



ÓBUDAI EGYETEM

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

SZAKDOLGOZAT

**OE-KVK
2023.**

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Juhos Martin
T009254/F112904/K

Budapest, 2023



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Juhos Martin

Szakedolgozat száma: SZD2309290841211536

Törzskönyvi száma: T009254/FI12904/K

Neptun kódja:

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Mikroelektronika és technológia specializáció

A dolgozat címe: A mesterséges világítás hatása a fogyasztói viselkedésre

A dolgozat címe angolul: The Impact of Artificial Lighting on Consumer Behavior

A feladat részletezése: A jelölt tekintse át a mesterséges világítás és pszichológia kapcsolatát, különös tekintettel a kereskedelmi alkalmazásra. Egy olyan üzlethelyiségben, amely alkalmas a fogyasztói viselkedés vizsgálatára, építsen ki több világítási képet megvalósító világítási rendszert, amely segítségével vizsgálni tudja a világítástól függő vásárlói szokásokat. Mutassa be a kiépített rendszert, készítsen átfogó megvilágításmérési dokumentációt. Végezzen empirikus kutatást a vevők közt, mely alkalmas egy-egy világítási kép és a vásárlási attitűd közti összefüggések vizsgálatára. Értékelje ki az adatokat, keressen korrelációt a vásárlási szándék és a világítás minőségi jellemzői közt. Vesse össze a kutatás eredményét a szakirodalomban olvasottakkal, tegyen javaslatot az eredmény gyakorlati hasznosítására.

Intézményi konzulens neve: Nádas József

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 12. 31.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 11. 14.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM

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

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Juhos Martin..... 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. 12. 05.

Juhos Martin
.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	3
2.	A projekt bemutatása	4
3.	Világítás és annak pszichológiai hatásai a kereskedelemben	5
3.1.	Történelmi áttekintés: Kirakatvilágítás	5
3.2.	Pszichológiai kutatás az üzleti egységekben.....	7
3.3.	A kereskedelmi egységek világítása	9
3.3.1.	A ruházati üzletek világítása	9
3.3.2.	A próbafülkék világítása	11
4.	A kutatás megvalósítása.....	15
4.1.	Megfelelő kereskedelmi egység kiválasztása és annak bemutatása.....	15
4.2.	A világítás megtervezése, anyagbeszerzés és megvalósítás	17
4.2.1.	A világítás megtervezése	17
4.2.2.	A világítási képek kialakítása	20
4.2.3.	LED szalagok és a keskenyen sugárzó lámpák	21
4.2.4.	Tápegységek	23
4.2.5.	Dimmerek	25
4.2.6.	Kapcsolási rajz és a kiegészítő elemek.....	30
4.3.	A kiépítés folyamata	34
5.	A világítástechnikai mérés.....	41
5.1.	A méréstechnikai próbababa	41
5.2.	Mérési elmélet.....	43
5.3.	A mérés kivitelezése és folyamata	45
5.4.	Mérési eredmények	47
6.	Adatok gyűjtése és feldolgozása.....	50
6.1.	A kérdőív alapú módszer kialakítása	50

6.1.1.	A kérdőíves vizsgálati módszer kiválasztása.....	50
6.1.2.	A kérdőívkészítés elmélete	51
6.1.3.	A kérdőív megalkotása	53
6.1.4.	A megvalósítás módja.....	55
6.2.	Az adatok vizsgálata és kiértékelése	56
7.	Összegzés.....	62
8.	Summary.....	63
9.	Irodalomjegyzék	64
10.	Ábrajegyzék	66

1. Bevezetés

A szakdolgozatom témája Nádas József tanár úrtól származik, és egy olyan területet fed le, amelyre világviszonylatban is kevés, de magyar viszonylatban még kevesebb példa van, így ez egy remek lehetőség arra, hogy pótoljam a hazai kutatások ezen szegletét. A választott téma a pszichológia és a fény kapcsolatát mutatja be a kereskedelmi egységek területén, ezen belül a vásárlási szokásokra fókuszál, hogy azok miként változnak meg a mesterséges megvilágítás hatására. Az egyetemi tanulmányaim alatt a világítástechnika tudománya felkeltette az érdeklődésemet és, mivel a Mikroelektronikai és Technológiai Tanszék egyik fő irányzata a világítástechnika, ezért ezt a szakirányt választottam. Véleményem szerint a megfelelő világítás kialakítása nagyon fontos az élet minden területén, legyen szó akár az otthoni környezetről, közterületekről, különböző intézményekről vagy munkahelyekről és még sorolhatnám, ennek ellenére úgy gondolom, hogy ez a szakma egyik leginkább alábecsült területe, ezért is döntöttem úgy, hogy a kutatásommal megpróbálom bebizonyítani ennek a jelentőségét. A projekt kiírásában nem volt megköthető, hogy pontosan milyen jellegű üzletben kell megcsinálnom a kutatást vagy, hogy milyen módon vizsgáljam a világítás hatását a fogyasztói viselkedésre, így ez az én elképzelésemre volt bízva, ennek inkább a rendelkezésemre álló lehetőségek szabtak gátat. Ebből kiindulva a választott kereskedelmi egység lehet pláza, kisbolt, ruhabolt, cipőbolt, a lényeg, hogy rendelkezzen kirakattal, termékkihelyezéssel, próbafülkével, ahol egyértelmű eredményeket lehet majd levonni a kutatásból. Legfőbb célkitűzésem, hogy ezzel a vizsgálattal igazolni is tudjam a felvetést, miszerint a mesterséges megvilágítás nagymértékben befolyásolja az emberek vásárlási szokásait.

2. A projekt bemutatása

A szakdolgozatom témája a fény és pszichológia kapcsolata, ezen belül a mesterséges megvilágítás hatása a fogyasztói viselkedésre.

A téma megvalósítása kvantitatív kutatási módszer (kérdőíves kutatási módszer) segítségével történt, amelyhez szükségem volt egy megfelelő kereskedelmi egységre. A választott bolt egy ruházati üzlet, ahol a próbafülkékben új világítási rendszert építettem ki, amelyből 6 világítási képet hoztam létre. A hatodik világítási kép a fülkékben található eredeti megvilágítás, amely egy tipikus rossz példája a próbafülkék megvilágításának.

A kutatásom célja, hogy a kérdőíves vizsgálati módszer segítségével igazolni lehessen egy előre felvetett hipotézist, amely a következő: A kiépített új próbafülke világításnak az alkalmazott világítási képek esetén összességében jobb vásárlói megítélésben kell részesülnie, mint az eredeti megvilágításnak.

A dolgozatom bemutatja a kutatás megvalósításának folyamatát, illetve annak elméleti háttérét. Az elméleti háttér esetén kitér a kereskedelmi egységek megfelelő megvilágítására, azon belül is a ruhaboltok és próbafülkék kapják a fő hangsúlyt, továbbá a pszichológia és az üzletvilágítás kapcsolatára. A megvalósítás esetén a dolgozatom kifejti a tervezés menetét, az alkatrészek és kiegészítő elemek kiválasztását, a kiépítés folyamatát stb. A kutatás két legfontosabb része a világítástechnikai mérés és a kérdőíves adatgyűjtés. A szakdolgozatom részletesen bemutatja, hogy hogyan vittem véghez a világítástechnikai mérést, illetve milyen mérés technikai szempontokat vettem figyelembe az előkészületek és a kivitelezés során. A kérdőívek esetén bemutatom a kérdőívkészítés elméletét, a kérdések megalkotását, a vizsgálat kivitelezését, az adatok szűrését.

A szakdolgozatom végén elemzem a kutatásból beérkező adatokat, majd azokat kiértékelem és levonom a megfelelő következtetést.

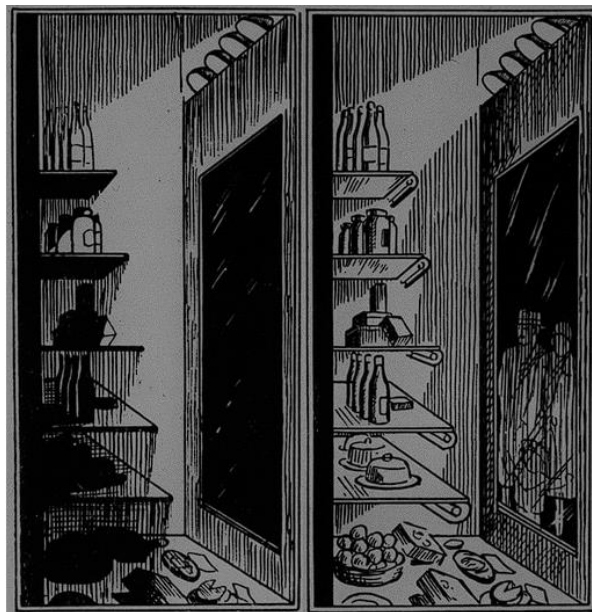
3. Világítás és annak pszichológiai hatásai a kereskedelemben

3.1. Történelmi áttekintés: Kirakatvilágítás

A kirakatvilágítás már az 1900-as évek elején is nagyon felkapott téma és érdekes problémakör volt. Az akkoriban lefektetett alapok szinte mindegyike még a mai napig is érvényes, ebből is látszik, hogy mennyire fontos kérdés volt ez már régen is az eladások szempontjából. A jó kirakatvilágítás követelményeit az akkori szakemberek tíz pontba szedték, amelyek a következők voltak:

- „A kirakatot bőséges fénnel áraszuk el. A megvilágítás, tehát erős legyen. Kirakatvilágítási célokra különleges lámpatestek szolgálnak.
- Födetlen, csupasz káprázó lámpákat nem szabad alkalmazni, mert ezek a kirakat hatását teljesen tönkreteszik.
- A lámpaszerelvényeket az utca felől, függőnnyel vagy egyéb alkalmas módon el kell fednünk a szemlélők szemei előtt. Elvégre a kirakatban nem a lámpákat, hanem az árut állítjuk ki.
- Minél sötétebb a kiállított áru, annál erősebb világításra van szükség.
- A kirakatok hátlapját úgy képezzük ki, hogy az üzletben lévő lámpák az utca felől ne legyenek láthatóak, mert rontják a kirakat hatását. Ezért a kirakat hátsó felületét célszerűen fából készítjük. Ha pedig üvegből van, akkor fényt át nem bocsájtó függönyt helyezünk eléje.
- Keskeny kirakatoknál gondosan kiképzett szofitta világítást alkalmazzunk.
- Sarokkirakatok különleges világítási megoldást kívánnak.
- A kirakat háttérét összhangba kell hoznunk a kiállított áruval és előnyös kontraszthatásra kell törekednünk.
- Szükségtelen, hogy a kirakati lámpák az utcára is kivilágítsanak, mert ez fölösleges áramfogyasztási többletet okoz.
- Ne helyezzük a lámpákat a kirakat elé az utcára, bent a kirakatban pedig kerüljük a csupasz üveglapok és a tükrök alkalmazását, mert ezek többnyire káprázatot idéznek elő, ami zavarja a látást.” [1]

Jól látható, hogy a keskeny kirakatokra vonatkozó úgynevezett szofitta világítástól eltekintve valóban máig igazak ezek a követelmények. A mai napig vitatott kérdés, hogy a kirakat nyitott legyen vagy zárt és ugyan a követelményekben a zárt megoldás mellett foglalnak álláspontot, már az akkori időkben is körülbelül fele-fele arányban megosztott volt a két megoldás alkalmazása. Mindkét módszernek vannak előnyös és hátrányos tulajdonságai. A nyitott kirakat előnye, hogy bevonzza az érdeklődők tekintetét az üzletbe, és, így talán könnyebben betérnek, hátránya, hogy a kirakatban kiállított termékekről viszont elvonja a figyelmet [2]. A zárt kirakat esetén minden hangsúly a kiállított árun van, viszont ebből kifolyólag az üzletbe nem lehet belátni [2]. Természetesen a rosszul megvalósított kirakatvilágítás mindkét esetben taszító hatást kelt. Polcrendszer alkalmazása esetén nem elég fentről megvilágítani a kirakatot, mivel csak a legfelső polc tartalma lesz jól látható, esetleg az alatta lévő, a többi polc viszont árnyékba borul [3]. Manapság ezt egyszerűen meg lehet oldani, például a polcokba épített LED szalagok segítségével, akkoriban erre a célra úgynevezett vonalizzókat használtak, amely egy hosszú, vékony üveghengerben kifeszített izzószálból állt, alakja nagyban hasonlított a mai fénycsőéhez [4]. Működése és tulajdonságai gyakorlatilag teljesen megfelelnek egy normál izzónak, csak ebben az esetben hosszanti fényeloszlással rendelkezik az eszköz. Ezeket a vonalizzókat a polcok alján helyezték el, a kirakat külső feléhez közelebb és egy takarólemez segítségével leárnyékolták, hogy az csak befelé sugározzon és csak a polcon található termékeket világítsa meg [3] (3.1. ábra).



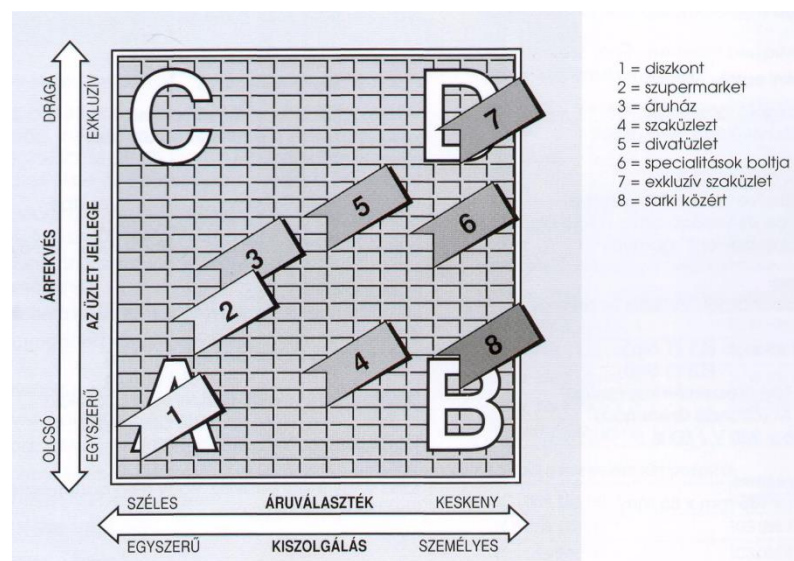
3.1. ábra. (jobbra) Rosszul kialakított polcvilágítás;
(balra) Megfelelően kialakított polcvilágítás [3]

3.2. Pszichológiai kutatás az üzleti egységekben

A pszichológiai kutatás alapját a közelmúlt szakemberei fektették le. Ennek lényege, hogy az üzleteket a jellegük szerinti kategóriába kell besorolni. Nyolc ilyen kategória állapítható meg, amelyek a következők: [5]

- 1: Diszkontok.
- 2: Szupermarketek.
- 3: Áruházak.
- 4: Szaküzletek.
- 5: Divatüzletek.
- 6: Speciális boltok.
- 7: Exkluzív szaküzletek.
- 8: Sarki közért.

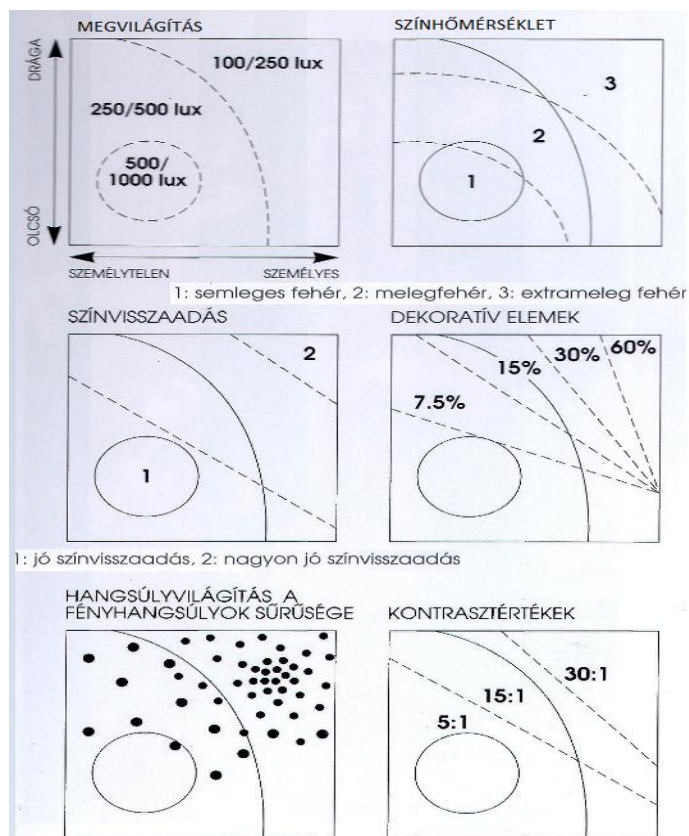
Ezt a nyolc kategóriát különböző szempontok alapján lehet osztályozni, amelyek alapján megkapjuk az üzletek mátrix eloszlását. Az üzletek mátrix ábrája alapján meghatározható, hogy milyen világítási beállításokra kell törekedni az adott kereskedelmi egység esetén. A mátrix vízszintes tengelyen a kiszolgálás és az áruválaszték helyezkedik el, míg a függőleges tengelyen az ár és az üzlet jellege található. (3.2 ábra) [5]



3.2. ábra. Üzletek mátrix eloszlása [5]

Egy exkluzív szaküzlet esetén, például egy ékszerboltban elmondható, hogy a helyiség általános megvilágítása alacsony. A kihelyezett drágakövek, gyűrűk, nyakláncok megvilágítása pedig magas. Ez által az adott termék kiemelődik a félhomályból a fény által, ennek következtében a vásárlók tudatában az adott ékszer nívósabb, borsosabb értéket fog képviselni. Ez az eljárás árcédula nélkül képes érzékeltetni az adott termék értékességét, hiszen az emberek már régebben is nagybecsben tartották, a fénylő, csillogó tárgyakat. Az ékszert nem elég a fény segítségével kiemelni, törekedni kell a megfelelő fénysűrűség különbségekre is, azaz a megfelelő kontraszthatásra. Az is elmondható, hogy ezek az üzletek meleg fehér (3300 K alatt) fénnel dolgoznak és sok dekorációs elemet használnak, ennek célja a családi légkör megteremtése, bizalomkeltés. A fényforrások színvisszaadása magas értékű ($CRI \geq 90$) kell, hogy legyen, ezzel még jobban érzékelhetőek a termék élénk színei. Ezen üzletek a mátrix ábra bal felső sarkában helyezkednek el, tehát jellemző rájuk az alacsony áruválaszték, személyes kiszolgálás és a magas ár. (3.3. ábra) [5]

A szupermarketek a mátrix ábra másik sarkában helyezkednek el, széles áruválaszték, alacsony ár és egyszerű kiszolgálás jellemző rájuk. Ezekben az üzletekben jellemző a magasabb megvilágítás és az alacsonyabb kontraszt. Itt minden terméket egyformán kell megvilágítani, ezért magas az általános megvilágítás, nincs szükség kiemelő világítás alkalmazására. A fényforrások színhőmérséklete eltolódik a semleges fehér tartományba (3300 K – 5300 K) és a dekorációs elemek száma is erősen lecsökken, mivel nem szükséges a személyes légkör megteremtése. A színvisszaadás sem kell, hogy kimagasló értékű legyen ($CRI \geq 80$), mivel nagyrészt a vásárlók alapvetően élelmiszert, használati tárgyakat, illetve piperecikket vesznek ezekben az üzletekben. (3.3. ábra) [5]



3.3. ábra. Általános világítás kritériumai a mátrix eloszlás alapján [5]

3.3. A kereskedelmi egységek világítása

3.3.1. A ruházati üzletek világítása

A ruházati üzletek megvilágításának fontos szerepe van, mivel a vásárlók itt választják ki a felpróbálni kívánt ruhadarabokat. Az üzlethelyiséget több zónára lehet bontani, ezekhez a zónákhoz más és más világítási módszer, illetve előírás tartozik. Ezek a zónák a következők: [5]

- Közlekedők.
- Pénztár részleg.
- Polcok, vitrinek, pultok.
- Különleges termék kihelyezések, promóciók.
- Kirakat.
- Próbafülkék.

