

Természet a falak között: a modern belsőépítészet és a szenzorika találkozása

Szente Borbála Anna

Bóna Gábor

2024

Pécsi Tudományegyetem
Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar
Villamos Hálózatok Tanszék
Belsőépítészeti, Alkalmazott és Kreatív Design Tanszék

Természet a falak között: a modern belsőépítészet és a szenzorika találkozása

Készítette: Szenté Borbála Anna
Évfolyam: 2. évfolyam

Készítette: Bóna Gábor
Évfolyam: 4. évfolyam

Belső konzulens: Prof. Dr. Borsos Ágnes DLA habil.
Beosztása: építész, egyetemi docens, tanszékvezető

Belső konzulens: Kisander Zsolt
Beosztása: tanársegéd, mb. tanszékvezető

Pécs

2024

Absztrakt

kulcsszavak: belsőépítészet, mérés technika, IEQ, biofilia, biofilikus design, iroda

A 21. század modern embere beltérben tölti idejének a 90%-át. A belső környezet nemcsak egészségükre és jóllétükre gyakorol hatást, hanem jelentősen befolyásolja produktivitásukat is. A beltéri környezetminőség (Indoor Environmental Quality, IEQ) olyan tényezőkkel foglalkozik, amelyek az épületben tartózkodók jóllétére, komfort- és egészségérzetére hatnak. A természethez való kapcsolódás, mint adaptív emberi szükséglet, elősegíti a pszichológiai regenerációt és a kognitív kapacitás megújulását. A biofilikus design olyan tervezési irányzat, amely erre a kapcsolódási igényre kínál megoldást.

A modern irodák tervezése azonban gyakran steril környezetet eredményez, amelyekben a természetközelség a háttérbe szorul. Az irodatermekbe integrált növényzet hozzájárulhat a beltéri környezetminőség javításához, ugyanakkor a növények gondozása számos kihívással jár. Az optimális növekedés érdekében szükséges a hőmérsékleti paraméterek és a megfelelő fényviszonyok egyensúlyának biztosítása, az öntözés optimalizálása, valamint egyéb fenntartási folyamatok elvégzése. Ezek mind idő- és költségigényes feladatok, amelyek jelentős fenntartási erőforrásokat követelhetnek meg.

A kutatás célja, hogy feltárja, milyen belsőépítészeti megoldásokkal lehet növényeket integrálni irodatermekbe. Továbbá, hogy milyen eszközökkel lehet monitorozni a növények egészségéhez szükséges tényezőket annak érdekében, hogy hosszú távon is képesek legyenek pozitív hatást gyakorolni a beltéri környezetminőségre.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	5
1.1	Problémafelvetés	5
1.2	Célkitűzés	5
1.3	Hipotézisek	6
1.4	Kutatási módszer	6
2.	Irodalmi áttekintés	7
2.1	Beltéri környezetminőség fogalma	7
2.2	A biofilia elmélete	8
2.3	Biofilikus design	9
2.3.1	Hatásai	10
2.4	Növényzet beltérben	11
3.	Koncepció	13
3.1	Méréstechnikai eszköz tervezése	13
3.1.1	Adatok fontossága	13
3.1.2	Mérések kivitelezése	14
3.2	Növénytartó tervezése	19
3.2.1	Konkurens termékek	19
3.2.2	Funkcióelemzés	20
3.2.3	Követelményjegyzék	22
3.2.4	Formakeresés	24
3.3	Végleges termékjavaslat	24
3.4	Eredmény értékelése	28
3.5	Végleges termék összehasonlítása a piacon elérhető termékekkel	28
4.	Összefoglalás	30
	Köszönetnyilvánítás	31
	Irodalomjegyzék	32
	Mellékletek	35

1. Bevezetés

A 21. század modern embere beltérben tölti idejének a 90%-át. A belső környezet hatást gyakorol gondolatainkra, érzéseinkre és attitűdünkre; befolyásolja társas interakcióinkat, egészségünket és jóllétünket. Bár az utóbbi időben az emberközpontú tervezési stratégiák teret nyertek az irodák tervezésénél, még mindig gyakran hiányzik belőlük a természetközelség, amely képes lenne ellensúlyozni a munkahelyi monotonitást és stresszt. A természetes fény hiánya, a szürke terek és az élettelen anyagok mind hozzájárulnak ahhoz, hogy az irodák rideg, fárasztó atmoszférát teremtsenek. (*Anthes, 2020*)

1.1 Problémafelvetés

A PTE-MIK belsőépítész képzés második szemeszterében egy féléves feladat kapcsán foglalkoztunk egy irodaház belső terének újragondolásával. A tervben különböző pontokra fókuszáltunk, hogy a használatot még jobban támogassuk. Az épületre vonatkozó kérdőíves felmérés eredménye szerint a felhasználók igénye magas a nagyobb mennyiségű, minőségi zöld környezetre az irodaterben. Annak érdekében, hogy ezt az igényt teljesítsük, kutakodni kezdtünk milyen megoldások elérhetők a növényzet integrálására irodaterbe.

A tradicionális kaspós megoldás legfőbb problémája, hogy a karbantartásuk a pontszerű elrendezésből fakadóan időigényes, illetve jelentős összefüggő zöldfelület nem hozható létre. Habár a beépített növényágak alkalmazása nagyobb zöldfelületet biztosít, azonban telepítésük rendkívül magas költségekkel jár, beleértve a tervezést, a kivitelezést és az infrastruktúra kiépítését. Az ágyásoknál is felmerül hátrányként, hogy nehezen karbantarthatók, mivel helyhez kötöttek és az optimális környezeti feltételek nem mindig adottak. Továbbá a beépített rendszerek átalakítása vagy bővítése is rendkívül idő- és költségigényes.

