ez beruházással jár, amit nem mindenki engedhet meg magának.

A több kérdés összefüggő vizsgálata érdekes eredményeket hozott, ezek közül az egyik, hogy a fővárosi válaszadók között vannak a legtöbben, akiknek egyáltalán nincs energiatakarékos izzója.

6. Összefoglalás

Munkám első részében a fény, a mesterséges világítás és az építészet kapcsolódását mutattam be. Az új épületek – beleértve a lakóotthonok – tervezésének egyre inkább integrált része, a világítástechnika funkcionális és energiahatékony megtervezése. Ehhez a tervezéshez és a kivitelezéshez a technikai feltételek itthon is évek óta adottak.

Először a fény és a világítástechnika alapfogalmait tisztáztam, hiszen ezek szükségesek a fontosság jobb megértéséhez. Kitértem az emberi szem működésére és szerepére, hiszen a világítás kapcsán talán az egyik legfontosabb szempont, az az érzet, amivel a fényt értékeljük és reagálunk rá. Ezt részletesebben is bemutattam, tudományos cikkek segítségével is.

A világítástervezés egyik fontos pontja a hatékonyság, nemcsak az energiafogyasztás terén, hanem a munkavégzés tekintetében is, akár egy irodában, akár otthon.

Bemutattam a különböző fényforrásokat, azok használati lehetőségeit otthoni környezetben. Mint a jelenleg legjobb fényhasznosításúnak tartott LED-es lámpákkal részletesebben is foglalkoztam, a lehető legszélesebb szempontok szerint.

Külön részben vizsgáltam az építészeti világítástervezés különböző lépéseit és szempontjait.

Dolgozatom utolsó részében egy kérdőíves kutatás bemutatását és elemzését végeztem el, amely az energiatakarékos világítás és az ehhez ma már szorosan kapcsolódó okosotthon megoldások elterjedését és használatát vizsgálta, internetes kérdőív segítségével.

Meglátásom szerint a világítótestek fejlődésével a felhasználható lehetőségek tárháza hatalmas mértékben megnőtt. Az energiatakarékosági kihívással együtt a fogyasztás minimalizálásával a megfelelő világítás kialakítása is kiemelt fontosságúvá vált.

7. Summary

In the first part of my thesis, I presented the connection between light, artificial lighting and architecture. Lighting is an increasingly integrated part of the design of new buildings, such as residential homes with functional and energy-efficient design. The technical requirements for planning and implementing these buildings has been in place in Hungary for years.

First, I explained the basic concepts of light and lighting technology, as they are necessary for better understanding of said topic. I talked about the working of the human eye and its importance, because it is perhaps one of the most important aspects of measurement for lighting is the sensation, with which we evaluate and react to light. I described this in more detail with the help of scientific articles.

Efficiency is an important point in lighting design, not only in terms of energy consumption, but also in terms of work quality, whether in an office or at home.

I presented different light sources and their potential use in a home environment. As with LED lamps, which are currently considered to be the most efficient. I discussed them in more detail, from different points.

In a separate section, I examined the different steps and aspects of architectural lighting design.

At the last part of my thesis I presented an analysis of a questionnaire-based research including two hundreds and fifty peoples. Where I examined the spread and use of energy-saving lighting and smart home solutions in different age groups.

In my view, with the development of luminaries, the number of possibilities where they can be used has increased drastically. Together with the challenge of saving energy, creating the right lighting by minimizing consumption has also become a priority.