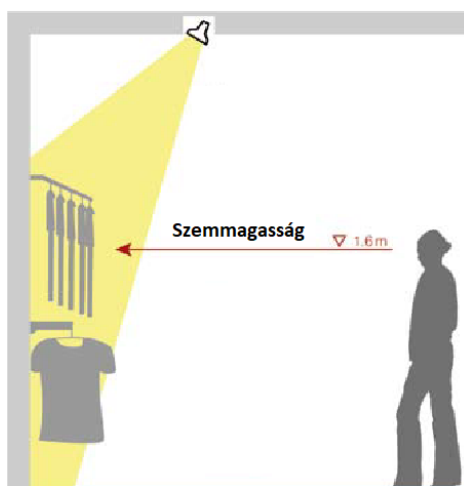
A közlekedő részeket érdemes előre kialakítani, és ezek pozícióját a későbbiekben változtatlanul hagyni. Nem érdemes túlvilágítani ezeket a részeket, mivel itt nincs speciális látási feladat, csupán közlekedés. [2, 5]

A pénztárak esetén már van speciális látási feladat, főleg az eladó személyzet részéről. Manapság a pénztárakban már nélkülözhetetlen a képernyők használata, így a világítást úgy kell megtervezni, hogy az ne okozzon káprázást a bolti eladók számára. Ezen kívül a vásárlói benyomás is nagyon fontos, mivel a vásárlási folyamat utolsó lépése itt történik, ezért a pénztárakban barátságos és nyugodt viszonyt kell teremteni. A vevő és az eladó között kialakuló szemkontaktus és kommunikációnak szintén kiemelt jelentősége van. Az előbb említett szempontok a legegyszerűbben szórt fénnel történő világítással hozhatóak létre. Ezzel a megoldással elkerülhető a kijelzőkön megjelenő kápráztató hatás. A kommunikáló felek élénken látják egymás arcát, így a pénztár területe nem kelt steril benyomást. [2, 5, 6]

A polcok és az egyéb termékállványok világítási kifejezetten létfontosságú, mivel az áru nagy része ezeken kerül elhelyezésre. Leggyakrabban sínes világítási rendszert szoktak alkalmazni (3.4. ábra), mivel erre szinte tetszőleges darabszámú világítótest helyezhető el, illetve azok pozíciója és sugárzási iránya is tetszőlegesen állítható. Ennél a megvalósításnál arra kell törekedni, hogy a világítótestek úgy legyenek beállítva, hogy se a vásárló feje, se felső polcok ne árnyékolják le az alsó polcok tartalmát (3.5. ábra). Nagyobb polcrendszerek esetén érdemes lehet polcokba beépített fényforrásokat is alkalmazni. [2, 5, 6]



3.4. ábra. Sínes világítási rendszer [<https://ledworld.com.au/>]



3.5. ábra. Megfelelően kialakított polcvilágítás [6]

A különleges vagy promóciós termékek esetén a fő szempont mindig az adott áru kiemelése. Ez könnyedén megoldható a fény segítségével. Ilyenkor a terület általános megvilágítása alacsonyabb és a kiemelendő terméké pedig magas. Ezzel párhuzamosan árnyékhatások is keletkeznek, amelyek még egyedibbé teszik az árut. Ez a megvalósítás automatikusan vonzza a tekinteteket. A kihelyezés semmilyen nézési irányból nem lehet kápráztató. [2, 5]

A kirakat-világítást egy korábbi fejezetben fejtettem ki, míg a próbafülke-világítást egy későbbiben fogom megtenni, így erről itt nem ejtek szót.

3.3.2. A próbafülkék világítása

A ruházati üzletek világítása esetén a próbafülkék megvilágításának különösen fontos szerepe van, hiszen a vásárló itt dönti el, hogy a választott ruhadarab elnyerte-e a tetszését. Természetesen itt a méretbeli problémákat nem vesszük figyelembe. Külföldi viszonylatban már számos kutatás támasztja alá, hogy a próbafülkék megfelelő megvilágítása kifejezetten fontos [6] az előbb említett szempontok miatt, ennek ellenére Magyarországon a nagy üzletláncokban és a kis áruházakban az esetek túlnyomó többségében a fülkék világítása nem megfelelő. Általánosságban elmondható, hogy az üzlettér megvilágítása (néhány esettől eltekintve), jól megtervezett és kivitelezett, de a próbafülkébe belépve az emberben olyan benyomás keletkezik, mintha a világításra szánt pénz eddigre elfogyott volna és ide már csak a megmaradt vagy a legolcsóbb

lámpatesteket építették be. Az első, alapvető dolog a próbafülkék világításával kapcsolatban, hogy a fülkében mindig legyen elég fény, minél több, annál jobb, persze ésszerű keretek között maradván, a túlzott megvilágítás sem jó [6]. A fülkék mérete nagyon fontos tényező, hiszen a tükörtől kell bizonyos távolság, hogy jól lássa magát a vásárló, máskülönben hiába jó a fülke megvilágítása, ha egyszerűen fizikailag nincs hely, hogy az illető megfelelően lássa a ruhát a tükörben. A színvisszaadási index kifejezetten fontos tényező, szintén nagymértékben befolyásolja a ruháról alkotott véleményt [6].

Bevett szokás, hogy a tükör mögé helyeznek valamilyen lámpatestet, ami abból a szempontból előnyös, hogy nem kápráztat, viszont csak a falról reflektálódó (visszaverődő) közvetett fény jut ki onnan és sok esetben ez azt eredményezi, hogy sötét van a fülkében. A legrosszabb megoldás, amikor több fülkéhez egy lámpatestet szánnak, így gyakorlatilag egyikbe sem jut elegendő mennyiségű fény, és szó szerint félhomály van. Eggyel jobb megoldás, de még mindig az egyik legrosszabb, amikor már minden fülkéhez szánnak egy-egy lámpatestet, ám ez általában egy mennyezeti panel vagy valamilyen besüllyesztett lámpa, ami természetesen csak lefelé sugároz. Ezeket a lámpatesteket általában a próbafülke közepén helyezik el, így az összes kibocsátott fény a vásárló fején összpontosul és nem a ruhán. Ez azt eredményezi, hogy a vásárló feje leárnyékolja a ruhadarabot, és a tükörről reflektálódó minimális fényen kívül semmi nem jut a ruhára, tehát a fülkében álló illető egyszerűen nem látja rendesen, hogy mi van rajta. [7] (3.6. ábra)



3.6. ábra. Középen elhelyezett, lefelé sugárzó próbafülke-világítás [7]

Láttuk tehát, hogy a próbafülke közepén elhelyezett egy lámpatest, miért nem jó, ebből kiindulva az igényesebb üzletek már több lámpatestet helyeznek el a mennyezeten. Abban az esetben, ha már két lámpatest kerül beépítésre, jobb eredmények érhetőek el, ugyanis sokkal több megvilágítás jut a ruhára, mivel nem csak egy irányból érkezik a fény, de még mindig hátrány, hogy a kibocsátott fény nagy része a vásárló fején összpontosul. A háromszög alakzatban elhelyezett lámpatestekkel érhető el a legjobb megvilágítás, ha csak mennyezeti lámpákban gondolkodunk, ebben az esetben már kellően nagy megvilágítás lesz a ruhán, így azt jól megtudja nézni a vásárló. [7] (3.7. ábra)



3.7. ábra. Háromszög alakzatban elhelyezett, lefelé sugárzó próbafülke-világítás [7]

A lehető legjobb megoldás, ha a mennyezeti lámpák kiegészülnek még valamilyen tükörvilágítással. A tükörvilágítás többféle lehet, drágább megoldás, ha az üzlet eleve olyan tükröt vásárol, ami rendelkezik beépített fényforrással, olcsóbb, ha utólag szerelnek fel valamilyen világítást a felületének szélére, keretére, vagy közvetlenül mellé a falra, ez lehet például LED szalag. Ebben az esetben a fentről jövő fény nagymértékben kiegészül egy szemből jövő megvilágítással, ez azt eredményezi, hogy rengeteg fény lesz a ruhán, ami jó, hiszen, így lehet rendesen látni azt. Itt fontos a diffúzor alkalmazása, mivel szemből érkezik a fény, nélküle káprázás lépne fel, ami nagyon nem kívánt jelenség. Szintén fontos, hogy a tükörvilágítás síkja nem lehet hátrébb, mint a tükör síkja, máskülönben az leárnyékolja a fényt. Amennyiben az eddig említett fényforrások még kiegészülnek egy fentről, de oldalasan érkező szórt fénnel, megkapjuk a tökéletes

próbafülke világítást. Ebben az esetben a fülkében álló személy minden szükséges irányból meg lesz világítva és kitűnően látja majd a felpróbált ruhát. (3.8. ábra) [6, 7]



3.8. ábra. Megfelelően kialakított próbafülke-világítás [6]

Összefoglalva a próbafülke-világítás a legfontosabb része kellene hogy legyen a ruhaboltok világításának, a gyakorlatban ez mégis egy nagyon elhanyagolt terület. Ez a jelenség azért is érthetetlen, mert egy igényes próbafülke-világítás kialakítása az üzlet összköltségéhez képest csak elenyésző többlet anyagi ráfordítást jelentene.

4. A kutatás megvalósítása

Ebben a fejezetben részletesen kifejtem, hogy hogyan kezdtem neki a kutatás megvalósításának, bemutatom a választott kereskedelmi üzletet és, hogy, milyen szempontok figyelembevételével terveztem meg a világítást és miként alakítottam azt ki, illetve, hogy milyen hibák merültek fel a folyamat során.

4.1. Megfelelő kereskedelmi egység kiválasztása és annak bemutatása

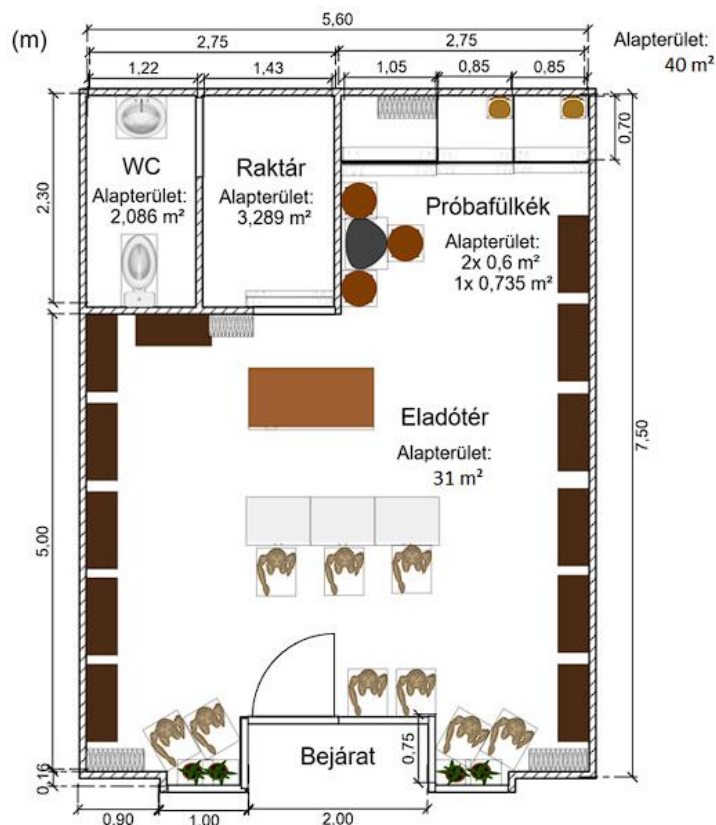
A kutatás elvégzéséhez elsősorban találnom kellett egy olyan üzletet, ami megfelelő paraméterekkel rendelkezik a kísérlet megvalósításához. Úgy gondoltam, hogy ez egy meglehetősen nehéz feladat lesz, hiszen a nagyobb áruházláncok (plázák, szupermarketek, márkaboltok), amelyek már elegendő forgalommal rendelkeznek ahhoz, hogy rengeteg adatot tudjak gyűjteni, biztosan nem engednék, hogy ilyen jellegű kutatást végezzek, főleg ha az valamilyen módosítással is jár. Így maradtak a kisebb magánüzletek, amelyekben ugyan alacsonyabb a forgalom, de még elegendő a szükséges információ megszerzéséhez. Meglepő módon, a várakozásaimmal ellentétben, Gödöllő belvárosában viszonylag könnyen sikerült is találnom egy olyan ruhaüzletet, amely rendelkezik két alkalmas próbafülkével és a tulajdonos beleegyezését adta, hogy módosíthatom a próbafülkék világítását, illetve elvégezhetem a kutatást.

A próbafülkék alapvetően nem rendelkeztek semmilyen beépített pluszvilágítással, csak az üzlet általános megvilágításáért felelős mennyezeti LED panelek egyike szolgáltatja a fényt. Tipikus példája a rosszul megvalósított próbafülke-világításoknak [7], amikor két fülkére jut egy világítótest és ennek következtében egyikben sincs elég fény, így ez számomra tökéletes körülményeket biztosított, hogy kiépítsem a saját világítási rendszeremet (4.1. ábra).



4.1. ábra. A próbafülkék [saját kép]

Itt szükség volt egy megbeszélésre a konzulensemmel, hogy minden rendben van-e a kiválasztott ruhabolttal kapcsolatban, és szakvélemény szerint is alkalmas legyen a kutatás elvégzésére. Miután a körülmények megfelelőnek bizonyultak alaposan felmértem az üzletet, azaz kiszámoltam a helyiség alapterületét, lemértem a próbafülkék méretét, megvizsgáltam az áramellátás lehetőségeit és a mennyezeti LED panelek tulajdonságait (színhőmérséklet, teljesítmény, fényáram stb.). Az ott lévő világítótestek tulajdonságai közül elsősorban a színhőmérséklet az, ami számomra fontos, ugyanis ehhez kell majd igazítanom a saját világításom színhőmérsékletét is. Eredetileg három próbafülke található az üzletben, de a harmadik fülke mérete nagyobb, mint a másik kettőé, illetve az elrendezése is más, így azt már a legelején kizártam a vizsgálatból és oda nem is terveztem világítást. Emellett készítettem a boltról egy alaprajzot, amely tartalmaz minden szükséges információt (4.2. ábra).



4.2. ábra. Az üzlet alaprajza [saját ábra]

A 4.2. ábrán megfigyelhető, hogy a kutatásban részt vevő két próbafülke mérete megegyezik, illetve a tükrök elrendezése és mennyisége is azonos, egy szóval a projektem szempontjából egynek tekinthetők, ez jó hír, mivel így a folyamat nem csak egy fülkére korlátozódik le.