Ahhoz, hogy a növények valóban hozzájárulhassanak a beltéri környezetminőség javításához, elengedhetetlen a megfelelő környezeti feltételek előteremtése. Az optimális növekedés érdekében szükséges a hőmérsékleti paraméterek és a megfelelő fényviszonyok egyensúlyának biztosítása, az öntözés optimalizálása, valamint egyéb fenntartási folyamatok elvégzése. Ezek mind idő- és költségigényes feladatok, amelyek jelentős fenntartási erőforrásokat követelhetnek meg, valamint akadályozza a zöldkörnyezet széleskörű integrálását irodaterben.

1.2 Célkitűzés

A dolgozat célja egy moduláris növénytartó rendszer tervezése, amely beépített szenzorok segítségével folyamatosan figyelemmel kíséri és kommunikálja a növények szükségleteit. Az így kialakított rendszer nemcsak megkönnyíti a beltéri növényzet karbantartását, hanem

lehetővé teszi a zöld környezet hatékonyabb integrálását irodatérbe, javítva ezzel a beltéri környezetminőséget és a felhasználók jóllétét.

1.3 Hipotézisek

(1) Létezik olyan újszerű belsőépítészeti megoldás, amellyel hatékonyan integrálható minőségi zöldfelület irodatérbe. (2) Létezik olyan újszerű méréstechnikai kiegészítés, amely lehetővé teszi az automatizált adatgyűjtést a növények szükségleteiről. (3) Létezik olyan újszerű belsőépítészeti megoldás, amely méréstechnikai kiegészítéssel támogatja a növények karbantartását.

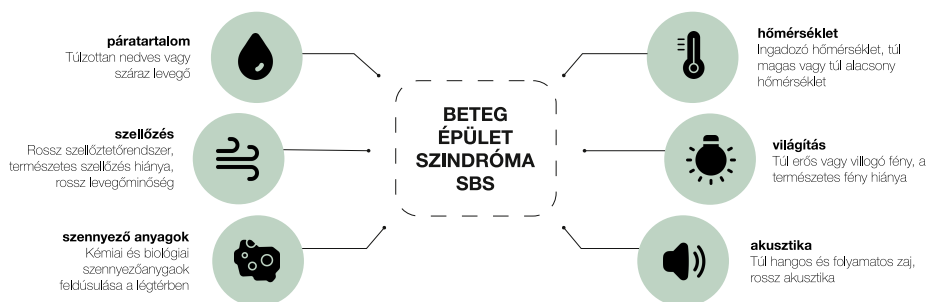
1.4 Kutatási módszer

A kutatás terméktervezést céloz, a hipotéziseket magunk állítottuk fel a kísérlet alátámasztására vagy megcáfolására. Az általunk végzett kutatás egy alkalmazott kutatás, amelyben a szekunder kutatás során gyűjtött információt a primer kutatás során új megoldások kidolgozására és tesztelésére használtuk.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 Beltéri környezetminőség fogalma

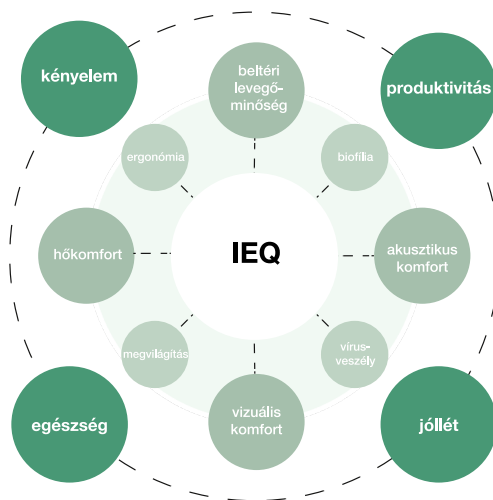
Felmérések szerint napjainkban az emberek zárt térben töltik idejük 90%-át és az ébren töltött idejük több, mint 50%-át munkahelyükön töltik. A munkahely olyan stresszfaktorként is értelmezhető, amely negatívan hat a munkavállalókra a feladatok, a határidők, valamint a társas kapcsolatok folyamatos frusztrációi és nyomása miatt. Ezen kívül a munkahelyek fizikai környezete is meghatározó szerepet játszik: a természetes fény hiánya, a rossz levegőminőség, a zajszennyezés és a kényelmetlen munkaállomások mind hozzájárulhatnak a stressz szintjének növekedéséhez. A munkahelyi környezet közvetlenül befolyásolja az ott tartózkodók jóllétét, komfort- és egészségérzetét. A munkahelyi stressz hosszútávon súlyos következményekkel járhat. A fizikai tünetek között gyakoriak a fejfájás, a magas vérnyomás és a szív- és érrendszeri betegségek, míg a mentális egészségre gyakorolt hatásai között a szorongás, a depresszió és a kiégés említhetők. Ezen túlmenően a stressz aláássa a munkavállalók motivációját és koncentrációját, ami produktivitáscsökkenéshez és gyakori hibákhoz vezethet. A munkahelyeken a természeti környezet is háttérbe szorul, ami az emberek és a természet között egyre növekvő szakadékot eredményez. Az elsősorban mesterséges világítást használó, klimatikusan szabályozott épületek, amelyekből hiányzik a természetes szellőzés, a mérgező VOC-ot (Volatile Organic Compound-illékony szerves vegyületeket) tartalmazó anyagok és termékek károsan hatnak a munkavállalók fizikai és szellemi jóllétére (2.1. ábra). Ezen tényezők a Sick Building Syndrome (SBS-Beteg épület szindróma) fő okozói. (Morsy Mohamed Mohamed Aly, 2021) (Al-Dmour, 2023) (Wong, 2011)