8. Irodalomjegyzék

- [1] Engineering Review, 22 9 2023. [Online]. Available: <https://engmag.in/illuminating-the-future-new-developments-in-lighting-and-accessories/>. [Hozzáférés dátuma: 2 11 2023].
- [2] S. Sotoodeh és F. Khojasteh, Sustainable Interior Lighting Design, 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Faraz-Khojasteh-Far/publication/367051353_Sustainable_Interior_Lighting_Design/links/63bf91c67ecd35045c3fc634/Sustainable-Interior-Lighting-Design.pdf. [Hozzáférés dátuma: 06 12 2023].
- [3] J. Reed, <https://www.sydney.edu.au/>, 02 02 2022. [Online]. Available: <https://www.sydney.edu.au/architecture/study-architecture-design-planning/study-areas/lighting-design.html>. [Hozzáférés dátuma: 07 05 2023].
- [4] D. Hakimi, Insights, 5 10 2022. [Online]. Available: <https://www.alconlighting.com/>. [Hozzáférés dátuma: 07 05 2023].
- [5] Y. Xu és S. Yuehong, Science Direct, 12 2015. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115007893>. [Hozzáférés dátuma: 21 10 2023].
- [6] L. Bellia és F. Fragliasso, MDPI, 23 01 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/3/1002>. [Hozzáférés dátuma: 5 11 2023].
- [7] D. G. Husi, Világítástechnika (Létesítménymérnököknek), Terc Kft., 2013.
- [8] C. Prieto, Arch Daily, 6 10 2022. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/989457/using-lighting-as-a-design-strategy>. [Hozzáférés dátuma: 08 05 2023].
- [9] EASE ERGONOMIC SOLUTIONS, 30 11 2020. [Online]. Available: <http://materialhandlingsafety.org/how-proper-lighting-increases-productivity-and-employee-wellbeing/>. [Hozzáférés dátuma: 3 11 2023].
- [10] M. L. Corbett, Angi, 07 01 2022. [Online]. Available: <https://www.angi.com/articles/types-lighting-your-home.htm>. [Hozzáférés dátuma: 09 05 2023].
- [11] Archtoolbox 17. 10. 2021.. [Online]. Available: <https://www.archtoolbox.com/types-of-light-fixtures/>. [Hozzáférés dátuma: 25. 10. 2023].
- [12] N. Shishegar., M. Boubekri, Natural Light and Productivity: Analyzing the Impacts of Daylighting on Students and Workers Health and Alertness, *Biological and Life Science* , 2016.
- [13] N. Gentile, „Science Direct - Elsevier, 15 05 2022. [Online]. Available:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778822001931>. [Hozzáférés dátuma: 09 05 2023].
- [14] Grand View Research, [Online]. Available: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/europe-led-lighting-market>. [Hozzáférés dátuma: 15 10 2023].
 - [15] UN Environment Programme, 11 12 2019. [Online]. Available: <https://www.unep.org/resources/publication/2019-global-status-report-buildings-and-construction-sector>. [Hozzáférés dátuma: 25 10 2023].
 - [16] Eurostat, 13 6 2023. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/DDN-20230613-1>. [Hozzáférés dátuma: 7 11 2023].
 - [17] Precedence Research, 10 2023. [Online]. Available: <https://www.precedenceresearch.com/energy-efficient-lighting-technology-market>. [Hozzáférés dátuma: 10 11 2023].
 - [18] X. Piao és M. Shunsukei , Scientific Reports, 25 1 2023. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-28368-8>. [Hozzáférés dátuma: 23 10 2023].
 - [19] E. P. IEA Review, IEA Lighting, 01 09 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/lighting>. [Hozzáférés dátuma: 08 05 2023].
 - [20] Precedence Research, 12 2021. [Online]. Available: <https://www.precedenceresearch.com/energy-efficient-lighting-technology-market>. [Hozzáférés dátuma: 08 05 2023].
 - [21] G. Martino, <https://www.archdaily.com/>, 10 06 2021. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/962950/artificial-lighting-in-interior-design>. [Hozzáférés dátuma: 06 05 2023].
 - [22] Energy.Gov, Lighting Design, 06 05 2023. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/energysaver/lighting-design>.
 - [23] Energy.Gov., Energy.Gov., 2022. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/energysaver/lighting-choices-save-you-money>. [Hozzáférés dátuma: 08 05 2023].
 - [24] D. Hakimi, The Effects of Light Color and Intensity on Your Mind and Body, Alkon Lightnings, 03 07 2019. [Online]. Available: <https://www.alconlighting.com/blog/lighting-design/effects-of-light-color-intensity-mind-body/>. [Hozzáférés dátuma: 11 03 2023].
 - [25] G. Gordon, Interior lighting for designers, John Wiley & Sons., 2015.
 - [26] M. Innes, Lighting for interior design, Hachette, UK, 2012.
 - [27] M. Bernard, Insights, 28 11 2022. [Online]. Available: <https://www.alconlighting.com/blog/learning-lab/intro-to-lighting-design/>. [Hozzáférés dátuma: 08 05 2023].

dátuma: 07 05 2023].