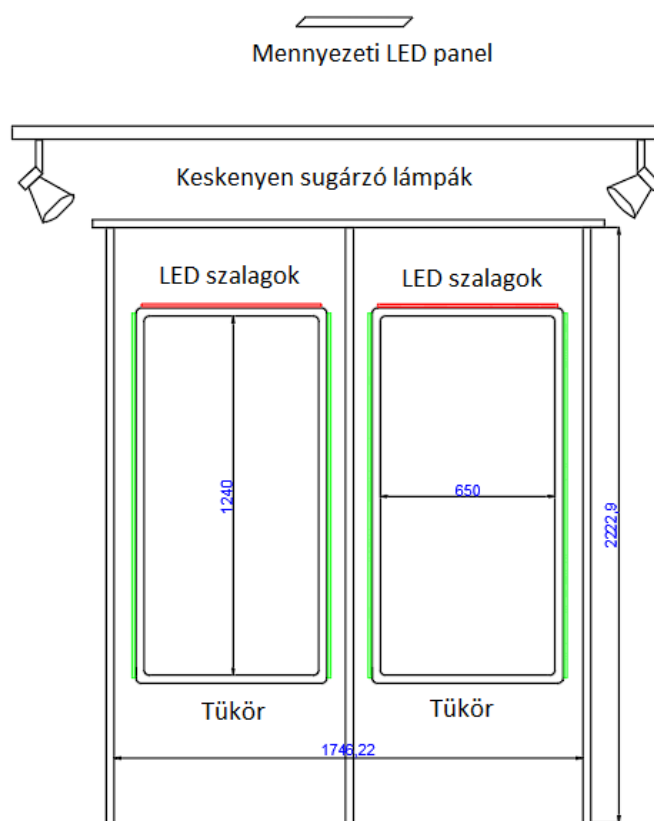
4.2. A világítás megtervezése, anyagbeszerzés és megvalósítás

4.2.1. A világítás megtervezése

A világítás megtervezése során, ahogy azt már korábban említettem, az egyik legfontosabb szempont az volt, hogy a színhőmérséklet igazodjon az eredeti világításéhoz. A mennyezeti LED panelek színhőmérséklete 6400 kelvin, ami a hideg fehér tartományba esik (5300 kelvin fölött már hideg fehérről beszélhetünk) [2]. Ebből következik, hogy olyan fényforrásokat kell válasszak, amelyek színhőmérséklete 6000

kelvin és 7000 kelvin között mozog, így a színes árnyékok képződése még elhanyagolható, nagyobb eltérés esetén már feltűnő és zavaró lenne ez a hatás [8]. A másik nagyon fontos szempont a fényforrások színvisszaadása, azaz a CRI index, ma már a beltéri világításra szánt fényforrások CRI indexe nem lehet 80 alatt [8]. A hagyományos izzók színvisszaadása 100-as értékű, azaz fényüknél az emberi szem minden színt úgy érzékel, mint a napfénynél, tehát törekedni kell rá, hogy a választott lámpák fénye minél közelebb legyen a 100-as értékhez, így áll a felpróbált ruhák színe a legközelebb a természeteshez [8]. A világítást „A próbafülkék-világítása” című alfejezetben leírt elméleti alapok alapján igyekeztem megvalósítani [6, 7].

A szemből érkező fő megvilágítást LED szalaggal terveztem megoldani, amely a szemközti tükör tetejére és oldalára kerül majd, fontos, hogy nem lehet kápráztató hatású. A mennyezeti LED panel biztosítja a felülről érkező fényt és ezt egészíti ki még egy fentről oldalasan beérkező szórt fény, amelyet egy keskenyen sugárzó lámpatest biztosít (4.3. ábra).



4.3. ábra: A próbafülkék vázlata [saját ábra]

A 4.3. ábrán megfigyelhető a két próbafülke vázlatos felépítése szemből nézve, a pirossal jelzett LED szalagot (tükör teteje) és a zölddel jelzett LED szalagot (tükör oldala) külön áramkorról fogom működtetni, így ezek egymástól függetlenül szabályozhatóak. A két próbafülke működtetés szempontjából egynek tekintető, mivel azonos paraméterekkel rendelkezik. Az előbbiekből következik tehát, hogy a fővilágítás működtetéshez az áramkört ketté kell majd bontanom, és szükség lesz két külön tápegységre (tükör teteje és a tükör oldala), illetve két dimmerre (fényáram-szabályozó berendezés [2]) is. A keskenyen sugárzó lámpatestek eleve külön működtethetőek és beépített tápegységgel rendelkeznek, így azok ilyen szempontból nem befolyásolják az áramkört.

A következő lényeges szempont a tápellátás kérdése volt. Először a próbafülkék mellett található raktárhelyiségből terveztem áthozni a hálózati feszültséget, mivel az volt erre alkalmas. Az első gondolatom az volt, hogy a legszélső, harmadik próbafülke raktárral határos falára elhelyezek egy kötődobozt, ahová tömszelencén keresztül be- és kivezetem a kábeleket és a doboz belsejében elhelyezem majd a működéshez szükséges tápegységeket, illetve dimmereket. Ezzel több probléma is felmerült, ahhoz, hogy a kötődobozhoz eljutassam az áramot, át kellett volna fúrjam a raktár és a fülke között lévő falat, ennek viszont a tulajdonos nem örült, így maradt az a megoldás, hogy a fal mentén hosszabbító segítségével hozom ki a hálózati feszültséget. Ez viszont esztétikailag nem annyira szép. A nagyobbik probléma az ötlettel, hogy a tápegységek működés közben sok hőt termelnek, így azok melegedtek volna a doboz belsejében, ez előbb utóbb tűnkremenetelhez vezet. Erre megoldás, hogy felszerелеk egy ventilátort a doboz oldalára, amely folyamatosan keringeti a levegőt, ezzel hűtve az elektronikát. A ventilátoros megoldás viszont plusz költséggel és munkával járt volna, ugyanis be kellett volna szerezni a ventilátort és annak működtető elektronikáját, megmunkálni a doboz falát, hogy a ventilátor megfelelő helyen legyen, arról nem is beszélve, hogy ennek folyamatos zúgása egy plusz zajterheléssel járna. Másik ötletként merült fel bennem, hogy a fülkék szemközti tükrei mögött található némi hely, ahová hosszabbító segítségével odavezethetném az áramot. A működtető egységeket a tükör mögött helyezhetném el, de a tükör háta és a fal között lévő hely túl kicsinek bizonyult erre. Végül sikerült a legjobb megoldást kialakítanom, amely esztétikai szempontból is megállja a helyét és minimális többletköltsége van. Az üzletben álmennyezet található, amely panelekből tevődik össze, ezeknek a paneleknek a helyére építették be a mennyezeti LED világítást. Szerencsére ezek a panelek és a LED lámpák is könnyedén

felemelhetőek, az álmennyezet és a tényleges plafon között egy körülbelül 30 centiméteres légrés található, és a mennyezeti LED panelek innen kapják a hálózati feszültséget. Ez a megoldás tökéletesnek bizonyult, hiszen az egyik LED panel elől párhuzamosan leágaztatva hozzá tudtam férni a hálózati feszültséghez és a légrés is elegendő nagyságú, ahhoz, hogy a tápegységek természetes módon szellőzzenek. Így az átlagember számára megérinthatetlen helyen található, és érintésvédelmi szempontból is megállja a helyét. A vezetékek pedig kábelcsatorna segítségével könnyedén eljuttathatóak a tükröktől az álmennyezet fölé.

4.2.2. A világítási képek kialakítása

A világítási képek kialakítása során a fő szempont az volt, hogy viszonylag kevés képből jól értékelhető és összevethető eredmények születhessenek. A konzulensem segítségével hat világítási képet sikerült meghatároznom, amelyek a következők:

- 1. Világítási kép: Minden LED szalag 100% + keskenyen sugárzó lámpa + áruházi általános világítás.
- 2. Világítási kép: Minden LED szalag 100% + áruházi általános világítás.
- 3. Világítási kép: Tükör teteje 25%, oldala 100% + keskenyen sugárzó lámpa + áruházi általános világítás.
- 4. Világítási kép: Tükör teteje 100%, oldala 25% + keskenyen sugárzó lámpa + áruházi általános világítás.
- 5. Világítási kép: Tükör teteje 25%, oldala 25% + keskenyen sugárzó lámpa + áruházi általános világítás.
- 6. Világítási kép: Csak az áruházi általános világítás.

A világítási képek meghatározásánál fontos szempont volt, hogy a LED szalagok 25%-os fényáramát ne megvilágításmérő műszerrel mérve, hanem szemre állítsam be. Látásunk alapja logaritmikus [2], de a dimmerek karakterisztikája viszont nem, így, amit a szemünkkel 25%-nak érzékelünk az a valóságban elképzelhető, hogy csak egy nagyon kis része a 100%-os fényáramnak.

4.2.3. LED szalagok és a keskenyen sugárzó lámpák

A LED szalagok esetén először COB (Chip On Board) technológiás szalagokban gondolkodtam, mivel ezek nagyon szép, folyamatos fényt bocsátanak ki, kiváló fényhasznosítással rendelkeznek, és magas a méterenkénti LED számuk, illetve a vágási pontok is kellően sűrűk és a névleges fényáramuk is nagy (kb. 1000 lm). Ráadásul az alumínium-kerámia hordozó kiemelkedő hőelvezetési képességgel rendelkezik. Ez még viszonylag új technológia, így kicsi a termékválaszték, ehhez pedig magas ár társul. Nem találtam olyan szalagot, ami 90-es CRI indexszel rendelkezne, ezért ezt a megoldást elvetettem, mivel az elsődleges szempont számomra a színvisszaadás volt. [9]

Ezt követően áttértem az SMD (Surface Mount Device) technológiás LED szalagokra, amelyek nagymértékben elterjedtek mára és sokféle található a piacon. A választott LED szalag (4.4. ábra) a következő tulajdonságokkal rendelkezik: 24 V-os tápfeszültség, 20 W/m-es teljesítmény, 90-es színvisszaadás, 6000 K-es hideg fehér színhőmérséklet és 10 mm-es szélesség, dimmelés lehetősége, illetve 1920 lm/m fényáram. A szalag könnyen testre szabható, mivel 2,5 centiméterenként rendelkezik vágási ponttal és egy szakaszon 7 darab LED chip található, illetve 2 darab előtét-ellenállás (100 Ω). Az SMD LED-ek típusa 2110, ami a chipek méretére utal (2,1 mm hosszúság és 1,0 mm szélesség) [10]. Az előbb említett adatokból könnyen kiszámolható a fényhasznosítás a fényáram és a teljesítmény hányadosaként [4] (4.1. egyenlet):

$$\eta = \frac{1920 \text{ lm}}{20 \text{ W}} = 96 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

(4.1. egyenlet)

A keskenyen sugárzó lámpának egy egyszerű 7 W-os lámpatestet választottam (4.5. ábra), amely E14-es foglalattal rendelkezik. A lámpatestbe választott fényforrás egy úgynevezett LED gyertya, E14-es fejfel ellátva, ami 80-as színvisszaadással és 6400 K hideg fehér színhőmérséklettel rendelkezik. Itt nem volt annyira prioritás a magasabb színvisszaadású fényforrás, mivel ez csak nagyon kis hányadát szolgáltatja a teljes világításnak.



4.4. ábra. LED szalag [<https://ledium.hu/>]

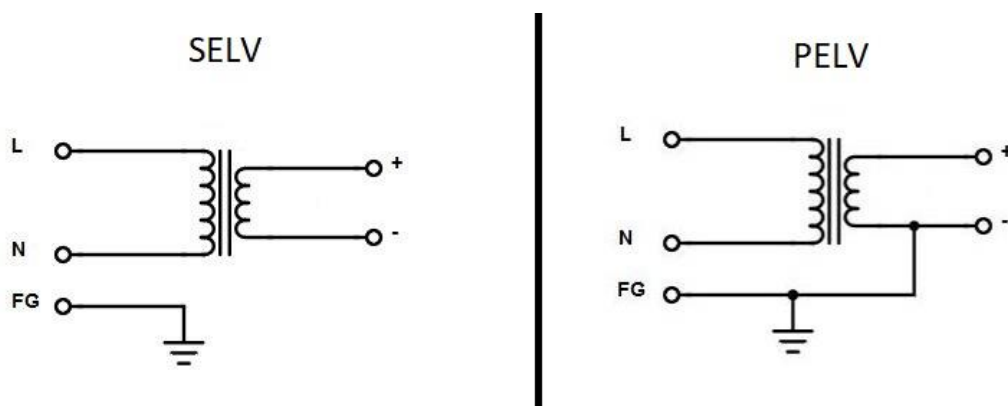


4.5. ábra. Keskenyen sugárzó lámpa [<https://www.ikea.com/hu/hu/>]

A LED szalagok rögzítésére a legkézenfekvőbb megoldás az alumínium profilban történő elhelyezés. Ez több szempontból is a legoptimálisabb, ugyanis mechanikai tartást biztosít, elvezeti a működés keletkező hőt és a profilt egyszerűbben lehet rögzíteni a tükör keretéhez, mint a LED szalagot önmagában. Olyan profilt választottam, ami egyrészt megfelel a LED szalag szélességéhez, másrészt alkalmas diffúzor rögzítésére. A diffúzor egy olyan takaró lemez, amely megszünteti a fényforrás kápráztató hatását úgy, hogy annak színhőmérsékletét és fényáramának intenzitását elhanyagolható mértékben befolyásolja [7]. Jelen esetben a használata elengedhetetlen, hiszen a tükör előtt állva közvetlenül belenézünk a LED szalagba [7]. A konzulensem felhívta a figyelmemet egy kifejezetten fontos dologra; a diffúzor síkja nem kerülhet hátrébb, mint a tükör síkja, máskülönben az árnyékos részeket idéz elő, ezért erre a rögzítésnél figyelni kell. A keskenyen sugárzó lámpák felszerelésére tökéletesnek bizonyult a fürtek fölött található fűtéseső.

4.2.4. Tápegységek

A LED szalagok működtető feszültségének biztosításához két tápegységre volt szükségem. Mivel a jó színvisszaadás miatt nagy teljesítményű LED szalagokat szereztem be, ezért ezek működéséhez már nem elegendő a 12 V-os tápfeszültség, 24 V kellett. A LED szalagok alumíniumprofilban történő rögzítése miatt különösen fontos szempont volt, hogy a választott tápegység rendelkezzen SELV tanúsítvánnyal. A SELV (Safety Extra Low Voltage) szó az angol mozaikszóból fordítva földetlen érintésvédelmi törpefeszültség. Röviden összefoglalva annyit jelent, hogy még a tápegység meghibásodása esetén sem léphet fel a primer oldali feszültség a szekunder oldalon, azaz a hálózati 230 V feszültség semmiképp nem jelenhet meg a tápegység kimenetén [4] (4.6. ábra). Érintésvédelmi szempontból ez egy fontos intézkedés, hiszen az alumínium kiválóan vezeti az áramot és könnyedén megérintható helyen található.



4.6. ábra: Transzformátorok földelésének módjai [11]

Eddig tehát tudjuk, hogy a tápegységnek rendelkeznie kell SELV tanúsítvánnyal az érintésvédelmi szempontok miatt, illetve a szekunder oldal 24 V-os feszültséget kell biztosítson, de mi az, ami még hiányzik? A válasz: mekkora teljesítménye legyen az eszköznek. Ez az érték pár egyszerű képlettel könnyedén kiszámolható, ehhez viszont tudnunk kell néhány alapvető paramétert. Első lépésben fontos leszögezni, hogy a LED szalagok teljesítménye mindig méterenként van megadva, jelen esetben ez az érték 20 W/m. A másik rendkívül fontos dolog, hogy minden esetben párhuzamosan kell kötni a LED szalagokat, ugyanis soros bekötés esetén a távolság növekedésével folyamatosan csökken a feszültség [12], ezzel együtt a fényáram értéke is. Ezen tényből kiindulva, tehát fontos tudnunk, hogy összesen milyen hosszúságú LED szalag kerül fel a tápegység

kimenetére. A tükör tetejének hossza 65 centiméter, magassága 124 centiméter, de teljes hosszúságban nem lesz rajta világítás, így a tetején oldalanként 5-5 centiméter, míg a szélein oldalanként 8-8 centiméter csökkenéssel lehet számolni. Ezt követően a tükör tetejére kapott értékeket megszorozzuk kettővel, míg a tükör oldalára kapott értéket megszorozzuk négyvel, ugyanis ennyi oldal van a próbafülkékben, ahova LED szalag kerül, így megkapjuk a teljes hosszúságot. A számítás során még egy fontos szempontot figyelembe kell venni, mégpedig, hogy a tápegységek terheltsége ne haladja meg a névleges teljesítmény 85%-át, máskülönben a hosszú távú üzemelés során a túlzott hődisszipáció következtében az eszköz károsodni fog [12]. Ezért mindig nagyobbra kell méretezni a berendezés teljesítményét, az sosem baj, ha egy tápegység túl van méretezve, az alulméretezés viszont mindig probléma.

A tápegységek szükséges teljesítményének kiszámítása (4.2. és 4.3. egyenlet):

1. Tápegység: A tükör teteje:

$$\begin{aligned}(0,65 \text{ m} - (2 * 0,05 \text{ m})) * 2 &= 1,1 \text{ m} \\ 1,1 \text{ m} * 20 \text{ W} &= 22 \text{ W} \\ (22 \text{ W} * 0,15) + 22 \text{ W} &= 25,3\end{aligned}$$

(4.2. egyenlet)

2. Tápegység: A tükör oldala:

$$\begin{aligned}(1,24 \text{ m} - (2 * 0,08 \text{ m})) * 4 &= 4,32 \text{ m} \\ 4,32 \text{ m} * 20 \text{ W} &= 86,4 \text{ W} \\ (86,4 \text{ W} * 0,15) + 86,4 \text{ W} &= 99,36 \text{ W}\end{aligned}$$

(4.3. egyenlet)

A kiszámolt teljesítményértékek azok a minimális értékek, amelyekkel már biztonságosan működtetni tudnám az áramkört. Ilyen paraméterekkel elképzelhetetlen tápegységet kapni, mivel ezeknek a gyártása is szabványértékek szerint történik, kivéve egyedi gyártás esetén, de itt erre abszolút nincs szükség. Bőséges túlméretezéssel a tükrök tetején található LED szalagokhoz egy Scharfer márkájú 60 W teljesítményű tápegységet (4.7. ábra), míg a tükrök oldalán található LED szalagokhoz szintén egy Scharfer márkájú 150 W teljesítményű tápegységet választottam (4.8. ábra).