2.1. ábra: Beteg épület szindrómát kiváltó tényezők (saját szerkesztés, szerkesztve a (RadGreen, 2022) forrásból)

A kellemes beltéri környezet pozitív érzékelési stresszorokat előidézve javíthatja a térhasználók komfortérzetét és jóllétét. Számos beltéri környezeti stresszor van, amelyek negatívan befolyásolhatják a dolgozók jóllétét és produktivitását: zaj, nem megfelelő hőmérséklet, páratartalom, gyenge megvilágítás, rossz levegőminőség és kellemetlen szagok. Ezen tényezők

additív módon vagy összetett kölcsönhatások révén eredményeznek kellemetlennek érzékelt környezetet. A nem optimális beltéri környezet hatására nő az egyén egészségkockázata. A beltéri környezetminőség (Indoor Environmental Quality-IEQ); az emberközpontú tervezés alapvető pillére, olyan tényezőkkel foglalkozik, amelyek befolyásolják az épületben tartózkodók jóllétét, komfort- és egészségérzetét. Ide tartozik a levegőminőség, hőkomfort, megvilágítás, akusztikai komfort és az ergonómia (2.2. ábra). (Wu, Liu and Kong, 2023) (Bluyssen, 2020).



2.2. ábra: Beltéri környezetminőséget (IEQ) befolyásoló tényezők (saját szerkesztés)

2.2 A biofilia elmélete

A biofilia szó szerint az élet, az élő rendszerek szeretetét fejezi ki. A kifejezés egy német szociálpszichológus, Erich Fromm 1964-ben megjelent „Az ember szíve” című könyvében gyökerezik. Fromm az élő organizmusok két alapvető viselkedési hajlamát magyarázza: az élet fenntartása a halálos fenyegetettségtől és a pozitív társas integráció. A biofilia elmélete Fromm felvetése után csak az 1980-as években kapott nagy figyelmet. Edward Wilson úgy határozta meg, mint „az életre és az életszerű folyamatokra való összpontosítás veleszületett hajlama”. Wilson (1993) továbbfejlesztette a biofilia hipotézist: az „élethez” való érzelmi kötődés megmaradt, miután az emberiség a primitív természeti környezetből a mesterséges új környezetbe vándorolt. A biofilia elmélete szerint tehát az ember és a természet között veleszületett kapcsolat van, az ember eredendő pszichológiai orientációja az élő dolgok irányába mutat, az emberi lényegből adódóan a természettel való kapcsolódási igény folyamatos társadalmi, fizikai és mentális szinten is. Környezetpszichológiai kutatások azt mutatják, hogy a természethez való kapcsolódás valójában egy olyan adaptív emberi funkció, amely elősegíti a pszichológiai regenerációt és a koncentrációkapacitás újratöltődését. Az ember és a természet közötti kapcsolat hatással van a produktivitásra, a személyes jóllétre és a

társas kapcsolatokra. A biofilia számos olyan felhasználási lehetőséggel rendelkezik, amelyek segítenek a hétköznapi környezetet stimulálóbba alakítani, akár a természettel való foglalkozás, az állatokkal való interakció, a parkban való séta, vagy csupán a zöldre való kilátás a munkahelyről. (Zhong, Schröder and Bekkering, 2022) (Wilson, 1984) (Tharim *et al.*, no date) (Al-Dmour, 2023) (Cooper and Browning, 2015) (Düll, 2010) (Fjeld, 2018) (Olmsted, 2014a)

2.3 Biofilikus design

A biofilikus design egy olyan tervezési megközelítés, amelynek célja a természet jótékony hatásainak fokozása, fenntartása és helyreállítása a modern épített környezetben. A fogalmat Stephen R. Kellert dolgozta ki 2008-ban, két alapvető dimenziót meghatározva: az organikus és a vernakuláris (helyalapú) dimenziót. Az organikus dimenzió az épített környezet olyan elemeire utal, amelyek közvetlenül, közvetve vagy szimbolikusan tükrözik az ember természethez való kötődését. A közvetlen kapcsolat a természet elemeinek, például növények vagy a természetes fény jelenlétéből fakad. A közvetett kapcsolat az emberi beavatkozást igénylő elemeket, például akváriumokat vagy szökőkutakat foglalja magában. A szimbolikus élmény a természet reprezentációját alkalmazza képek, metaforák vagy videók formájában. Ezzel szemben a vernakuláris dimenzió a tájak és épületek olyan attribútumaira fókuszál, amelyek az adott hely kultúrájához kapcsolódnak.

2014-ben a Terrapin Bright Green a biofilikus tervezést három pillérre és tizennégy mintára bontotta az épített környezet minőségének javítása érdekében. Az első pillér a természet a térben, a természet közvetlen integrálását jelenti az épített környezetbe, például növények, zöld falak, tetőkertek, valamint a természetes tájakra való kilátás révén.