- [28] G. Devenish, Hampshire Light, 24 4 2020. [Online]. Available: <https://www.hampshirelight.net/blog/what-is-architectural-lighting-design>. [Hozzáférés dátuma: 9 11 2023].
- [29] M. G. Figueiro, M. Kalsher, B. C. Steverson, J. Heerwagen, K. Kampschroer és M. S. Rea, Circadian-effective light and its impact on alertness in office workers, *Lighting Research & Technology*, %1. kötet51, %1. szám2, pp. 171-183, 2019.
- [30] R. Kralikova, M. Piňosová és B. Hricová, Research Gate, 03 2016. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/308032041_Lighting_Quality_and_its_Effects_on_Productivity_and_Human_Health. [Hozzáférés dátuma: 15 10 2023].
- [31] D. Smith, Comsol, 14 1 2016. [Online]. Available: <https://www.comsol.com/blogs/calculating-the-emission-spectra-from-common-light-sources/>. [Hozzáférés dátuma: 13 11 2023].
- [32] D. Shiller, Light Now, 16 02 2023. [Online]. Available: <https://www.lightnowblog.com/2023/02/interview-chatgpts-predictions-for-the-future-of-lighting-technology/>. [Hozzáférés dátuma: 08 05 2023].
- [33] L. L. NASA, Nasa.Gov, 01 05 2021. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/content/lighting-lab>.
- [34] Energy 5, 18 11 2023. [Online]. Available: <https://energy5.com/the-future-of-lighting-technological-advancements-and-trends>. [Hozzáférés dátuma: 20 11 2023].
- [35] R. Ganslandt és H. Hofmann, Handbook of lighting design, ERCO GmbH., 1992.
- [36] C. Vetter, P. M. Pattison, K. Houser, M. Herf, A. J. Phillips, K. P. Wright és G. Glickman, A review of human physiological responses to light: implications for the development of integrative lighting solutions., *Leukos*, %1. kötet18, %1. szám3, pp. 387-414, 2022.
- [37] M. Soheilian, G. Fischl és M. Aries, „Smart lighting application for energy saving and user well-being in the residential environment,” *Sustainability*, %1. kötet13, %1. szám11, p. 6198, 2021.
- [38] Z. Kolláth, Történetek a fényszennyezésről, *Természet Világa*, %1. kötet35, pp. 37-41, 2015.
- [39] NASA Technical Brief, 28 12 2021. [Online]. Available: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/lighting_design_technical_brief_0chmo.pdf. [Hozzáférés dátuma: 08 05 2023].
- [40] K. Wenzel, Szintan, Budapest: BME Gépészmérnöki Kar - Mechatronika; Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, 2013.
- [41] I. Réti, A. Ürmös, J. Nádas és V. dr. Rakovics, Nanostruktúrák LED-ek,

Elektrotechnika, %1. kötet11, pp. 19-23, 2014.

- [42] A. T. Naár, A magyar háztartások villamosenergia-fogyasztási magatartásmintázatainak feltárása a fenntarthatóság kontextusában (Doctoral dissertation), Gödöllő: Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, 2022.
- [43] T. Kollarics, K. Molnár és É. Hartl, Fenntarthatósággal kapcsolatos ismeretek és viselkedésminták feltárása, *JOURNAL OF APPLIED TECHNICAL AND EDUCATIONAL SCIENCES*, %1. kötet11, %1. szám1, pp. 111-139, 2021.
- [44] J. Cullen, <https://www.johncullenlighting.com/>, 29 09 2020. [Online]. Available: <https://www.johncullenlighting.com/blog/general/the-importance-of-lighting-in-interior-design/>. [Hozzáférés dátuma: 07 05 2023].