4.7. ábra. 60 W-os tápegység [<https://www.ledvonal.hu/>]



4.8. ábra. 150 W-os tápegység [<https://www.ledvonal.hu/>]

A választott tápegységek kültéri felhasználásra is alkalmasak lennének, mivel IP 67-es védelemmel rendelkeznek (teljes porállóság, vízállóság 1 méterig [2]), de jelen esetben erre nem volt szükség.

4.2.5. Dimmerek

A 6 világítási kép megvalósításához szükség volt arra, hogy a LED szalagok fényárama szabályozható legyen, ennek eszköze a dimmer [4]. Ahhoz, hogy a tükrök tetején és oldalán található LED szalagok külön-külön szabályozhatóak legyenek, két dimmerre volt szükségem. Itt is fontos szempont volt, hogy a dimmer 24 V-os tápfeszültségről működjön, illetve tudnom kellett, hogy mekkora a terhelhetősége. A terhelhetőséget áramban és teljesítményben szokták megadni, tehát először azt kellett kiszámolnom, hogy a dimmerekre mekkora terhelést fogok tenni. A „Tápegységek” alfejezetben már kiszámoltam, hogy a LED szalagok teljesítménye mekkora, és azt is tudjuk, hogy a működtető feszültség 24 V. Mivel egyenáramú hálózatról beszélünk, ezért a teljesítmény megegyezik a feszültség és az áram szorzatával [12], így nincs más hátra, mint átrendezni

a képletet és megkapom mekkora a terhelő áram nagysága (4.4. és 4.5. egyenlet). Itt is érdemes maximum 85%-os terhelésre méretezni:

1. Dimmer: A tükör teteje:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{22 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 0,9167 \text{ A}$$
$$(0,9167 \text{ A} * 0,15) + 0,9167 \text{ A} = 1,054 \text{ A}$$

(4.4. egyenlet)

2. Dimmer: A tükör oldala:

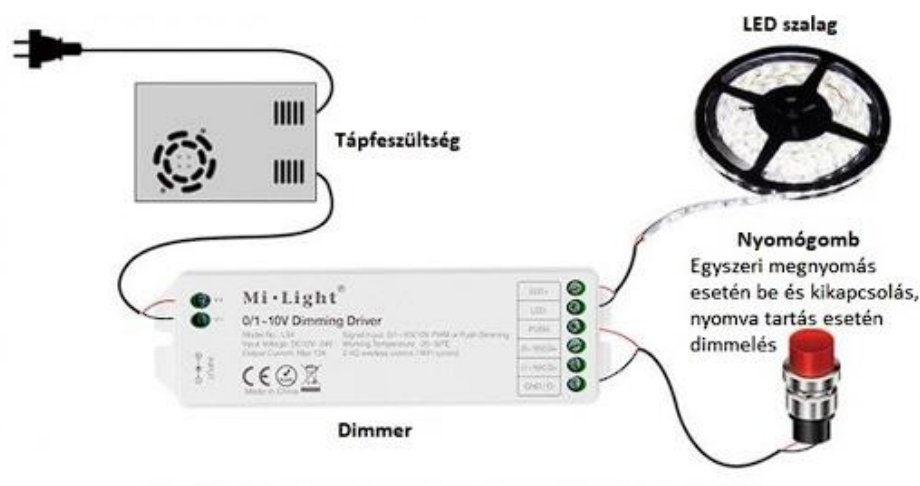
$$I = \frac{P}{U} = \frac{86,4 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 3,6 \text{ A}$$
$$(3,6 \text{ A} * 0,15) + 3,6 \text{ A} = 4,14 \text{ A}$$

(4.5. egyenlet)

Először egy úgynevezett okos dimmert választottam, ami 12 A-es terhelhetőséggel és 24 V-os működtető feszültséggel rendelkezett. Ez az eszköz többféle dimmelési módot biztosított:

- Dimmelés mobilapplikáció segítségével wifiboxon keresztül.
- Dimmelés nyomógomb segítségével.
- Dimmelés távirányító segítségével.
- Dimmelés 10 V PWM jel segítségével.
- Dimmelés 0/1 ~ 10 V szabályzási módszerrel.

A felsorolt módszerek közül a nyomógomb segítségével történő fényáram-szabályozás mellett döntöttem, mivel ehhez nem kellett külön kiegészítő eszközök, csak két nyomógomb. A „Tápegységek” alfejezetben említett fényáramveszteség miatt a LED szalagok bekötése a dimmer kimenetén szigorúan csak párhuzamos lehet! A dimmer bemenetére a tápegység kerül, kimenetére pedig a LED szalagok mellett a nyomógomb (4.9. ábra).



4.9. ábra. Okos dimmer bekötése nyomógombbal történő működtetés esetén
[<https://www.ledvonal.hu/>]

Az előzetes otthoni tesztek során a dimmer működésével kapcsolatban problémák merültek fel, ugyanis a nyomógomb segítségével beállított fényáramértéket áramtalanítás után az eszköz elfelejtette. Ez a hibajelenség azért volt érdekes, mert a tápfeszültség visszatérte után az eszköz minden esetben pontosan 3 percre még megtartotta az előzetesen beállított értéket, majd az idő letelte után visszaállt 100%-ra. Ez igen érdekes viselkedés, hiszen a dimmer képes volt arra, hogy tápfeszültség nélkül bármeddig eltárolja a beállított értéket, viszont annak visszatérése után 3 perc után el is felejtette. Sajnos az üzletben minden egyes zárás alkalmával központilag áramtalanítanak mindent, így ez a megoldás nem volt működőképes. Ezt követően az okos dimmerek helyett már manuálisban gondolkodtam, azokkal biztosan nem fordul elő ilyen jellegű probléma. A választott dimmer egy manuális potenciométer segítségével üzemeltethető eszköz, működtethető 12 és 24 V-os feszültségről is, 24 V esetén a terhelhetősége 8 A (4.10. ábra).



4.10. ábra. Manuális dimmer [<https://www.anrodiszlec.hu/>]

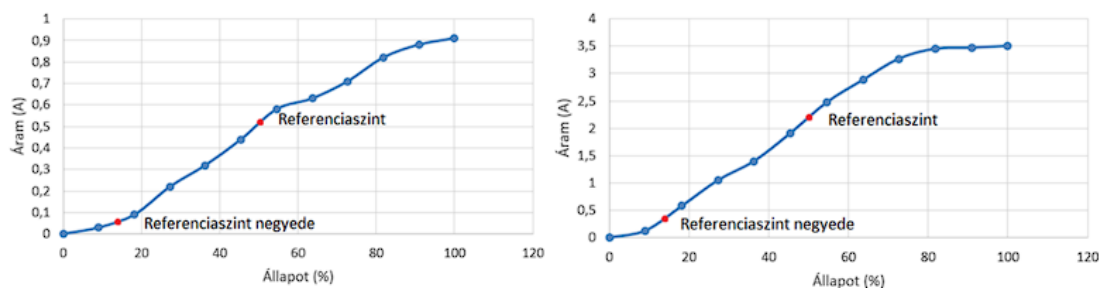
Az előzetes tesztelések során már egyértelművé vált, hogy a LED szalagok 100%-os fényáram mellett üzemeltetve nagyon kápráztató hatásúak. Ez természetesen nem maradhat így, ezért addig csökkentettem a fényáramértékét, amíg el nem érte azt a szintet, ahol már nem volt kápráztató hatása, és ez lett az új 100%. A kialakított világítási képek esetén már ez a referenciaszint lett az az érték, amelyhez képest beállítottam a fényáram körülbelül 25%-át. Mindkét dimmer esetén kimértem, hogy mekkora áramot vesz fel az eszköz a potenciométer adott elfordulása esetén. A mérést egy multiméter segítségével hajtottam végre, amelyet a dimmer után sorosan árammérő állásban üzemeltettem. A dimmer adatlapjából kiolvastam, hogy mekkora szögben állítható a potenciométer (0° - 300°), ezt felosztottam 12 egyenlő részre és minden állásban megmértem az áramerősséget (4.1. táblázat, 4.2. táblázat). A mért értékek alapján ábrázoltam a karakterisztikákat és megjelöltem rajta hogy én mely pontban üzemeltetem az eszközöket (4.11. ábra).

4.1. táblázat. Tükör tetejéhez tartozó adatok [saját táblázat]

Fordulat ($^\circ$)	Állapot (%)	Áram (A)
0	0	0
27,27	9,09	0,03
54,54	18,18	0,09
81,81	27,27	0,22
109,08	36,36	0,32
136,35	45,45	0,44
163,62	54,54	0,58
190,89	63,63	0,63
218,16	72,72	0,71
245,43	81,81	0,82
272,7	90,9	0,88
299,97	99,99	0,91

4.2. táblázat. Tükör oldalához tartozó adatok [saját táblázat]

Fordulat (°)	Állapot (%)	Áram (A)
0	0	0
27,27	9,09	0,13
54,54	18,18	0,58
81,81	27,27	1,05
109,08	36,36	1,4
136,35	45,45	1,91
163,62	54,54	2,47
190,89	63,63	2,88
218,16	72,72	3,27
245,43	81,81	3,45
272,7	90,9	3,47
299,97	99,99	3,5



4.11. ábra. (jobbra) Tükör tetejéhez tartozó dimmer állapot-áram karakterisztikája; (balra) Tükör oldalához tartozó dimmer állapot-áram karakterisztikája [saját ábra]

A karakterisztikákon (4.11. ábra) megfigyelhető, hogy ugyan szemre a fényáram negyedét érzékelttem, de áramfelvétel szempontjából mégis sokkal kisebb hányada a referenciaszintnek. A grafikonról leolvasható két áramerősség osztáshányada megmutatja, mekkora eltérés van az értékek között (4.6., 4.7. és 4.8. egyenlet):

1. Dimmer: A tükör teteje:

$$\frac{0,07 \text{ A}}{0,51 \text{ A}} = 0,137$$

(4.6. egyenlet)

2. Dimmer: A tükör oldala:

$$\frac{0,3 \text{ A}}{2,2 \text{ A}} = 0,136$$

(4.7. egyenlet)

A változás aránya:

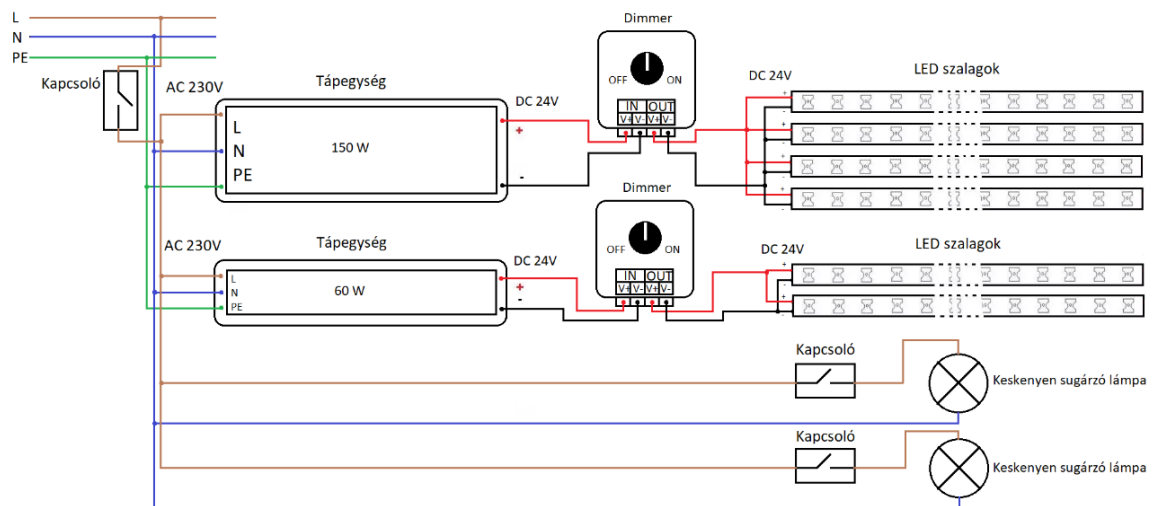
$$\frac{1}{0,1365} = 7,326$$

(4.8. egyenlet)

A kapott eredmények egyértelműen alátámasztják az elvártakat, miszerint a logaritmikus léptékű, szemünkkel érzékelt [2] negyedakkora fényáramváltozás abszolút nem arányos a felvett árammal, ugyanis az utóbbi sokkal nagyobb arányban változik.

4.2.6. Kapcsolási rajz és a kiegészítő elemek

Eddig beszereztem tehát a fényforrásokat és a hozzájuk szükséges működtető egységeket, ám ahhoz, hogy megfelelően kiépítsem a rendszert, még számos kiegészítő elemre volt szükségem. Az első lépésként a már meglévő eszközökhöz készítettem egy kapcsolási rajzot, amely tartalmaz minden szükséges elemet (4.12. ábra).



4.12. ábra. A kiépített világítás kapcsolási rajza [saját ábra]

Elektronikai szempontból már csak vezetékekre, valamilyen sorkapcsokra és egy kapcsolóra volt szükségem. A kapcsolónak egy egyszerű kétállású fali kapcsolót választottam, fehér színben. A keskenyen sugárzó lámpatestek és a tápegységek primer oldala tartalmazott saját kábelt, így csak a tápegység szekunder oldala utáni részre kellett

vezeték beszereznem, mivel itt már 24 V biztonsági törpefeszültségről beszélünk, ezért nem volt szempont a dupla szigeteltség [2].

Először is tudni kellett, mekkora terhelés lesz a vezetékeken, azaz, mekkora áram fog átfolyani rajtuk, mivel a vezetékek terhelhetőségét keresztmetszet alapján szokták megadni, illetve feszültségeséssel is számolnak [13], ami az én esetemben ez abszolút elhanyagolható. A „Dimmerek” alfejezet esetén már kiszámoltam, mekkora áramot fognak felvenni a LED szalagok, így már csak egy szabvány keresztmetszetet kellett hozzá választani (4.3. táblázat).

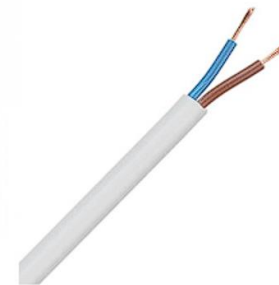
4.3. táblázat. Vezeték keresztmetszetekhez tartozó maximális megengedett áramerősség [11]

A vezető keresztmetszete mm ²	Megengedett terhelés „A” www.novill.hu						Biztosító betétek
	A csoport		B csoport		C csoport		
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	
0.5	7	-	10	-	13	-	-
0,75	10	-	13	-	16	-	-
1	12	-	16	-	20	-	6
1.5	16	13	20	17	25	22	10
2.5	21	16	27	21	34	27	16
4	27	21	36	29	45	35	20
6	35	27	47	37	57	45	25
10	48	36	65	51	78	61	35
16	63	51	87	68	104	82	50
25	83	65	115	90	137	107	63
35	110	86	143	112	168	132	80
50	140	110	178	140	210	165	100
70	175	140	220	173	260	205	125
95	215	175	265	210	310	245	160
120	255	205	310	245	365	285	200
150	295	235	355	280	415	330	250
185	340	270	405	320	475	375	315
240	400	300	480	380	560	440	400
300	470	375	555	435	645	510	500
400	570	455	690	540	770	605	630
500	660	530	820	640	880	690	-

A számított értékek esetén megfigyelhető, hogy az áramerősség értéke a leghosszabb LED szalag szakaszon sem éri el az 5 amper, így bőven elég az „A” csoport 0,5 négyzetmilliméteres rézvezetéke, ugyanis az 7 amperig terhelhető. A választott vezeték, tehát 2 x 0,5 négyzetmilliméteres sodort érpár piros és fekete szigeteléssel a színhelyesség miatt, mivel itt már egyenáramú hálózatról van szó (4.13. ábra). Ma már új szabvány van életben (MSZ HD 60364-5-52:2011), a 3.3. táblázatban szereplő értékek a régi szabványhoz tartoznak (MSZ 14550-1:1979), de ilyen kis fogyasztók esetén ez a méretezés teljes mértékben megállja a helyét. A kétállású fali kapcsoló esetén 230 V hálózati feszültséget kell majd kapcsolni, ezért oda külső szigeteléssel ellátott 2 x 1 négyzetmilliméteres szintén sodort érpáros barna és kék színű kábelt választottam (4.14. ábra).



4.13. ábra. $2 \times 0,5 \text{ mm}^2$ piros-fekete
vezeték-pár [<https://www.acreedor.hu/>]

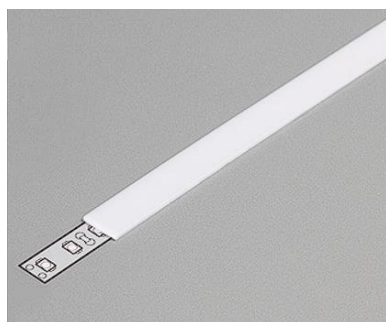


4.14. ábra. $2 \times 1 \text{ mm}^2$ külső szigeteléssel
ellátott kábel (barna-kék vezeték-pár) [<https://errebishop.com/>]

A kapcsolási rajzon szereplő csomópontok létrehozására oldható wago típusú sorkapcsokat használtam fel, ez egy egyszerű megoldás, megbízható, hiba esetén könnyedén orvosolható, átépíthető és olcsó is. A kábeleket és vezetékeket kábelcsatornán kell majd felvezetni a tükörtől az álmennyezetig, ez a legjobb opció, így erre vásároltam egy $20 \times 40 \text{ mm}$ méretű 2 méter hosszú szálát, továbbá egy $20 \times 10 \text{ mm}$ -es szállat is, és ebben terveztem a tükrök mögül elvinni a vezetékeket az előbb említett nagyobb kábelcsatornáig. A LED szalag rögzítéséhez a tükörré még viszonylag sok kiegészítő elemre volt szükségem, először is az alumíniumprofilt kellett kiválasztani. Lényeges szempont volt, hogy a profilt és a diffúzort ugyanonnan rendeljem, mint magát a LED szalagot, ugyanis ellenkező esetben előfordulhat, hogy nem összeegyeztethető a méretük. A profilok esetén már számtalan formájú és méretű áll rendelkezésre, a LED szalagom szélessége 10 mm , így az elsődleges szempont ez volt, egy egyszerű U alakú profilt választottam (4.15. ábra), amelyet kiegészít a belecsúsztatható opál előlap (4.16. ábra).