A második pillér a természet analógiája, amely az ember alkotta elemek segítségével imitálja a természetet. Ide tartoznak például az organikus formákat idéző bútorok, a természetes anyagok, a biomorf minták és formák vagy a természeti tájak és élőlények ábrázolásai.

A harmadik pillér, a tér természete, a különböző térkonfigurációk által keltett érzelmi és pszichológiai reakciókra összpontosít. Az emberek természetes vonzalma a kilátás, menedék, rejtély vagy kockázat érzését keltő terekhez ebben a kategóriában kap hangsúlyt. Ez a pillér négy biofilikus mintát foglal magában, amelyek célja a térben való szándékos és vonzó élmények megteremtése. (Kellert, Heerwagen and Mador, 2011) (Tharim *et al.*, no date) (Browning, Ryan and Clancy, 2014) (Mahmoud El-Bannany, K.Hassan and Mohamed Assem, 2022)

A biofilia elméleten alapuló biofilikus design tehát válasz az ember természethez való szoros kapcsolódási igényére; és ennek a kapcsolatnak az épített környezetben való helyreállításán

dolgozik, hogy az egyénnek a természettel való kapcsolata ne szakadjon meg abban a környezetben, amelyben nap mint nap él és dolgozik (Gillen, 2019) (Browning and Cooper, 2015). A természet és az épített környezet közötti harmóniára törekszik, hozzájárulva ezzel a felhasználók jóllétének, egészség- és komfortérzetének javításához. A biofilikus megközelítést újabban kiegészítő tervezési stratégiaként alkalmazzák számos épülettípus tervezésénél többek között irodaházaknál, egészségügyi intézményeknél és oktatási intézményeknél. (Browning, Ryan and Clancy, 2014) (Mahmoud El-Bannany, K.Hassan and Mohamed Assem, 2022) A növényzet természetes velejárója a biodiverzitás, tehát a biológiai sokféleség. A modern irodák tervezése gyakran steril környezetet eredményez; hiányzik belőlük a növényzet és a biodiverzitás, ezáltal csökken a közvetlen kapcsolódás a természettel. A biofilikus design célja éppen a paradox elidegenedés csökkentése és a természetes kapcsolódás helyreállítása a mindennapi életben és munkahelyeken egyaránt (Gillen, 2019) (Browning *et al.*, 2012).

2.3.1 Hatásai

A biofilikus design elmélete szerint a természet közelsége jelentősen javítja az emberek kognitív működését, fiziológiai jóllétét és produktivitását a munkahelyen. Kutatások szerint az irodai dolgozók a természetes elemekkel rendelkező terekben nagyobb kreativitásról, termelékenységről és jóllétről számoltak be. A „Human Space Report” (2015) szerint azokban irodákban, amelyekben megtalálhatók a biofilikus design elemei a dolgozók jólléte 13%-kal, produktivitásuk pedig 15%-kal is magasabb volt, mint a hagyományos kialakítású munkakörnyezetben.

E tervezési megközelítés emberekkel kapcsolatos előnyei két nagy elme-test rendszerre oszthatók. Az első a kognitív működés és teljesítőképesség javítása. A természetes környezet, olyan ingereket kínál, amelyek elősegítik a koncentrációkapacitás újratöltődését. A második terület a fiziológiai egészség és jóllét, amelyet a természettel való közvetlen vagy közvetett kapcsolat biztosít. A természet jelenléte csökkenti a stresszt, javítja a hangulatot és támogatja a pszichológiai regenerációt. A fizikai egészség javulása is megfigyelhető: csökkentheti a vérnyomást és stresszhormonokat. Kutatások szerint 30%-kal csökkent a betegorák száma azokban az irodákban, amelyekben megtalálhatók a biofilikus design elemei. (2.3. ábra) (Browning, Ryan and Clancy, 2014) (Cooper and Browning, 2015) (Olmsted, 2014b) (Mahmoud El-Bannany, K.Hassan and Mohamed Assem, 2022) (Suharjanto *et al.*, 2020)



2.3. ábra: Biofilikus design hatásai (saját szerkesztés)

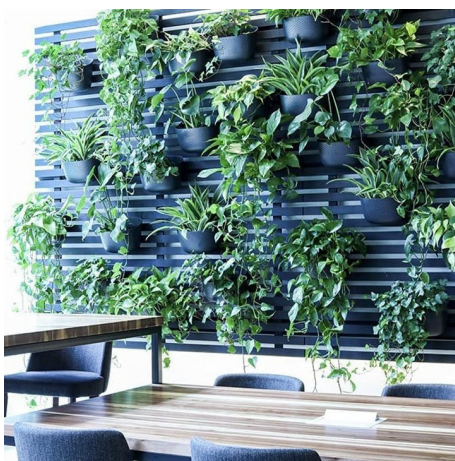
2.4 Növényzet beltérben

A növényeknek és az embereknek alapvetően hasonló szükségleteik vannak a mindennapi életben. A legtöbb ilyen igényt, legalábbis a külső behatásokat mérni és változtatni tudjuk. A megvilágítás, hőmérséklet és páratartalom mind olyan környezeti paraméter, ami mind a két fél számára fontos a munkavégzése során. A növények részéről ez a munka például az irodai levegő tisztítását jelenti, ami nekünk, embereknek lényeges, hisz tiszta levegőben hosszabb ideig tudunk koncentrálni és hatékonyabban tudjuk ellátni a munkánkat. Ha megkeressük azt a metszetet, ahol a környezet alkalmas a növények és az emberek foglalkoztatására egyidőben, akkor mind a két részről produktívabb tevékenységet fogunk tapasztalni. Értelmeszerűen a velünk együtt dolgozó zöldeknek nem csak egy pozitív tulajdonsága van, hanem számtalan egyéb is.