Ábrák jegyzéke

1. ábra A fényjellemzőket módosító tervezési tényezők, amelyek érintik a cirkadián rendszereket. [6].....	8
2. ábra Megfelelő világítás [9].....	11
3. ábra Világítóttestek típusai [11].....	13
4. ábra A világítás hatása az emberi teljesítményre. [12]	14
5. ábra Az európai LED-világítási piac méretének várható alakulása 2030-ig [14].....	15
6. ábra Energiafogyasztás az EU háztartásaiban [16].....	17
7. ábra Európa energiahatékony világítástechnikai piacának várható alakulása 2022-2032 [17].....	20
8. ábra Globális energiahatékony világítástechnikai piacának várható alakulása 2022-2032 [17].....	21
9. ábra Átlagos havi energiakiadás a háztartások szintjén a 37 megkérdezett nemzetben [18]	22
10. ábra Globális energiahatékony világítástechnikai piac mérete, 2020-2030 (milliárd USD) [20]	23
11. ábra A vizsgálati elrendezések [29]	29
12. ábra Környezet világítása és az emberi termelékenység és teljesítmény közötti kapcsolat [30].....	30
14. ábra - A Napból a Föld felszínére érkező látható fény emissziós spektruma [31]	31
15. ábra - Az emissziós spektrum egy tipikus izzólámpa látható tartományában. Izzólámpa spektruma (CCT=2690 K, CRI=99) [31]	32
16. ábra - Egy tipikus fluoreszkáló izzó emissziós spektruma. Kompakt fénycső spektruma (CCT = 2780K, CRI=83) [31]	32

17. ábra - Egy tipikus LED lámpa emissziós spektruma meleg, fehér beállításon. LED lámpa spektruma (CCT= 3000 K, CRI = 78) [31]	33
18. ábra - A nappali fény és a tipikus izzólámpák, fluoreszkáló és LED lámpák emissziós spektrumai [31]	33
19. ábra A fény és az ember kapcsolata [36]	36
20. ábra - Az elektromágneses spektrum, benne a látható fény tartományával [40]	39
21. ábra Félvezetők tiltott sávja, amely segíthet a hatásfok növelésben [41]	40
22. ábra - Egy magyar fejlesztésű nanoszerkezetes LED felépítése [41]	41
23. ábra - A fenntarthatósági vizsgálat eredményei ötfokú skálán [42]	43
24. ábra - A vizsgálat eredménye az iskolai végzettség függvényében [42]	44
25. ábra- A válaszadók korcsoportok szerinti eloszlása	45
26. ábra - Az iskolai végzettségek megoszlása.....	46
27. ábra- A használt világítások, típusonként	47
28. ábra- A "nem használat" indokai	48
29. ábra- Az energiatakarékos izzók használati módja.....	49
30. ábra Az energiafelhasználás csökkentése érdekében tett lépések.....	50
31. ábra- A fogyasztáscsökkenés érzete	51
32. ábra- Okosotthon megoldások használata.....	52
33. ábra- Hajlandóság további beruházásokra	53
34. ábra- A tervezett beruházás mértéke.....	54
35. ábra- Energiatakarékos izzók aránya a válaszadók lakhelye szerint	55
36. ábra- Takarékos izzók használatának aránya a lakóhely függvényében.....	56
37. ábra- A további beruházási tervek, akiknél nincs minden lecserélve takarékos lámpára	57

38. ábra- A beruházásra szánt összeg azoknál, akiknél nem teljes vagy nincs energiatakarékos világítás.....	58
39. ábra- Okosotthon használat az életkor függvényében	59
40. ábra- Okosotthon a lakhely függvényében	61

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat Hagyományos izzó / LED-es fényforrás hatékonyság	16
2. táblázat - Összehasonlítás a teljes minta és a nem 100%-ban korszerűsített világítással rendelkezők között.....	58

Mellékletek

A Google Forms segítségével elvégzett kutatáshoz használt kérdőív.