4.15. ábra. Alumínium LED profil [<https://ledium.hu/>]



4.16. ábra. Alumínium LED profilba csúsztatható opál diffúzor (előlap) [<https://ledium.hu/>]

Az előzetes tesztek során a LED szalag fizikailag annyira beleszorult a profilba, hogy a saját ragasztóján kívül nem vettem másikat. Az alumíniumprofilok végére még vásároltam fehér színű végzáró elemeket, ezek egyrészt esztétikailag szebbé teszik az összképet, másrészt a függőleges profilok esetén meggátolják, hogy a diffúzor kicsússzon. Szerencsére a tükrök egy 3 cm átmérőjű acélkerettel vannak ellátva, így ezt ki tudom használni a profilok rögzítésére. Az első gondolatom az volt, hogy valamilyen erős kétoldalú ragasztóval felragasztom a profilt a tükrök keretére, ez egy egyszerű megoldás lett volna. Tapasztalataim szerint a legtöbb ragasztó hónapok elteltével elenged és az én esetemben még melegeddel is kell számolni, így ezt az opciót hamar elvettem. Oldalirányú tartókban kezdtem el gondolkodni, amelyeket valamilyen módon rögzítek a kerethez és ezekre a konzolokra tudom majd rögzíteni a profilt is, benne a LED szalaggal. A megoldást egy úgynevezett ablak szegletvas jelentette (4.17. ábra), amelyet két csavar segítségével rögzíteni tudok a kerethez, a kiálló „L” alak pedig alkalmas lesz a profil felszerelésére. A szegletvas mérete 50 x 50 mm, vastagsága pedig 1 mm, a tükrök rövidebb

oldalára két vasat, míg a hosszabbik oldalára három vasat terveztem felszerelni, összesen tehát 16 darabra volt szükségem.



4.17. ábra. Ablak szegletvas [<https://shop.jkh.hu/>]

4.3. A kiépítés folyamata

A kiépítés körülbelül 6 munkaórát vett igénybe. Összekészítettem minden szükséges eszközt, beleértve az alkatrészeket és a szerszámokat, majd azokat autóval vittem el az üzletbe. Első lépésként a próbafülkék szemközti tükreit leemeltem a falban rögzített kampókról és felmértem a tetején és oldalain lévő pontos távolságot. A korábbi fejezetek során már meghatároztam mekkora hosszúságú LED szalagok fognak felkerülni a tükör tetejére és oldalaira (55 cm és 108 cm), így ezeket a távolságokat felmértem a keretre, úgy hogy azok középen helyezkedjenek el. A tükör teteje esetén a két végponttól befelé 5-5 centiméterre rögzítettem a két szegletvasat, míg az oldala esetén kiegészült egy harmadik köztes szegletvassal is. A szegletvasakat két önmetsző csavarral rögzítettem a kerethez, úgy, hogy azok kifelé álló részei egy síkban legyenek (4.18. ábra).



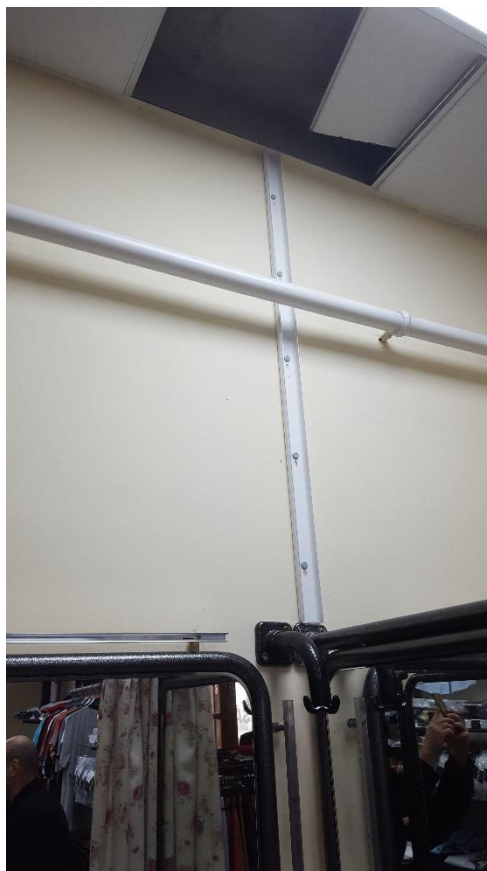
4.18. ábra. Tükör keretére rögzített szegletvasak [saját kép]

Ezt követően az alumíniumprofilokat kézi fűrész segítségével megfelelő méretűre vágtam oldalanként 1-1 centiméter ráhagyással, ugyanis a végző elemnek kell ekkora hely, máskülönben a LED szalagtól nem tud a helyére kerülni. A rögzítést átmenő csavarok és anyák segítségével terveztem megoldani, így a profilok közepén átmenő furatokat készítettem a szegletvasak megfelelő pozíciójában. A furatokat megsüllyesztettem, a megvásárolt csavarok is süllyesztett fejűek voltak, így azok egy síkba kerülnek a profillal és nem emelik meg a LED szalagot. Korábban már említettem, hogy a profilok rögzítése esetén a diffúzor síkja nem lehet hátrébb, mint a tükör lapja, máskülönben árnyékok képződnek. A jelenlegi megoldással ez a feltétel nem teljesült volna, így egy 3D tervezőprogram segítségével terveztem egy távtartót, amely egy 20 mm magas 8 mm átmérőjű henger, közepén egy 5 mm átmérőjű átmenő furattal. Ez a távtartó a csavarra kerül majd a profil és a szegletvas közé, megemelve a köztük lévő távolságot. Ezzel a megoldással pedig a diffúzor síkja már előrébb került, mint a tükör felülete. Következő lépésként rögzítettem a profilokat a kerethez, és a tükröket visszatettem a helyükre (4.19. ábra).



4.19. ábra. A tükör keretére felszerelt alumínium profilok [saját kép]

Ezt követően lemértem mekkora a pontos távolság a próbafülkék magassága és az álmennyezet között, majd a kézi fűrész segítségével levágtam a 40 x 20 mm-es kábelcsatornából ezt a méretet (1,5 m). Az álmennyezet és a fal találkozásánál egy acél perem található, amelyből kivágtam egy darabot, ami megegyezik a kábelcsatorna szélességével, majd ezt lesorjaztam, így a vezetékek már gond nélkül fel tudnak jutni a plafon fölé. A kábelcsatornán 25 centiméterenként voltak rögzítési furatok, ezt kihasználva ezen pozíciókban kifűrtam a falat, és a furatokban tiplit helyeztem el. A kábelcsatornát a helyére illesztettem, és a furatokba műanyag rögzítő stiftekelt helyeztem. Mivel súlyt nem fog tartani ezért ez a megoldás bőven elég volt ide (4.20. ábra).



4.20. ábra. A falra rögzített fő kábelcsatorna [saját kép]

A profilokból kilépő vezetékek ezzel a megoldással még szem előtt lettek volna, ezért a kábelcsatornától kimértem, mekkora távolságra van a tükrök kereteinek teteje. A kisebbik kábelcsatornából (20 x 10 mm) levágtam a kimért távolságot, amely oldalanként egy függőleges és vízszintes darabból tevődött össze. A kábelcsatornák illeszkedési pontjainál kivágtam az oldalakat, hogy a vezetékek át tudjanak lépni egyikből a másikba. Ebben az

esetben is rögzítő furatokat készítettem a falban, amelyekbe elhelyeztem a tiplit, majd a műanyag rögzítő stifteket segítségével felszereltem a kábelcsatornákat (4.21. ábra).



4.21. ábra. A fő kábelcsatornát kiegészítő mellék kábelcsatornák [saját kép]

A LED szalagokat úgy terveztem bekötni, hogy azok bekötési pontjai mindig a legközelebb essenek a kábelcsatornához. Az elektronikát (tápegységek és dimmereket) elhelyeztem az álmennyezet fölé és megmértem, hogy a legtávolabb eső ponthoz mennyi vezetékre van szükség. Ez a távolság 2 méter és 70 centiméter volt, erre ráhagytam még 30 centimétert, így a piros-fekete sodort érpárból levágtam 6 darab 3 méteres szakaszt. A vezetékek végeiről eltávolítottam a szigetelést és az egyik oldalon előőnoztam őket. A LED szalagokat szintén feldaraboltam a megfelelő méretre és egy forrasztópáka segítségével az egyik oldalára ráforrasztottam a két vezetéket, ügyelve a helyes polaritásra (piros = +, fekete = -). A forrasztást zsugorcsővel láttam el, ezzel minimalizálva a rövidzár kockázatát. A LED szalagok aljáról eltávolítottam a védőréteget és egyenletesen beleragasztottam a profilba őket. A véglezáró elemek felét akkora furattal láttam el, hogy a vezeték pár átférjen rajta, majd ezeken áthúztam a vezetékeket, a profilok másik oldalára pedig egyszerűen bepattintottam az elemeket. Egy olló segítségével feldaraboltam a diffúzorokat, olyan hosszúságra, mint a profilok, majd a vágatba csúsztattam őket. A furattal ellátott véglezáró elemet is a helyére pattintottam és ezzel helyére került minden (4.22. ábra).



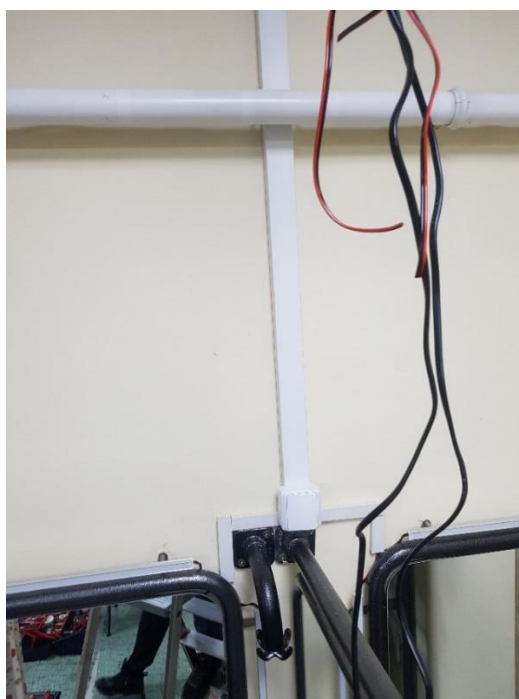
4.22. ábra. LED szalaggal és diffúzorral ellátott alumíniumprofilok [saját kép]

A vezetékeket behúztam a kábelcsatornába, felvittem az álmennyezet fölé őket, majd felhelyeztem a kábelcsatornák fedelét. A keskenyen sugárzó lámpák kábeleinek végéről eltávolítottam a dugvillát, és eltávolítottam a vezetékekről a szigetelést, hiszen ezek sem konnektorba lesznek bekötve. Ezek a lámpatesteket 3 méteres kábellel látták el, ez pedig bőben elég hosszúságúnak bizonyult. A gyári állítható elem segítségével rögzítettem a lámpát a próbafülkében található fűtéscsőre, a kábeleket pedig elvezettem a cső hátulján a kábelcsatornáig, amit egy furattal láttam el, hogy be tudjam húzni rajta azt. A fűtéscsőre fehér szigetelőszalag segítségével ragasztottam fel a keskenyen sugárzó lámpák kábelét, így ez esztétikai szempontból sem rontja az összképet (4.23. ábra).



4.23. ábra. A fűtéscsövön rögzített keskenyen sugárzó lámpatestek [saját kép]

A kábelcsatornába még behúztam a dupla szigetelésű kábelt, amely a fali kapcsoló működéséhez szükséges. Sokat gondolkoztam rajta, hogy hova lehetne elhelyezni az említett kapcsolót, és végül egy egyszerű megoldást sikerült választanom. A fő kábelcsatorna fedelét átfúrtam két helyen és a kapcsoló rögzítési pontjain egy-egy átmenő csavar és anya segítségével fixáltam a fedélen, a kábelcsatorna legalján. Ez a pozíció még kényelmesen elérhető mindkét próbafülkéből és a fal újbóli megfűrészt is megspóroltam vele (4.24. ábra).



4.24. ábra. A fő kábelcsatornára felszerelt fali kapcsoló [saját kép]

Miután minden fényforrás, elektronikai alkatrész és kiegészítő elem a helyére került, nem volt más hátra, mint a kapcsolási rajz alapján összekötni az eszközöket. Első és nagyon fontos lépésként áramtalanítottam az üzletet, hogy ne feszültség alatt szereljek. Az áramtalanítás után először leágaztattam a hálózati feszültséget az egyik mennyezeti LED panel előtt. Ennek a leágaztatott hálózatnak a fázisát kötöttem be a fali kapcsolómba, így azzal megszakítható az egész általam épített áramkör. A tápegységek primer oldalát és a keskenyen sugárzó lámpákat bekötöttem a wago-k segítségével létrehozott csomópontokba, különösen ügyelve a megfelelő polarításra, a védőföldelést szintén bekötöttem, mivel a tápegységek esetén elengedhetetlen a megfelelő és biztonságos működéshez. A szekunder oldalon található gyári vezeték túl rövidnek bizonyult, hogy kényelmesen utánakössem a dimmereket, így azokat megtoldottam 30 centiméter vezetékkel. A dimmerek kimenetére egy 10 centiméteres vezetékpárt kötöttem, és ezeken alakítottam ki a csomópontot, majd rákötöttem a LED szalagokat, különösen ügyelve, hogy a megfelelő tápegység kimenetére kerüljenek. A LED szalagok bekötése után összeállt a teljes installáció, lekapcsoltam a főkapcsolómat és visszaállítottam az áramellátást az üzletben. Ezek után teszteltem a rendszeremet, hogy minden megfelelően működik-e. Az egyik LED szalag forrasztása elengedett, így az a szakasz nem világított, ezt a problémát gyorsan orvosoltam, és immár megfelelő forrasztott kötést hoztam létre. A forrasztást követően minden tökéletesen működött, a kiépítés sikeresnek bizonyult (4.25. ábra).



4.25. ábra. A kiépített világítás működés közben [saját kép]

5. A világítástechnikai mérés

A projektem egyik legfontosabb eredménye a világítástechnikai mérés, itt válik a leginkább kézzel foghatóvá, mekkora különbség van az eredeti és az általam létrehozott világítás között. A következő fejezetben bemutatom, hogyan vittem véghez a folyamatot a tervezéstől egészen a mérésig, illetve, hogy milyen eredmények születtek.

5.1. A méréstechnikai próbababa

A mérés megvalósításához első lépésként szükségem volt egy objektumra, amelyet mérőhálóval tudok ellátni. A próbababa paramétereinek meghatározása (méret, mérőháló, anyag, szín) a konzulensem segítségével történt. Kézenfekvő megoldás, hogy ez az objektum ember alakot formáljon, hiszen pont az a lényege az egész folyamatnak, hogy megmutassa, mekkora megvilágítás mérhető az emberi testen a próbafülkében állva. Először is a próbatest méretét kellett meghatározni, általában a ruhaboltok többségi látogatói nők, az én esetemben sincs ez másképp, tehát a magasságot és a szélességet ehhez mérten igyekeztünk meghatározni. Mivel egy modellről van szó ezért nem volt cél a „tökéletes” emberi alak megalkotása, így kezdetektől fogva a legegyszerűbben megvalósítható formában gondolkodtam, ezért a próbababa alapja a téglatest lett. A meghatározott méretek egy 130 cm magas és 50 cm széles álló téglalap, amely szimbolizálja a testet és ezt egészíti ki egy 30 cm magas és 20 cm széles -szintén álló- téglalap, ami a fejnek felel meg. A próbababa anyagaként több opció is szóba jöhetett, például: hungarocell tábla, habkarton, XPS tábla, építő karton stb. A hungarocell mellett döntöttem, mivel ez egy könnyen és olcsón beszerezhető anyag és egyszerű vele dolgozni. Két táblát vásároltam, amelyek szabványmérete 100 cm x 50 cm x 10 cm, így a szélessége már adott csak a magasságán kell alakítani. Egy izzó huzalos hungarocell vágó segítségével az egyik táblából levágtam a még kellő 20 cm x 30 cm-es és 30 cm x 50 cm-es darabot. Ezt követően már összeállt az emberi alak (5.1. ábra).



5.1. ábra. A megépített próbababa [saját kép]

A 4.4. ábrán megfigyelhető próbatest még nem volt alkalmas világítástechnikai mérésre, ugyanis színe fehér, ez nem jó, hiszen így nagyon magas reflexióval rendelkezik, azaz túl sok fényt ver vissza [2], ezzel erősen befolyásolva a mérési eredményeket. Ebből kiindulva a fekete szín sem lenne jó, mert az meg túl sok fényt nyel el [2], tehát a megfelelő megoldás a kettő között kell legyen, ami a szürke. Vásároltam semleges színű szürke festéket, amely körülbelül 50%-ban nyeli el és veri vissza a rá eső fényt, ügyelve arra, hogy ez olyan legyen, amelynek hatóanyaga nem marja meg a hungarocell felületét. A táblák minden oldalát lefestettem ecset segítségével, majd száradás után ezt még kétszer megismételtem, hogy a festék mindenhová eljusson az egyenetlen felületen. A teljes száradás után egy alkoholos filc segítségével vékonyan felrajzoltam a 10 cm x 10 cm-es mérőhálót (5.2. ábra).