A növények képesek kémiai folyamatok révén a levegő tisztítására, a különféle szennyező gázok felszívásával és átalakításával (2.4. ábra) (NASA, 2019). Ezek a gázok VOC¹ néven ismertek. Emellett a növények megkötik a szállóport a fotoszintézis során létrehozott ionokkal², amik melleleg csökkentik a kisebb terekben keletkező aeroszol szennyeződéseket is (Ravindra and Mor, 2022). Ez csak néhány példa arra, hogy mennyi pozitív tulajdonsága lehet a belélegzett levegő minőségére, az irodában elhelyezett flórának.



2.4. ábra: Külöfjele zöld növények és az általuk kiszűrt VOC-k (Ravindra and Mor, 2022)



2.5. ábra: Természtes zajsűrű fal (Lambert, no date)

Fizikai szempontból, növényekkel képesek vagyunk közösségi terek zajosságát is csökkenteni. A zajelnyelő képességet a növényzet levelének sűrűségével és felületének nagyságával tudjuk elérni. Ez a levelek rugalmasságának köszönhető, ami pont az ellenkezőjét nyújtja, mint a legtöbb iroda berendezését képző, rideg és kemény bútorzat (Soundtect, 2024) (2.5. ábra).

Továbbá az emberek mentális egészségére is hathat a zöld környezet. Csökkentve a fáradtságot és a stresszt, ezzel javítva a munkamorált. A növények látványa és közelsége a belteret természetesebbé téve, hat az ott lévő személyek jóllétére (Fielding, 2023) (Astley, 2022).

¹ Volatile Organic Compound - Illékony szerves vegyületeket

² NAIs - Negative Air Ions – Negatív levegő ionok

3. Konceptió

A növények előzőleg tárgyalt sok hasznos tulajdonságát a munkánk kiegészíti több aspektussal. A projekt keretein belül kísérletet teszünk egy szenzorokkal felszerelt moduláris növénytartó megtervezésére. A moduláris kivitelének köszönhetően hálószerűen sokszorozható zöld felületeket alakíthatunk ki az irodaterbe. Ehhez egy könnyedén átlátható és kezelhető felhasználói felület társul, ahol vizuálisan érzük el az irodai környezet fontosabb adatait. A projekt technikáját tekintve Plug & Play típusú, ezért bekapcsolás után csak a hálózati elérést kell beállítanunk rajta. Az ezt követő újraindításkor automatikusan fog csatlakozni az adott WiFi-hez. A növénytartó akkumulátorral és vezetékes csatlakozási lehetőséggel is rendelkezik, így nem vagyunk kötöttek hálózati aljzathoz. Bár az adatok alapvetően grafikus úton kerülnek megjelenítésre, szükség esetén nyers szöveges formában is elérjük őket, például kimutatások számára.

3.1 Méréstechnikai eszköz tervezése

3.1.1 Adatok fontossága

Az információk, amikkel a projekt foglalkozik szoros összefüggésben vannak a munkavállalók teljesítményével és közérzetével. Ezek a környezeti változók a projekt rendszerével változtathatóvá válnak közvetett vagy közvetlen módon. Például míg a fényerősség közvetlenül egy szobanövénnel nem módosítható, addig közvetett módon a rendszer adataiból egy állítható fényerősségű lámpa szabályozásával már igen. Ellenben a hőmérséklet és a páratartalom közvetlen módon befolyásolható, a zöld növényzet transzspirációs³ folyamatai segítségével.

A hőmérséklet optimális értéken tartása nagyban befolyásolja a teljesítő képességünket. Ez az érték a kutatások szerint 21°C – 22°C közé tehető, ahol a produktivitás eléri a képzetes 100%-ot.(Berkerly Lab, no date)

A páratartalom helyes értéke főként a munkavállalók egészségére lehet hatással. Optimuma, egy adott maximum és minimum értéken belül helyezkedik el. Ezen értékeket átlépve negatív hatásokat tapasztalhatunk. Például túl alacsony⁴ páratartalom esetén az influenzát okozó vírushordozók több mint 70%-a képes fertőzésre, mivel szárazabb levegőben jobban tudnak terjedni a kórokozók (Kudo *et al.*, 2019).

³ A növények által végzett vízleadási folyamat, ami hűti a levelek környezetét

⁴ A kutatásban ez 23% relatív páratartalom volt

Ellenben az embereknek kedvezőbb⁵ páratartalom esetén már csak a vírusok 14%-a volt képes a fertőzésre. Ebből látszódik, hogy a páratartalom növelése hasznos lehet a légúti megbetegedések elkerülése végett. Viszont, ha túl magas⁶ a víztartalom a levőben az penészképződést idézhet elő, ami szem és bőr irritációhoz vezethet, rosszabb esetben pedig megbetegedéssel járhat⁷. Így érdemes a munkaterek levegőjének relatív páratartalmát 30-50% között tartani a megfelelő munkakörülmények kialakítása végett (US EPA, 2014).

A helyes megvilágítás befolyásolhatja a dolgozók produktivitását, egészségét és még az étkezési szokásaikat is. A jól megvilágított, nyitott helyiségekben a termelékenység nő, míg zárt, sötét terekben csökken. Épületek tervezésénél éppen ezért fontos létrehozni olyan munkaterületeket, amik sok természetes fényt engednek be.