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd2cuDPxhubdgwUaFfEG7SF2jNdycHsJ7pRKb47fJBXmkzcJQ/viewform?usp=sf_link

A belsőépítészet és a világítástechnika kapcsolata

1. 1. Melyik korcsoportoz tartozik?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ 18 év alatt
- ☐ 15-25 év között
- ☐ 25-45 év között
- ☐ 45-65 év között
- ☐ 65 év felett

2. 2. Lakóhely

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ Falu
- ☐ Város
- ☐ Megyeszékhely
- ☐ Főváros
- ☐ Egyéb

3. 3. Iskolai végzettség

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ 8. általános
- ☐ Érettségi
- ☐ Szakiskola
- ☐ Főiskola
- ☐ Egyetem

4. Milyen világítást használ az otthonában ? (Több válasz is megengedett)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.



☐ LED-es



☐ Halogén



☐ Kompakt fénycső (CFL)



☐ Hagyományos izzólámpa (régí típusú izzó)

5. Mekkora hányada a lámpáknak energiatakarékos?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ Összes ilyen
- ☐ Kb. a lámpák fele ilyen
- ☐ Nincs energiatakarékos izzó

6. Amennyiben nem használ energiatakarékos világítást, mi az oka? (Több válasz is megengedett)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- ☐ anyagi okok
- ☐ megszokás
- ☐ jobban tetszik a fénye
- ☐ csak energiatakarékost használlok
- ☐ Egyéb

7. 7. Ha csak világításnak egy része energiatakarékos, hol használja ezeket inkább? (Több válasz is megengedett)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- ☐ Hálószoza
- ☐ Nappali
- ☐ Otthoni irodarész
- ☐ Konyha/étkező
- ☐ Fürdő
- ☐ Épületen kívül
- ☐ Egyéb

8. 8. Mit tesz az energiafelhasználás csökkentése érdekében? (Több válasz is megengedett)

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- ☐ Célzottan használja a világítást (helyi világítás)
- ☐ Kikapcsolja a nem használt berendezéseket (TV; számítógép)
- ☐ Napszaknak megfelelően használja a világítást
- ☐ Odafigyel milyen izzót vásárol

9. 9. Észlelt-e fogyasztáscsökkenést a hagyományos izzók lecserélése után?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ Igen, jelentőst
- ☐ Igen, de kis mértékben
- ☐ Nem
- ☐ Igen
- ☐ Nem tudom, nem követtem ezt

10. 10. Használ-e mozgásérzékelőt a lámpák kapcsolásához?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ Igen, épületen belül
- ☐ Igen de csak az épületen kívül
- ☐ Egyáltalán nem

11. 11. Használ-e Okosotthon megoldást? (SmartHome)

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ Igen, több eszközre
- ☐ Igen, csak a világításra
- ☐ Nem, de tervezem
- ☐ Nem és nem is tervezem

12. 12. Ha használ Okosotthon megoldást a világításra, milyen funkciókat használ?

Válassza ki az összeset, amely érvényes.

- ☐ Automatikus ki/bekapcsolás
- ☐ Időzített működés
- ☐ A lámpa beállítása a külső fény függvényében
- ☐ Egyéb / nem használók

13. 13. Tervezi-e energiatakarékos lámpák használatát a jövőben?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ Igen
- ☐ Nem

14. 14. Tervez-e további energiatakarékosági beruházásokat?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ Igen, lámpacserék
- ☐ Igen, okosotthon megoldás
- ☐ Igen, egyéb
- ☐ Nem

15. 15. Kb. mennyi pénzt szán energiatakarékos világítás beruházásra?

Soronként csak egy oválist jelöljön be.

- ☐ Max. 10.000.-Ft
- ☐ 10.001-25.000.-Ft
- ☐ 25.000.-Ft felett

16. 16. Egyéb észrevétel, megjegyzés

Ezt a tartalmat nem a Google hozta létre, és nem is hagyta azt jóvá.

Google Űrlapok