5.2. ábra. A semleges szürke festékkel lefestett és mérőhálóval ellátott próbababa [saját kép]

Mivel a táblák jelenleg 3 darabból álltak, ezért valamilyen módszerrel egymáshoz kellett rögzíteni őket. Először ragasztóban gondolkodtam, de a legtöbb ragasztó anyaga megmarta volna a hungarocell anyagát és nem biztosított volna tartós kötést, ezért ezt az ötletet elvetettem. Vásároltam több méter 2,25 mm átmérőjű acélhuzalt és ezekből 20 cm-es darabokat vágtam le. A levágott darabokat kiegyenesítettem, majd a kívánt rögzítési pontokban ferdén beletűzdeltem a hungarocellbe, úgy, hogy körülbelül a fele lógjon ki. A kiálló részeket kiegyenesítettem, így az összeillesztés közben a tábla ellendarabja nemcsak beljebb tolja a drótot, hanem a megfelelő táblába csúszik be. A táblákat összetűzdeltem és megkaptam az immár kész és stabil emberalakot.

5.2. Mérési elmélet

A mérési elmélet kidolgozása szintén a konzulensem segítségével történt. A mérési eredményeket erősen befolyásolják a külső tényezők, persze tudom, hogy normális esetben is jelen vannak ezek a tényezők, de jelen esetben most csak a saját világításomra kellett koncentrálnom. A próbafülkében olyan állapotot kellett teremteni, mint ahogy az valós esetben is lenne, ezért a mérésnek mindenképp behúzott függönyök mellett kell történnie.

A fülke mérete sajnos kicsi, ezért célszerű világos öltözék viselnem, hogy a reflektálódó fényeket ne nyelje el a ruhám. A mérendő mennyiség a megvilágítás, amely megmutatja, hogy mekkora fényáram jut egy adott felületre (beérkező fényáram és a felületelem hányadosa) [4]. Mivel a megvilágítás erősen távolságfüggő mennyiség [2], ezért fontos, hogy a mérés mindig ugyanabban a síkban történjen, máskülönben az eredmények értelmezhetetlenek lesznek.

A bábun felvett mérő raszter mérete már elég ahhoz, hogy a mérést megfelelő pontossággal el lehessen végezni. Ennél nagyobb raszterek esetén a mért megvilágítás-értékek túl messze esnének egymástól, sok lenne a nem megmért rész [4]. A kisebb raszter esetén már túl nagy lenne az átfedés, a mért értékek nem sokban különböznének egymástól és a mérőpontok számának megnövekedése nem hozna annyi hasznot az eredményekben, mint amennyi pluszmunkát idézett elő [4]. Mérőpontként értelmeztem minden raszter sarkát, így a testen felvett mérőháló 6 x 14 pontot tartalmaz, a fejé pedig 3 x 4-et. A bábu alján található sort kihagyom a mérésből, mivel a talajról visszaverődő fények befolyásolhatják az eredményeket, így a test mérőpontjai lecsökkentek 6 x 13-ra. Összesen tehát a test 78, a fej pedig 12 mérést tartalmaz. A test és a fej esetén is vertikális megvilágítást mérek.

A mért értékek esetén mindenképp meg kell határozni az átlagos megvilágítást és a megvilágítási egyenletességet. Az átlagos megvilágítás egyszerűen kiszámítható, csak össze kell adni minden mért értéket, majd ezt elosztani a mérési pontok számával [4] (5.1. egyenlet):

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

(5.1. egyenlet)

A megvilágítás egyenletességet többféleképpen is lehet értelmezni. Én a leggyakrabban elterjedt térbeli középegyenletesség értékét számítottam ki, ami a legkisebb megvilágítási és az átlagos megvilágítás hányadosa [4] (5.2. egyenlet):

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_m}$$

(5.2. egyenlet)

A fej esetén félhengeres megvilágítást is szoktak mérni, ez sokkal pontosabb képet ad az arcra eső fényekről [2], ezért ezt én is megvalósítom. Ennek menete, hogy a megvilágításmérő műszer segítségével nemcsak a nézési irányban mérek, hanem azt 90°-kal jobbra fordítva, majd 90°-kal balra fordítva is mérek egyet. Kiszámítása a három mért érték súlyozott figyelembevételével történik és képlete a következő (5.3. egyenlet):

$$E = 0,25 * E_{jobb} + 0,25 * E_{bal} + 0,5 * E_{közép}$$

(5.3. egyenlet)

A mérési pontok száma így a fej esetén 24-gyel nőtt. Összeadva a test és a fej mérési pontjait 114-et kapunk. A mérést mind a 6 világítási kép esetében meg kell majd ismételni, így ez összesen 684 mérési pontot jelent.

5.3. A mérés kivitelezése és folyamata

A világítás-technika laborból kölcsönkértem egy megvilágításmérőt, mivel én nem rendelkezem vele és nem akartam egy alkalom miatt vásárolni. A kölcsönkért eszköz egy TES 1330A típusú digitális megvilágításmérő volt, szándékosan olyan eszközt választottam, amelynek a mérőfeje külön mozgatható a kijelzőtől, az én esetemben ez nagy könnyebbséget jelentett (5.3. ábra).



5.3. ábra. A felhasznált megvilágításmérő [saját kép]

A kültéri fények minél inkább kiküszöbölése érdekében a mérést esti időpontra tettem. A mérést egyedül végrehajtani elég gyötrelmes lett volna, ezért egy mérőpartner segítségét kértem, aki a mért értékeket a helyszínen excel táblában rögzítette. A próbafülkében a tükörrel szemben állva meghatároztam egy síkot, ahonnan kényelmesen láttam magamat a tükörben, ez a távolság 55 cm lett, a mérés ebben a síkban fog majd történni. A helyszínen a folyamat megkezdése előtt sajnos gyorsan kiderült, hogy egy valamire nem gondoltam, a hungarocell súlya igen kicsi, ezért igen könnyen felborult a fülkében. Ezt nem sikerült megoldani helyben, így aztán a mérést át kellett tenni másik időpontra. Otthon a maradék anyagból vágtam még egy 60 x 50 cm-es darabot és ezt is lefestettem a semleges szürke festékekkel. Az acélhuzalok segítségével rögzítettem a bábú talp részét a test aljához, így a baba már stabilan meg tudott állni. Sajnos az eredeti 160 cm-es magasság így megváltozott 170 cm-re a hungarocell tábla 10 cm-es vastagsága miatt. A mérőpartneremmel visszatértem a másik időpontban és most már a bábú stabilan megállt a próbafülkében (5.4. ábra).



5.4. ábra. A próbafülkében elhelyezett próbababa [saját kép]

A mérés kezdetekor az üzletben lekapcsoltam minden világítást és lefüggönyözött próbafülkében véletlenszerűen megmértem pár megvilágítás-értéket. A mért értékek minden esetben 1 lux alattiak voltak, így a körülmények alkalmasnak bizonyultak, külső

fény nem befolyásolta a mérést. Beállítottam az első világítási képet, majd a bábút behelyeztem a próbafülkébe, a már korábban meghatározott távolságra a tükörtől. A megvilágításmérő segítségével sorban, pontról pontra elkezdtem mérni a megvilágításértékeket, a mérőpartnerem a próbafülkén kívül rögzítette az általam aktuálisan diktált eredményeket. Ezt a folyamatot megismételtem minden világítási kép esetén, ügyelve azok pontos beállításaira.

5.4. Mérési eredmények

Az egyes világítási képek mérési eredményeit külön-külön munkalapon rögzítettem az excelben. A „Mérés kivitelezése” fejezetben taglalt számításokat (általános megvilágítás, térbeli közepgyenletesség) elvégeztem, mind a test és mind a fej esetében. Az arcon mért megvilágítás értékek segítségével kiszámítottam a félhengeres megvilágítást. A kiértékelés során a test és az arc értékeit elkülönítem egymástól, az arc esetén a félhengeres megvilágítást szintén külön értékelem. A teljes mérési eredményei megtekinthetők a függelékben („A” függelék). Az összesített adatok az alábbi táblázatokban láthatóak (5.1., 5.2. és 5.3. táblázat):

A test megvilágítása:

5.1. táblázat: A testen mért és számított megvilágítás értékek az egyes beállítások esetén [saját táblázat]

Test	E _{max} (lux)	E _{min} (lux)	E _m (lux)	U _o
1. Beállítás	870	237	583,436	0,40621
2. Beállítás	850	149	560,333	0,26591
3. Beállítás	813	200	547,397	0,36537
4. Beállítás	351	91	232,718	0,39103
5. Beállítás	287	101	203,538	0,49622
6. Beállítás	87	56	72,2821	0,77474

A testnél megfigyelhető, hogy a saját világításom térbeli közepgyenletessége minden esetben 0,5 alatti értéket képvisel. Ez nem meglepő eredmény, hiszen a fény nagy része az arcon és a felsőtesten összpontosul. Lefelé haladva pedig folyamatosan csökken a

megvilágítás. Ez annak köszönhető, hogy a fő megvilágítást biztosító LED szalagjaim a tükör keretén lettek rögzítve, a tükör alja pedig körülbelül 1 méteres magasságban kezdődik. Az viszont elmondható, hogy saját világításom minden beállításánál az általános megvilágítás értékei 200 lux fölöttiek. Az eredeti világítás (6. beállítás) esetén alacsony 100 lux alatti értékeket mértem, ez alátámasztja, hogy a két próbafülkére jutó 1 világítótest nem biztosít elegendő fényt a fülkékben. Ezzel szemben a térbeli közép egyenletesség értéke 0,77-as értéket vesz fel, ami annak köszönhető, hogy a fentről érkező LED panel fénye nem csökken akkora intenzitással.

A fej megvilágítása:

5.2. táblázat. A fejen mért és számított megvilágítás értékek az egyes beállítások esetén [saját táblázat]

Fej	E _{max} (lux)	E _{min} (lux)	E _m (lux)	U _o
1. Beállítás	825	741	784,417	0,94465
2. Beállítás	778	603	708,25	0,85139
3. Beállítás	655	541	611	0,88543
4. Beállítás	453	321	388,583	0,82608
5. Beállítás	300	228	265,333	0,8593
6. Beállítás	108	76	92,3333	0,8231

A fejen végzett mérés alapján megfigyelhető, hogy a térbeli közép egyenletesség szempontjából a 6. beállítás (eredeti világítás) teljesít a legrosszabbul, legjobban pedig az első (minden LED szalag 100% + keskenyen sugárzó lámpa + áruházi általános világítás). Ez jó, hiszen a saját világításomat sikerült úgy kialakítanom, hogy az arcon kiváló egyenletesség jöjjön létre. A megvilágítás értékek a testhez hasonlóan csökkenő tendenciát mutatnak az egyes beállítások esetén.

A félhengeres megvilágítás:

5.3. táblázat. A fejen mért és számított félhengeres megvilágítás értékei az egyes beállítások esetén [saját táblázat]

Félhengeres	E _{max} (lux)	E _{min} (lux)	E _m (lux)	U _o
1. Beállítás	638,5	593,5	610,708	0,97469
2. Beállítás	591,5	477	550,979	0,86573
3. Beállítás	526,5	445,5	489,146	0,91077
4. Beállítás	365,5	261,5	313,208	0,83491
5. Beállítás	254,5	199,25	228,646	0,87144
6. Beállítás	102,75	69,75	87,3333	0,79866

Az arcon mért félhengeres megvilágítás esetén látható, hogy a térbeli közepesgyenletesség szempontjából a 6. világítási kép (eredeti világítás) szolgáltatja a legrosszabb eredményt. A többi beállítás esetén 0,8 fölötti értékek jöttek ki, míg az utolsó beállítás értéke éppen nem éri el azt. A fejen mérhető félhengeres megvilágítás egy nagyon fontos része a mérésnek, ugyanis az eddigi tapasztalatok alapján, az arcon mérhető jobb értékek növelik a vásárlói elégedettséget. A világítási képeim mindegyikénél sikerült kellő nagyságú térbeli közepesgyenletességet létrehozni. Ez alátámasztja, hogy mennyire fontos a szemből érkező fény a próbafülkék világítása esetén.

6. Adatok gyűjtése és feldolgozása

Ebben fejezetben kifejtem, hogy milyen szempontok alapján választottam ki a vizsgálati módszert, miként alakítottam ki a kérdőív kérdéseit és, hogy hogyan valósítottam meg magát az adatgyűjtést. Végül kiértékelem az eredményeket és azokból levonom a megfelelő következtetéseket. Kijelenthető, hogy ez a kutatásom legfontosabb része, mivel itt derül ki, sikerült-e bebizonyítanom az alapfelvetést, amiért csináltam az egész vizsgálatot.

6.1. A kérdőív alapú módszer kialakítása

6.1.1. A kérdőíves vizsgálati módszer kiválasztása

A vizsgálati módszer kiválasztásának első lépése, egy kutatási terv elkészítése, amelyben meghatározom, hogy melyik információszerzési módszer a legalkalmasabb a megfelelő következtetések levonásához. Az információszerzésnek két fajtája lehet:

- Kvantitatív, azaz mennyiségi módszer [14].
- Kvalitatív, azaz minőségi módszer [14].

A mennyiségi módszer lényege, hogy felvetünk egy hipotézist, amit igazolni szeretnénk, majd a kutatás végeztével ehhez pedig nagyszámú adat szükséges. Az adatoknak jól kategorizálhatónak, általánosíthatónak és reprezentatívnak kell lenni, hogy azokat statisztikai módszerrel ki lehessen értékelni. Az adatgyűjtést széles spektrumban kell végezni és a lehető legnagyobb darabszámban, hogy lefedjük a válaszadók minél nagyobb részét. Ennek a módszernek a fő irányzata a kérdőíves adatgyűjtés. Előnye, hogy olcsón és viszonylag egyszerűen, kevés erőforrás ráfordításával is megvalósítható. [14]

A minőségi módszer abban különbözik a mennyiségi módszertől, hogy itt nincs előre felvetett hipotézis, amelyet igazolni szeretnénk, csupán a miértekre keresünk választ, tehát nincs a kutatásnak előre elvárt eredménye. Ennek a módszernek a célja, hogy megértse egy adott probléma okait. A kutatás nem lehet reprezentatív, mivel mindig csak

egy adott csoport vagy személy mélyebb véleménye van előtérben. Fő vizsgálati irányzat a kiscsoportos vagy személyes interjúk, amiket gyakran fókuszcsoportnak hívunk. A begyűjtött adatok pedig nem strukturálhatóak és statisztikai alapon nem értékelhetőek ki. A mennyiségi módszer sokszor csak adatokkal alátámaszt egy-egy feltevést, de nem ad választ például arra, hogy mi lehet a probléma gyökere. A minőségi módszer hivatott pótolni a mennyiségi módszer által nem érintett területeket. [14]

Az én esetemben egyértelmű volt, hogy a kvantitatív (mennyiségi) módszert fogom választani, hiszen nekem van egy feltevés, mi szerint az üzletben található eredeti próbafülke-világítás nem megfelelő, ennek okát pedig pontosan tudom, így azt már nem kell kutatnom. Nekem csak azt kell igazolnom, hogy az általam kiépített rendszer az elvártaknak megfelelően valóban jobban tetszik-e az embereknek, mint a régi rendszer, erre pedig a legalkalmasabb a kérdőíves vizsgálati módszer. A minőségi módszeres vizsgálat nagy többletenergia-ráfordítást igényelt volna, ráadásul az eredmények nem reprezentatívak és statisztikai úton sem lettek volna értékelhetőek, ez pedig a mérnöki világban nem fogadható el.

6.1.2. A kérdőívkészítés elmélete

A megfelelően értékelhető kérdőív elkészítéséhez először is tisztában kell lenni a kérdőívkészítés alapjaival, ugyanis a nem megfelelően feltett kérdésekből sokszor nem lehet levonni értékelhető eredményt, vagy rosszabb esetben akár félrevezetőek is lehetnek a kiértékelés szempontjából. Az egyik leglényegesebb szempont, hogy a kérdőív ne legyen túl hosszú, gondoljunk csak bele, hogy a mai rohanó világban, amikor mindenki siet, kinek van ideje egy hosszú ideig tartó kérdőív kitöltésére? Ennek következtében az esély arra, hogy kitöltenek egy túl sok kérdésből álló kérdőívet, nagyjából a felére esik vissza, amennyiben mégis a kitöltés mellett döntenek, igen nagy valószínűséggel közben megunják azt, elvesztik az érdeklődésüket és már csak véletlenszerűen válaszolgatnak. Innentől kezdve az adott válaszok gyakorlatilag értékelhetetlenné válnak, ráadásul a kérdező tudta nélkül. Ezért, tehát nagyon fontos, hogy a kérdőív kitöltése maximum 1-2 percet vegyen igénybe.

A kérdések számát minimalizálni kell, és minél lényegre törőbben megfogalmazni őket, máskülönben a túl hosszú kérdésektől az olvasó szintén elveszti az érdeklődést. A

kérdéseket egyértelműen kell megfogalmazni, hogy azok ne adjanak okot semmilyen félreértésre, illetve törekedni kell rá, hogy azok ne sugalljanak semmilyen választ. A választási lehetőségeket célszerű előre meghatározni, ezeknek is a darabszámát minimalizálni kell, a túl sok opció összezavaró lehet, több összefüggő kérdés esetén ellentmondásos válaszok születhetnek. A „Fejtse ki!” vagy „Mondja el véleményét!” típusú kérdések jól hangzanak, de sok esetben nem veszik komolyan, és az információk is nehezebben csoportosíthatóak és értékelhetőek. A válaszok közé nem érdemes súlytalan, semmitmondó, töltelék alternatívákat elhelyezni, mint például a „Nem tudom” opció, ugyanis sokan automatikusan ezt fogják választani, így nem kell gondolkodni és egy kérdés már le is van tudva. Ezzel pedig csak rontják az eredményeket.