Mivel a projekt elsődlegesen meglévő épületekben lesz használva, ahol az irodák kialakításának megváltoztatása utólag nem lehetséges. Ellenben különböző szabályozható fényerőjű lámpák elhelyezésével, módosítható mind a növényt körülvevő természetes fény, például árnyékolók mozgatásával, mind a foglalkoztatási területek megvilágítása⁸ mesterséges fényforrásokkal.

3.1.2 Mérések kivitelezése

3.1.2.1 Bevezetés a mérőberendezés felépítésébe

Az környezeti tényezők méréséért és továbbításáért az elektronika felelős. Ezen paramétereket és a hozzájuk tartozó szenzorokat az 3.1. táblázat foglalja össze.

	Mért.egys.	Elnevezés	Kép
Hőmérséklet	°C	BME 680 ⁹	
Relatív páratartalom	%RH		
Légnyomás	hPa		
Környezeti fénye.	Lx	VEML7700 ¹⁰	
Fehér fénye.	Lx		

⁵ A kutatásban ez 43% relatív páratartalom volt

⁶ 50% feletti érték esetén.

⁷ Ennek a forrása a penész által termelt neurotoxinok a levegőben

⁸ Részletesebb információk a beltérek megvilágításáról az MSZ EN 12464-1:2022 szabványban találhatóak.

⁹ [Bosch gyártói weboldal](#)

¹⁰ [Vishay gyártói adatlap](#)

Talajnedvesség	%	SoilCap V1.2 ¹¹	
Légáramlás	M/s	Omron D6F-F03A1 ¹²	

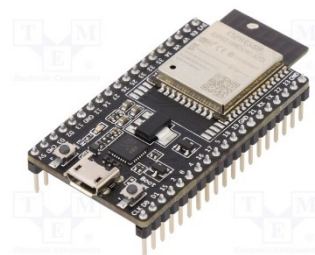
3.1. táblázat: Paraméterek és mérőszensorok bemutatása

Alapvetően minden egység egy közös ESP32¹³ mikrovezérlővel kommunikál, különféle protokollokat használva. Míg az mikrovezérlőről történő adattovábbítás módja és az adatok megjelenítésre szolgáló felület közös bennük.

A programban minden szenzorhoz külön forrásfájl került megírásra az átláthatóság és a jövőbeli módosítások végett. A kód írásának és fejlődésének végig követhetőségét a GitHub¹⁴ tette lehetővé, ahová minden fontos változtatás felkerült.

3.1.2.2 Az adatgyűjtő rendszer hardveres felépítése

Mint korábban említésre került minden szenzor egy ESP 32-ben (3.1. ábra) fut össze. Az ESP egy olyan mikrovezérlő, amely képes IOT¹⁵ feladatok elvégzésére, a beépített WIFI antennájának köszönhetően, így nem kell hozzá külső modult választani. Emellett minden a projekt szempontjából fontos bemenetet tartalmaz a szenzorok olvasása végett, például ADC, I2c, és I2s¹⁶(3.2. ábra).



3.1. ábra: ESP 32 Devkit (TME Electronic Components, no date)

¹¹ [DFrobot gyártói weboldal](#)

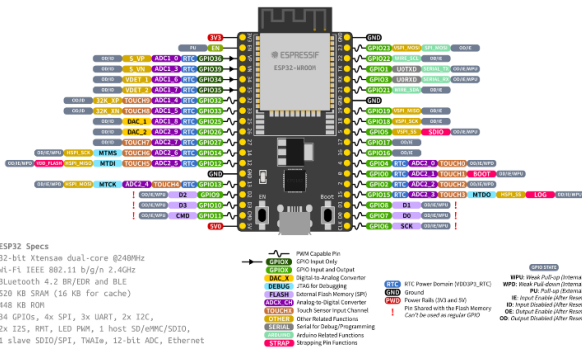
¹² [Omron gyártói adatlap](#)

¹³ [Espressif gyártói weboldal](#)

¹⁴ Github-on lévő forráskód egy privátprojekt része, így elérését a következő email-címen lehetséges jelezni: N1100h@tr.pte.hu

¹⁵ Internet Of Things – A dolgok internete

¹⁶ Analog to Digital Converter, Inter-Integrated Circuit, Inter-Integrated Sound



3.2. ábra: Az ESP funkció és lábkiosztás ábrája
 (Last Minute Engineers, 2022)

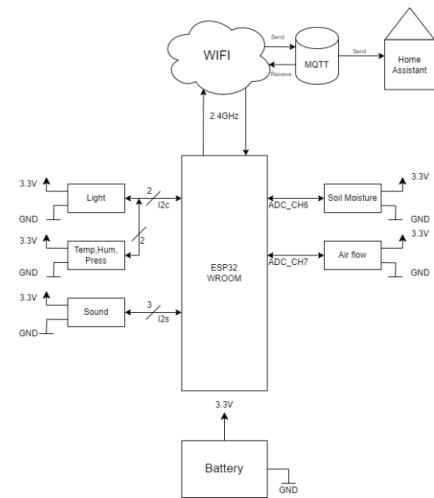
rendszer felépítésének sematikus kapcsolási rajzát az alábbi ábra mutatja be: 3.3. ábra. A szenzorok egy közös NYÁK¹⁸-on kapnak helyet a mikrovezérlővel, mivel a kaspó kialakítása lehetővé teszi az egy helyen történő adatgyűjtést. Ez alól kivételt képez a talajnedvesség és a légáramlás mérő, hiszen az előbbinek a kaspóban található földdel érintkezni kell, míg utóbbinak a kaspó körüli légsebesség változást kell mérnie.