A számskálák esetén nem előnyös páros értékeket megadni, mert ebben az esetben a kitöltők csak bejelölik a középső értéket, pártatlanok maradnak, amennyiben viszont pártatlan skálát adunk meg nem tudnak középső értéket választani, valamelyik irányba mindig el kell mozdulniuk. Túl kicsi számtartomány esetén nem lehet egyértelmű következtetéseket levonni, túl nagy számtartomány esetén pedig egyszerűen nem tudnak dönteni és sokszor nincs is szükség ilyen részletes pontozási módszerre az értékelés szempontjából, ezért törekedni kell rá, hogy itt is megtaláljuk a középutat. A számskálák értékelési rendszere szinte mindig ugyanazon az elven alapul, de egy-két kivétel előfordul, ezért minden esetben fel kell tüntetni, melyik számhoz milyen értékrend tartozik, például egy 1-6 terjedő skála esetén 1 = egyáltalán nem ért egyet, 6 = teljesen egyetért.

Speciális témák esetén nem mindig célszerű konkrétan rákérdezni a vizsgált dologra, ugyanis ezzel akár befolyásolhatjuk is a kitöltő személy véleményét. A kérdőív elején mindig néhány sorban össze kell foglalni, hogy kik vagyunk, és miért csináljuk a vizsgálatot, ezzel megszólítjuk a kérdezetteket és bizalmat ébresztünk bennük. Sokan nem szeretnek megadni személyes adatokat, főleg nem idegen embereknek, így amennyiben nincs feltétlenül szükség ezekre az adatokra, kerülendő ez a megoldás, ezzel nagyobb darabszám érhető el. Amennyiben mégis sor kerül adatbekérésre, érdemes a bevezetőben kifejteni, hogy erre pontosan miért van szükség, ellenkező esetben pedig a kutatás anonimitását célszerű kiemelni, ezzel is bizalmat ébresztve a kitöltőkben. Az anonim esetben is érdemes néhány demográfiai kérdéssel indítani a kérdőívet, hogy legyen valami besorolása az adatoknak, ezek általában: életkor, nem, irányítószám stb. A

bevezetőben mindenképp meg kell jelenjen egy köszönetnyilvánítás, ezzel jelezve, hogy értékeljük a kitöltő ránk szánt idejét.

[14, 15, 16]

6.1.3. A kérdőív megalkotása

Az elméleti alapokat figyelembe véve a kérdőív hosszát igyekeztem rövidre fogni. A megvalósítást a bevezető szöveggel kezdtem, amelyben pár rövid mondatban leírtam, hogy ki vagyok, és miért csinálom a kutatást, majd megköszöntem a kitöltést. A bevezető szövege a következő:

Üdvözlöm!

Juhos Martin harmadéves hallgató vagyok az Óbudai Egyetemen. A diplomamunkámhoz végzek kutatást és ehhez szeretném az Ön segítségét kérni abban, hogy egy rövid maximum 5 perces kérdőívet kitöltsön. A kitöltés teljes mértékben anonim és kizárólag az én munkámat segítené.

Köszönöm a segítségét!

A bevezető megírása után elkezdtem gondolkozni azon, hogy milyen jellegű kérdések legyenek, úgy döntöttem, hogy minden kérdés feleletválasztós lesz, mivel ezeket egyszerűbb kitölteni és értékelni is. Első lépésben két demográfiai kérdést határoztam meg, amely a kérdőív elejére kerül majd, ezek a nemre és életkorra kérdeznek rá. A nem esetén férfi vagy nő opció közül lehet választani. Az életkor megadása esetén öt tartományt hoztam létre, amelyek a következők:

- 18-29
- 30-39
- 40-49
- 50-59
- 60 +

A kiskorúak és fiatalok tartományát szándékosan kihagytam a felsorolásból, egyrészt az üzletben nagyon kevés kis és fiatalos vásárló, másrészt Magyarországon, a 18. életévét be nem töltött személy csak szülői beleegyezéssel tölthetne ki egy ilyen jellegű kérdőívet [17].

A lényegi kérdések megalkotásánál a legfontosabb szempont az volt, hogy magára a világításra ne kérdezzek rá, mivel ezzel már befolyásolhatom a beérkező válaszokat [14]. Annak érdekében, hogy a kitöltés ne legyen egyhangú több fajta kérdéstípus felhasználásával dolgoztam. Három kérdést határoztam meg, amelyek megválaszolása számskálán történik, amelyek 1-6-ig terjednek, ahol 1 a legrosszabb érték és 6 a legjobb, ezek mindegyike valamilyen elégedettségre kérdez rá.

- Általánosságban mennyire nyerte el tetszését a próbafülke?
- A próbafülkében töltött idő alatt mennyire érezte magát komfortosan?
- Mennyire volt elégedett a felpróbált ruhával?

Utólag visszatekintve a felpróbált ruhával való elégedettség kérdése esetén érdemes lett volna belefoglalni a kérdésbe, hogy a méretbeli problémákat ne vegyék figyelembe a válaszadásnál, ennek közlése csak szóban történt a kitöltés előtt. Ezt követően három további kérdést fogalmaztam meg, amelyek esetén előre meghatározott válaszok közül lehet választani, ezek a kérdések a következőképpen szólnak:

- Megvásárolta a felpróbált ruhát?
- Más ruhaüzletek próbafülkéjéhez viszonyítva mennyire nyerte el tetszését a próbafülke?
- Ha egy dolgot megváltoztathatna a próbafülkével kapcsolatban, mi lenne az?

A ruhavásárlással kapcsolatos kérdés esetén egy egyszerű igen és nem válasz közül lehet választani. A többi üzlet próbafülkéjével való összehasonlítás esetén öt válaszlehetőséget adtam meg: „Egyáltalán nem tetszett”, „Kevésbé tetszett”, „Jobban tetszett”, „Sokkal jobban tetszett”, illetve „Nem szoktam más ruhaüzletekben vásárolni”. A megváltoztatás kérdés esetén abból indultam ki, hogy a vásárlók nagyvalószínűséggel azt változtatnák meg, ami a legkevésbé tetszik nekik, itt öt válaszopciót adtam meg: Méret, világítás, dekoráció, tükrök elrendezése és mennyisége, illetve az elválasztó függönyök. Az én

szempontomból a dekorációval, a tükörrel és az elválasztó függönnyel, illetve a mérettel kapcsolatos válasznak gyakorlatilag nincs jelentősége, a világítás opció, ami fontos, ha ezt jelölik túlnyomó többségben, következtetésképp levonható, hogy ez az, ami leginkább zavarja őket.

6.1.4. A megvalósítás módja

A kérdések megalkotása után kidolgoztam a megvalósítás módját. Az első fontos szempont az volt, hogy a próbafülkéből való távozás után a kitöltés minél hamarabb megtörténjen, amíg még friss az átélt élmény. A kitöltésnek ezért mindenképpen a helyszínen kell megtörténnie. Mivel sok idősebb vásárló is látogatja az üzletet, ezért a papíralapú kitöltést választottam, ez a módszer számukra egyszerűbb, mint például egy telefonos kitöltés. Ettől függetlenül az adatokat természetesen digitalizálnom kell majd, ezért úgy döntöttem, hogy a kérdőívet a Google Forms erre alkalmas platformján hozom létre. A Forms a beütött kérdőívek alapján automatikus excel táblát hoz létre, amely letölthető, illetve előzetes grafikonokat és ábrákat is megjelenít.

Létrehoztam a kérdéseket, és hat beállítást alakítottam ki, amelyek kérdései természetesen ugyanazok és a vásárlók számára sincs feltüntetve a különbség. Ezt követően jöhetett a nyomtatás, amelyet A4-es formátumban terveztem. A nyomtatási előnézetben kérdések sajnos nem fértek el egy oldalon, csak nagyon kicsi betűméretben, de az szinte olvashatatlan volt még számomra is, ezért a negyedik kérdés után beszúrtam egy „A kérdőív a következő oldalon folytatódik ” mezőt. A kérdéseket fekvő módon helyeztem el egy A4-es lapon és kellően nagy betűméretet állítottam be, majd kezdésnek 100 példányt nyomtattam ki, később ezeket folyamatosan pótoltam, ahogy fogyott. Az üzletben dolgozó két hölgy szerencsére felajánlotta, hogy segít a kitöltéssel, mivel én nem tudtam volna ennyit az üzletben tartózkodni. A kvantitatív vizsgálat esetén minél nagyobb darabszámú begyűjtött minta a cél, ezért én is erre törekedtem. Kezdetben 50 kitöltött kérdőívet határoztam meg egy világítási kép esetén, amennyiben összegyűlik, mindegyik beállításnál visszatérek az első világítási képhez és gyűjtöm tovább az adatokat, ha úgy látom, hogy ez belefér az időmbe. A papírokat elvittem a boltba és beállítottam az első világítási képet, ezzel elkezdődött a mérés.

Az 50 darab kérdőív összegyűlése után azokat elhoztam az üzletből és a következő világítási képet állítottam be. A papíralapon kitöltött kérdőíveket otthon digitalizáltam, azaz kitöltöttem a Google Forms rendszerében, ügyelve rá, hogy mindig a megfelelő beállításhoz írjam be az adott kérdőíveket. Ideális esetben jó lett volna vizsgálati körönként 100 példányt összegyűjteni, de sajnos az 50 darab is lassan gyűlt össze, így erre már nem lett volna idő. Ennek oka, hogy nagyon sok a visszatérő vásárló, akikkel nem lett volna etikus újból kitölteni a kérdőívet, illetve sokan eleve nem akarták kitölteni. Ráadásul az utóbbi időben az üzlet forgalma is valamelyest lecsökkent. Összesen 300 kérdőívet sikerült összegyűjteni beállításonként körülbelül 50 darabbal számolva ($\pm$ néhány darab). Az összes begyűjtött kérdőív megtekinthető a függelékben („B” függelék).

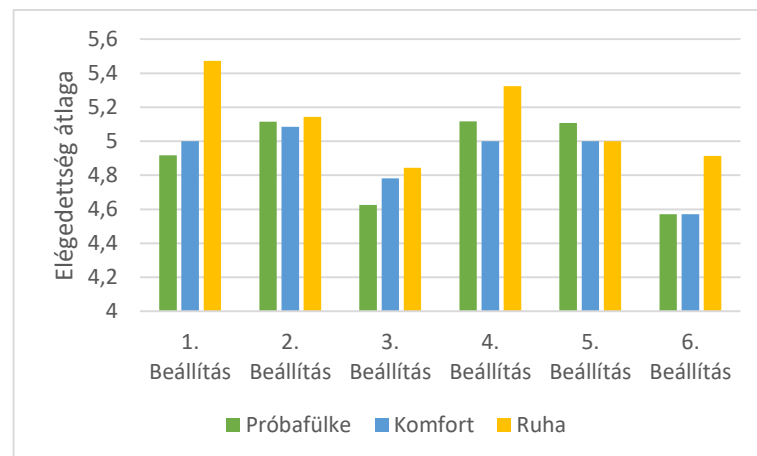
6.2. Az adatok vizsgálata és kiértékelése

Első lépésben a Google Forms platformján felvitt kérdőívekből generáltam egy online excel táblázatot, mind a 6 világítási kép esetén. A legenerált táblázatokat egyesével letöltöttem, majd egy excelben összesítettem azokat külön-külön munkalapon. Minden kérdés egy új oszlopban helyezkedett el, alatta pedig a hozzá tartozó válaszok, így egy sor tartalmazza egy kérdőív eredményeit. Az első oszlopban egy időbélyeg helyezkedett el, aminek jelen esetben nem volt jelentősége, mivel ez csak azt mutatta meg, hogy mikor digitalizáltam az adatokat, így ezt töröltem is.

Létrehoztam egy új munkalapot, ahová integráltam minden világítási kép eredményeit, ahol új oszlopként megjelenik a világítási mód, így most már az összes adat egy helyen volt. Az egyértelműen kiderült, hogy az összesített adatok alapján a vásárlók túlnyomó többsége nő, szám szerint a 300 megkérdezettből 254, azaz majdnem 85%. A férfiak esetén tehát a kis darabszám miatt nem biztos, hogy érdemes átfogó elemzéseket végezni. A másik tényező, hogy a férfiak többsége nem követi a divatot, ebből kifolyólag nem érdekli őket, hogy hogyan néz ki a ruha és, mennyire divatos, sokkal inkább a jó ár és a méret számít.

Egy új excel munkalapon létrehoztam az első és egyben a legfontosabb vizsgálati kategóriát, amelyet nem és életkor szerint szűrtem. Ez a kategória csak nőkre vonatkozott, és az adatok közül kivettem a 60 + korosztályt, így csak a 18 és 59 év közöttiek adatait

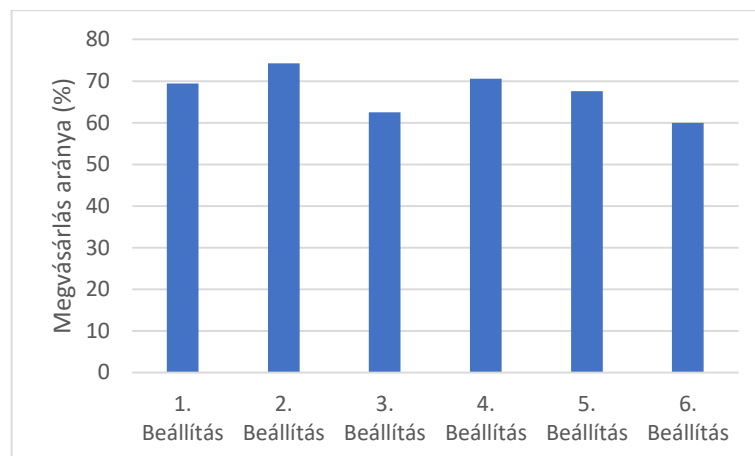
vizsgáltam. Azt lehet mondani, hogy ez a korosztály rendelkezik vásárlóképes kereslettel, illetve az idősebb korosztály esetén már nem olyan jelentőségteljes a megjelenés, sokkal inkább az ár dominál. A három számskálás kérdéssel kezdtem (komfortérzet, elégedettség a próbafülkével és a ruhával), ezek eredményeit világítási képekre bontva egy egybevont táblázatban rögzítettem. A beérkezett válaszok nem voltak teljesen azonosak a különböző beállítások esetén, ezért átlagszámítással igyekeztem eredményeket meghatározni. A három kérdés átlag eredményeit egy oszlopdiagramon jelenítettem meg minden világítási kép esetén.



6.1. ábra. Komfortérzet, általános elégedettség a felpróbált ruhával és a próbafülkével kapcsolatban az egyes beállítások esetén (csak nők 18–59)[saját ábra]

A diagramon (6.1. ábra) egyértelműen megfigyelhető, hogy a 6. világítási kép esetén a próbafülkével való általános elégedettség és a komfortérzet az összes többi beállításhoz képest jócskán alulteljesített. A ruhával való elégedettség valamelyest jobb megítélésben részesült, de a többi világítási képhez képest gyenge eredményeket produkál. Meglepő módon a 3. beállítás eredményei is elég rosszul teljesítettek.

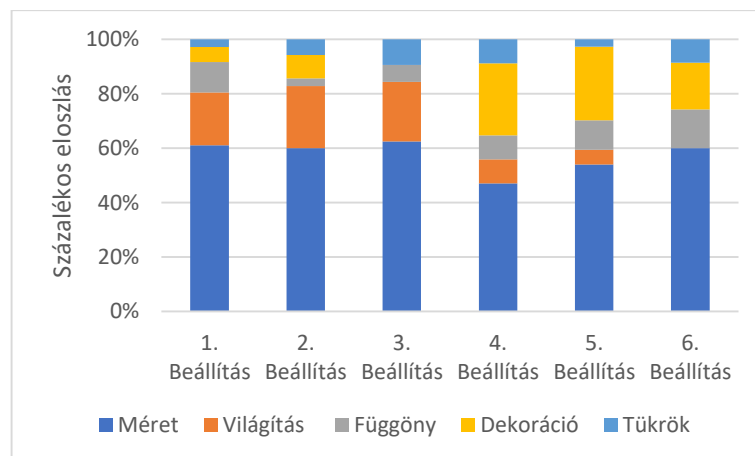
Ezt követően a megvásárlás arányát vizsgáltam, még mindig csak a nők 18–59 évig terjedő kategória esetében. A beérkező igen és nem válaszokat összeadtam minden világítási kép esetén, majd az igenek számát elosztottam az összeggel, így megkaptam, hogy a teljes darabszám hányadát teszik ki az igen válaszok, ebből százalékot számoltam, majd szintén egy oszlopdiagram segítségével dolgoztam (6.2. ábra).



6.2. ábra. A felpróbált ruha megvásárlásának aránya az egyes beállítások esetén (csak nők 18–59) [saját ábra]

Jelen grafikon esetén (6.2. ábra) jól látszik, hogy a ruha megvásárlásának arányai a 3. és 6. világítási kép kivételével, 70%-hoz közeli, vagy a fölötti értéket produkálnak. A 3. beállítás esetén ez az arány már közelít a 60%-hoz, míg a 6. beállításnál a legrosszabb éppen csak eléri azt. Az eddigi grafikonok eredményei pozitív visszajelzést mutatnak, hiszen az elvártaknak megfelelően a 6. világítási kép teljesít a legrosszabbul, ez még nem elég, ahhoz, hogy kijelenthessem a vizsgálat sikerességét, de kezdésnek kielégítő. A 3. világítási kép valamiért itt is gyengén teljesít.

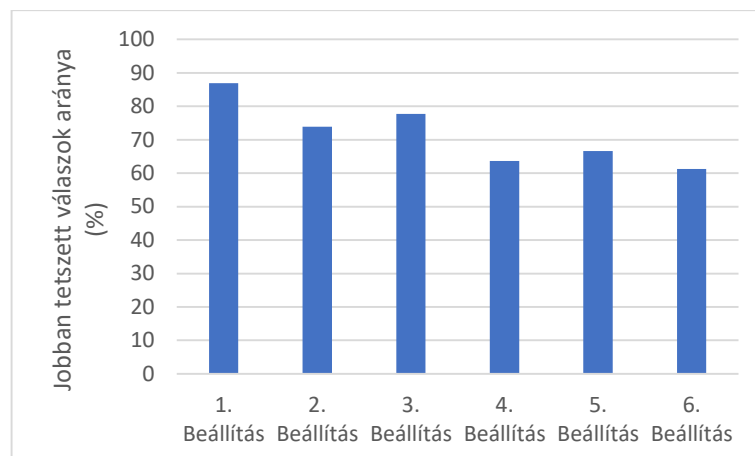
A próbafülke esetén megváltoztatni kívánt tulajdonsággal kapcsolatos kérdéssel folytattam, külön oszlopokba szedtem az egyes beállítások esetén beérkező válaszok darabszámát. A válaszokat összegeztem majd az adott válaszból beérkező darabszámot elosztottam az összeggel és felszoroztam 100-zal, így megkaptam, hogy hány százalékát teszik ki az egésznek egy beállításon belül. Itt az oszlopdiagram másik fajtáját használtam, ahol az adatok 100%-ig halmozott formában jelennek meg (6.3. ábra).



6.3. ábra. A próbafülkén megváltoztatni kívánt tulajdonságok százalékos eloszlása az egyes beállítások esetén (csak nők 18–59) [saját ábra]

A grafikon alapján (6.3. ábra) egyértelműen megállapítható, hogy minden beállítás esetén domináns a méret opció, a negyedik beállítás kivételével mindenütt 50% feletti értékek, ebből, arra lehet következtetni, hogy a próbafülkék mérete kicsi. Az előzetes felmérés során ez a probléma bennem is felötlött, most ez vásárlói megerősítéssel igazolódott. A világítással kapcsolatban sajnos az adatok nem adnak egyértelmű eredményt, így ebből nem lehet valós következtetéseket levonni. Az első három beállítás esetén 20%-os arányban jelölték meg, majd a 4. és 5. esetén erős csökkenés látható, míg a 6. esetén senki nem jelölte ezt az opciót.

Már csak egy vizsgálandó kérdés maradt hátra, mégpedig a próbafülke összehasonlítása a többi üzlet próbafülkéjével. A beérkező válaszok közül először leszűrtem a „Nem szoktam más ruhaüzletekben vásárolni” opciót. A megmaradt adatokból megállapítható, hogy a válaszadók nagy része a középső tartományt választotta, szám szerint a „Kevésbé tetszett” és a „Jobban tetszett” opciót minden világítási kép esetén több mint 60% fölötti arányban jelölték meg. Ebből kiindulva, hogy az eredmény szignifikánsabb legyen, a szélső tartomány adatait („Sokkal jobban tetszett” és „Egyáltalán nem tetszett” válasz lehetőség) kivettem a vizsgálati tartományból. A jobban és kevésbé tetszett eredményeket összeadtam, majd az összeget elosztottam a jobban tetszettek darabszámával és ebből százalékot számítottam. A kapott értékeket oszlopdiagram segítségével ábrázoltam (6.4. ábra).



6.4. ábra. Más próbafülkékkel való összehasonlítás esetén a „Jobban tetszett” válaszok aránya az egyes beállítások esetén (csak nők 18–59) [saját ábra]

Ezen grafikon esetén (6.4. ábra) megfigyelhető, hogy a 4. és 6. világítási kép gyengén teljesít, de az utóbbi értékei rosszabbak. Érdekes módon itt a 3. világítási kép értékei kimagasló eredményt mutatnak.

A csak nők 18–59 csoport vizsgálatai összességében pozitív eredménynél zárultak. A vizsgált kérdések szinte mindegyikénél egyértelműen megállapítható, hogy a 6. világítási kép, azaz az eredeti megvilágítás értékei produkálták a legrosszabb eredményeket. Ez nagyon jó, hír, mivel az alaphipotézis az volt, hogy az általam kiépített világításnak jobb megítélésben kell részesülnie, mint az eredeti megvilágításnak. Ezt a felvetést sikerült alátámasztanom, ezért a vizsgálat is sikeresnek mondható.

Az is megállapítható, hogy a 3. világítási kép eredményei számos esetben gyenge értékeket produkáltak. Úgy néz ki, hogy a tükör tetejéről érkező kevés fény és a tükör oldalairól érkező sok fény kombináció nem nyerte el az emberek tetszését és negatív irányba befolyásolta az adott válaszokat. Ennek pontos okát nem tudtam megállapítani, de az adatokból egyértelműen kirajzolódik.

A kirakat-világításhoz hasonlóan, a próbafülke-világítás alapjai is már régóta ismertek, ennek ellenére a gyakorlatban mégis nagyon kevés üzlet fordít rá kellő figyelmet. A kutatásom sikeresen bizonyította, hogy mekkora jelentősége van a fülkékben kialakított világításnak. A cégeknek érdemes lenne kicsivel nagyobb beruházási költséget meghatározni a ruházati üzletekben, amiből egy korrekt próbafülke-világítást lehet megvalósítani. A megfelelően kialakított világítás nagyobb vásárlói elégedettséget eredményezne, jobb lenne a komfortérzet és az összkép. Ennek következtében

szívesebben és többször látogatnák az üzletet és ajánlanák ismerőseiknek. Ez a plusz költség rövid idő alatt megtérülne, ezt tökéletesen alátámasztják a vizsgálat eredményei.

A kutatásom csak a fogyasztói viselkedésre fókuszál, de a kapott eredmények alapján felmerül a kérdés, ha a próbafülkékben is ekkora jelentőséggel bír a mesterséges megvilágítás, akkor az élet többi területét, milyen mértékben befolyásolja? Legyen szó pozitív vagy akár negatív tényezőkről. Véleményem szerint ez egy nagyon fontos társadalmi kérdés, melynek megválaszolása nehéz feladat.

7. Összegzés

A projektem során igyekeztem bebizonyítani a világítás és a vásárlási szokások közötti szoros összefüggést. A kutatást egy kis gödöllői magán ruhaüzletben végeztem, amelynek próbafülkéi szolgáltatták a fő vizsgálati területet. A próbafülkébe saját világítást terveztem és építettem ki, amely kiegészíti az eredeti megvilágítást, pontosabban mondva, így most már inkább az eredeti egészíti ki az enyémet. A megtervezett világításhoz 6 különböző világítási képet alakítottam ki, ebből az egyik csak az eredeti világításra vonatkozik, ezeket a képeket külön-külön vizsgáltam. A kutatás vizsgálati módszerének a kérdőív típusú adatgyűjtést választottam és a kutatás-módszertani alapok felhasználásával létrehoztam egy 6 érdemi és 2 demográfiai kérdésből álló kérdőívet. A kérdőíves vizsgálati módszer alapja, hogy felvetünk előre egy hipotézist, amelyet a begyűjtött adatokkal szeretnénk majd bebizonyítani, vagy megcáfolni. Az én esetemben ez a hipotézis a következő volt: Az általam kiépített világításnak összességében jobb vásárlói megítélésben kell részesülnie, mint az eredeti megvilágításnak. Célom, hogy az előbb elhangzó állítást alátámasszam a begyűjtött adatok segítségével. A kutatás egyik leglényegesebb eleme, hogy indirekt módon vizsgálom a világítást, tehát e kérdések egyikében sem kérdezek konkrétan rá arra. A kérdőívek segítségével gyűjtöttem minden világítási kép esetén körül-belül 50-50 választ, tehát összesen 300-at. A beérkező válaszokat összesítettem és megszürttem, így kialakult a legfontosabb vizsgálati csoport, amelyekben csak 18 és 59 év közötti nők szerepelnek, egyrészt ők teszik ki a vásárlók jelentős részét, másrészt az ő véleményük a legszignifikánsabb. A vizsgált csoport esetén megállapítható, hogy a vizsgálat elején felvetett hipotézist sikerült megerősítenem, ugyanis számos kérdés eredményei alapján az eredeti megvilágítás teljesít a leggyengébben. Konklúzióként megállapítható, tehát, hogy a próbafülkében kialakított világításnak igen nagy hatása van a vásárlói viselkedésre. A divatüzleteknek több hangsúlyt kellene fektetni a próbafülkéik világításának kialakítására, ezzel lényegesen nagyobb vásárlói elégedettség lenne elérhető.

8. Summary

During my project, I aimed to demonstrate a close connection between lighting and shopping habits. I conducted the research in a small private clothing store in Gödöllő, where the fitting rooms served as the main area of investigation. I designed and implemented my own lighting in the fitting rooms, which complemented the original illumination; more precisely, now the original lighting complements mine. For the planned lighting, I created 6 different lighting scenarios, with one specifically focusing on the original lighting, and I examined these scenarios separately. I chose a questionnaire-type data collection method for the research, and using the research methodology principles, I created a questionnaire consisting of 6 substantive and 2 demographic questions. The basis of the questionnaire survey method is to propose a hypothesis in advance, which we aim to prove or refute with the collected data. In my case, the hypothesis was as follows: The overall consumer perception of the lighting I implemented should be better than that of the original lighting. My goal is to support this statement with the collected data. A crucial aspect of the research is that I indirectly examine the lighting; thus, none of the questions directly inquire about it. With the help of the questionnaires, I collected approximately 50-50 responses for each lighting scenario, totaling 300 responses. I compiled and filtered the incoming responses, resulting in the most important study group, consisting of women aged between 18 and 59. They constitute a significant portion of shoppers, and their opinion is the most significant. In the case of the examined group, it can be observed that I successfully confirmed the hypothesis raised at the beginning of the study, as the results of many questions indicate that the original lighting performs the weakest. In conclusion, it can be stated that the lighting in the fitting rooms has a significant impact on consumer behavior. Fashion stores should place more emphasis on the design of fitting room lighting to achieve considerably higher customer satisfaction.

9. Irodalomjegyzék

- [1] Világítástechnikai Állomás kiadványa, A jó kirakatvilágítás 10 követelménye, Budapest VI., Eötvös-utca 11.
- [2] Arató András – Borsányi János – Klinger György – Kovács Károly – Molnár Károly Zsolt – Nádas József – Vetési Emil, Innovatív világítás, Budapest 2013., kiadó: Dr, Turmezei Péter
- [3] Világítástechnikai Társaság, üvegdiák
- [4] Arató András – Borsányi – János – Eperjessy Mária – Lantos Tibor – Nagy János – Némethné Vidovszky Ágnes – Poppe Kornélné – Török Béla, Világítástechnikai kislexikon, kiadó: Világítástechnikai társaság, 2001
- [5] Nádas József, Kereskedelem és vendéglátás előadás diasorozat, 2020.
- [6] licht.wissen 06 Shop Lighting: Attractive and Efficient - (Fördergemeinschaft Gutes Licht, Frankfurt am Main, 2011)
- [7] Liam Tallis, Fitting Room Lighting: The Good, The Bad and The Ugly, 2020. 03. 10., letöltés helye: <https://www.linkedin.com/pulse/fitting-room-lighting-good-bad-ugly-liam-tallis>
letöltés ideje: 2023. 10. 22.
- [8] Arató András – Borsányi János – Kovács Károly – Molnár Károly, Világítástechnika II., BMF KVK – 2018 javított kiadás Budapest 2005
- [9] Rich Miron, The Basics of Chip on Board (COB) LEDs, contributed by Digikey, 2016. 08. 03., letöltés helye: <https://www.digikey.com/en/articles/the-basics-of-chip-on-board-cob-leds>
letöltés ideje: 2023. 10. 25.
- [10] Refond: Innovation enriches life product catalogue 2020, letöltés helye: <https://www.tme.eu/Document/297bac1c849d293b517ecf72110c4a89/catalogue-REFOND.pdf>
letöltés ideje: 2023. 10. 25.

- [11] Jochen, Schutz von Kleinspannungen und Schutztrennung, 2020. 03. 04., letöltés helye: <https://hackmd.io/@Jochen/SkRmBbFV8>
letöltés ideje: 2023. 10. 16
- [12] Gergely István, Elektrotechnika, Javított kiadás, kiadó: Gergely István – General Press
- [13] MSZ 14550-1:1979 szabvány
- [14] Boncz Imre, Kutatás módszertani alapismeretek, Pécs 2015, felelős kiadó: Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar
- [15] A kérdőív készítés folyamata lépésről lépésre, Mayer Annamária, 2018. 10. 10., letöltés helye: <https://spssabc.hu/kerdoiv-keszites/a-kerdoiv-keszites-folyamata-lepesrol-lepesre/>
letöltés ideje: 2023. 10. 15.
- [16] Emri Zsuzsanna, Kérdőív-tervezés szabályai, letöltés helye: http://zsuzsanna.emri.uni-eger.hu/public/uploads/kerdoiv-elmelet_589a036cf0522.pdf
letöltés ideje: 2023. 10. 15
- [17] 2013. évi V. törvény a Polgári Törvénykönyvről, letöltés helye: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1300005.tv>
letöltés ideje: 2023. 10. 15.

10. Ábrajegyzék

3.1. ábra. (jobbra) Rosszul kialakított polcvilágítás; (balra) Megfelelően kialakított polcvilágítás [3]	6
3.2. ábra. Üzletek mátrix eloszlása [5].....	7
3.3. ábra. Általános világítás kritériumai a mátrix eloszlás alapján [5].....	9
3.4. ábra. Sínes világítási rendszer [https://ledworld.com.au/]	10
3.5. ábra. Megfelelően kialakított polcvilágítás [6]	11
3.6. ábra. Középen elhelyezett, lefelé sugárzó próbafülke-világítás [7]	12
3.7. ábra. Háromszög alakzatban elhelyezett, lefelé sugárzó próbafülke-világítás [7] ..	13
3.8. ábra. Megfelelően kialakított próbafülke-világítás [6]	14
4.1. ábra. A próbafülkék [saját kép].....	16
4.2. ábra. Az üzlet alaprajza [saját ábra].....	17
4.3. ábra: A próbafülkék vázlata [saját ábra]	18
4.4. ábra. LED szalag [https://ledium.hu/].....	22
4.5. ábra. Keskenyen sugárzó lámpa [https://www.ikea.com/hu/hu/]	22
4.6. ábra: Transzformátorok földelésének módjai [11].....	23
4.7. ábra. 60 W-os tápegység [https://www.ledvonal.hu/].....	25
4.8. ábra. 150 W-os tápegység [https://www.ledvonal.hu/].....	25
4.9. ábra. Okos dimmer bekötése nyomógommbal történő működtetés esetén [https://www.ledvonal.hu/]	27
4.10. ábra. Manuális dimmer [https://www.anrodiszlec.hu/]	27
4.11. ábra. (jobbra) Tükör tetejéhez tartozó dimmer állapot-áram karakterisztikája; (balra) Tükör oldalához tartozó dimmer állapot-áram karakterisztikája [saját ábra]	29
4.12. ábra. A kiépített világítás kapcsolási rajza [saját ábra].....	30
4.13. ábra. 2 x 0,5 mm ² piros-fekete vezetékpár [https://www.acreedor.hu/]	32
4.14. ábra. 2 x 1 mm ² külső szigeteléssel ellátott kábel (barna-kék vezetékpár) [https://errebishop.com/]	32
4.15. ábra. Alumínium LED profil [https://ledium.hu/]	33
4.16. ábra. Alumínium LED profilba csúsztható opál diffúzor (előlap)[https://ledium.hu/].....	33
4.17. ábra. Ablak szegletvas [https://shop.jkh.hu/].....	34
4.18. ábra. Tükör keretére rögzített szegletvasak [saját kép].....	34

4.19. ábra. A tükör keretére felszerelt alumínium profilok [saját kép].....	35
4.20. ábra. A falra rögzített fő kábelcsatorna [saját kép]	36
4.21. ábra. A fő kábelcsatornát kiegészítő mellék kábelcsatornák [saját kép]	37
4.22. ábra. LED szalaggal és diffúzorral ellátott alumíniumprofilok [saját kép]	38
4.23. ábra. A fűtéscsövön rögzített keskenyen sugárzó lámpatestek [saját kép]	39
4.24. ábra. A fő kábelcsatornára felszerelt fali kapcsoló [saját kép]	39
4.25. ábra. A kiépített világítás működés közben [saját kép]	40
5.1. ábra. A megépített próbababa [saját kép]	42
5.2. ábra. A semleges szürke festékekkel lefestett és mérőhálójával ellátott próbababa [saját kép]	43
5.3. ábra. A felhasznált megvilágításmérő [saját kép]	45
5.4. ábra. A próbafülkében elhelyezett próbababa [saját kép]	46
6.1. ábra. Komfortérzet, általános elégedettség a felpróbált ruhával és a próbafülkével kapcsolatban az egyes beállítások esetén (csak nők 18–59)[saját ábra]	57
6.2. ábra. A felpróbált ruha megvásárlásának aránya az egyes beállítások esetén (csak nők 18–59) [saját ábra]	58
6.3. ábra. A próbafülkén megváltoztatni kívánt tulajdonságok százalékos eloszlása az egyes beállítások esetén (csak nők 18–59) [saját ábra]	59
6.4. ábra. Más próbafülkével való összehasonlítás esetén a „Jobban tetszett” válaszok aránya az egyes beállítások esetén (csak nők 18–59) [saját ábra]	60