Az elkészült nyákterv (3.4. ábra) átláthatóan mutatja be az eddig felsorolt kritériumoknak megfelelő eszköz tervét.

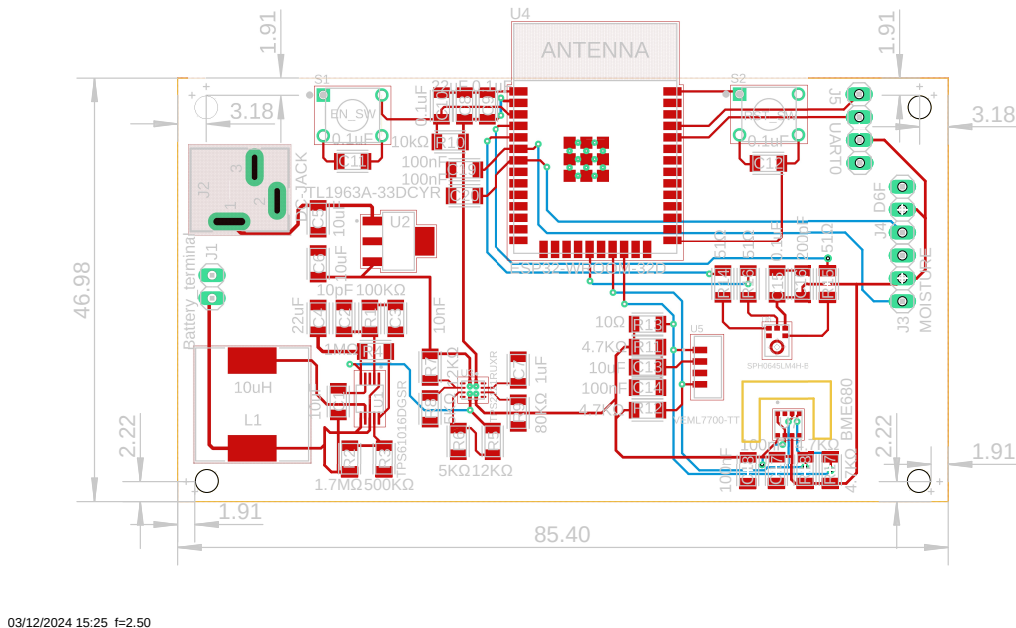
A szoftveres kivitelezést az ESP IDF¹⁷ néven ismert fejlesztő környezet által nyújtott kód paletta segítette, amivel egyszerűen lehetett kezelni az adatok gyűjtését és elküldését. (bővebben:17-oldal).

Összességében az ESP minden tekintetben megfelel a feladatnak, amit a projektben egy mikrovezérlőnek el kell végeznie.

A



3.3. ábra: A mérőrendszer hardver blokk vázlatja (saját kép)



3.4. ábra: Nyákterv (saját szerkesztés)

¹⁷ Espressif IoT Development Framework

¹⁸ Nyomtatott Áramköri Kártya

3.1.2.3 Az adatgyűjtő rendszer szoftveres felépítése

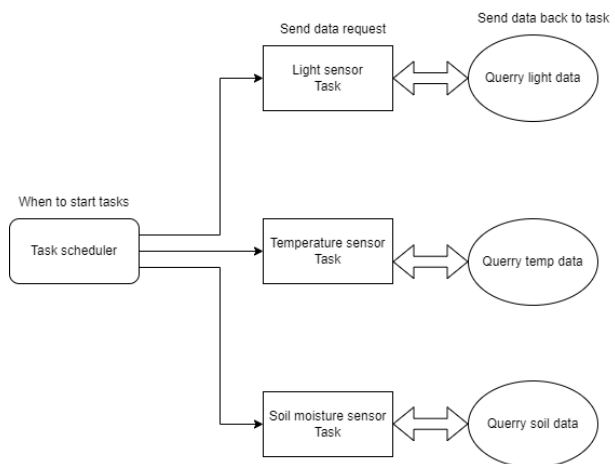
A projekt szoftvere két nagy részből áll. Ebből az egyik az, ami az ESP-n fut és az adat küldést végzi, míg a másik a Home Assistant¹⁹ rendszeren működik és az adat vételt végzi. Ezt a két részt kapcsolja össze a MQTT²⁰ szolgáltatás, ami egy adatcsatorna a két eszköz között.

A projekten belül zajló folyamat összefoglalva a következő lépésekből áll:

1. Adatok lekérdezése a szenzoroktól
2. Információk átalakítás JSON²¹ formátumra
3. JSON objektum elküldés MQTT-n keresztül
4. Fogadás és feldolgozás Home Assistant-on belül

3.1.2.4 Adat lekérdezés

Minden szenzor az ESP IDF által szolgáltatott Task-okon belül küldi el a mért értékeket a mikrovezérlő felé. A Task-okat egy úgynevezett Task scheduler működteti, amely egy előre meghatározott időközönként elindítja az adatgyűjtő folyamatokat. Ha a kódunk megkapja a vezérlő jelet a működésére, akkor az egy függvény segítségével beolvassa a szenzor által számított paramétereket és átalakítja helyes mértékegységre, illetve tizedes formátumra.



3.5. ábra: Részlet a program működéséből (saját kép)

3.1.2.5 JSON formátum kezelés

```
{  
  "ambient_light": 87,  
  "white_light": 213,  
  "sensor_type": "VEML7700"  
}
```

Ahhoz, hogy az adatokat a Home Assistant rendszer fogadni tudja, nem elég nyers formában elküldeni őket. Hanem a 3.6. ábra-n látható formátumra kell átalakítani az elküldendő információkat.

Így továbbíthatóvá válik a példában is szereplő fényerősség, az HA felé.

Az ESP IDF rendelkezik cJSON objektum létrehozására alkalmas függvényekkel, így ezeket használva az adatokat névvel ellátva tudjuk továbbítani Home Assistant felé.

3.6. ábra: JSON formátumú üzenet (saját kép)

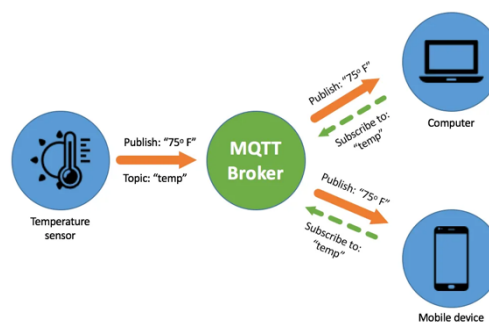
¹⁹ Nyílt forráskódú otthon automatizálási rendszer, rövidítve HA

²⁰ Message Queuing Telemetry Transport

²¹ JavaScript Object Notation

3.1.2.6 Üzenet továbbítása MQTT-n keresztül

Az MQTT szolgáltatás működéséhez szükséges egy broker²², ahová címezve küldhetjük az üzeneteket. Broker bérelhető cégektől, de akár saját szolgáltatás is futtatható a Home Assistant rendszer mellett. Tesztelés szempontjából a Eclipse által létrehozott mosquitto MQTT broker került felhasználásra.

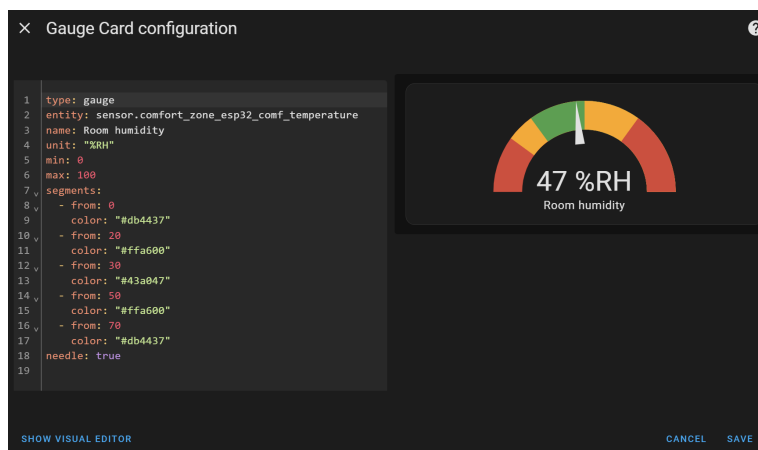


Az üzenetek MQTT-n áthaladva érik el a HA felületét. Lényeges, hogy az elküldött adatok csak akkor kerülnek eltárolásra, ha azok feldolgozáson esnek keresztül a végponton. Mivel maga az MQTT broker nem tárolja az adatokat.

3.7. ábra: Eclipse Mosquitto működésének szemléltetése (Sharma, 2020)

3.1.2.7 Home Assistant webinterface

HA-n belül lehetőség nyílik adott topic-ra való feliratkozásra, ahová az eddig küldött üzenetek kerültek a mikrovezérlő felől. Ezekből az információkból bináris entitások hozhatóak létre, amik segítségével az eddigi MQTT-s adatok nem vesznek el, hiszen a végponton tárolásra kerülnek. Létrehozhatóvá válnak különféle kimutatások, grafikonok és akár vezérlő jelek, automatizálások is, amik további IOT eszközöket képesek vezérelni.



3.8. ábra: Páratartalom kijelző az ajánlott értékek figyelembevételével (saját kép)

²² A broker egy olyan szerver, ami a kliensek által publikált adatokat közvetíti az előfizető résztvevők számára

3.2 Növénytartó tervezése

3.2.1 Konkurens termékek

Pillow Space Planter



3.9. ábra: Konkurens termék Pillow Space Planter (Cascando Products B.V., no date)

Méret: 88x79x40 cm (standard), több méretben is elérhető

Anyag: Kárpitozott szövetpanel, porszórt acél lábazat, fékezhető görgők

Jellemzők: akusztikus térelválasztóként is lehet használni, mozgatható

Polys



3.10. ábra: Konkurens termék Polys (mmcité (mmcite.com), no date)

Méret: több méretben is elérhető-12 literes, 24 l, 53 l, 15 l, 31 l, 69 l (egy, kettő, négy és öt modulból álló konfigurációk)

Anyag: acél, porszórt alumínium lemez

Jellemzők: Öntözőrendszer, moduláris, térelválasztó

PLANT HERE



3.11. ábra: Konkurens termék PLANT HERE (Wood Mobilier, no date)

Méret: 45,3x87,4x28,8 cm

Anyag: porszórt acéllemez

Jellemzők: Öntözőrendszer, moduláris, térelválasztó

TESS



3.12. ábra: Konkurens termék TESS (Design Public, no date)

Méret: több méretben elérhető

Anyag: porszórt alumínium lemez

Jellemzők: moduláris, tételválasztó

NAAVA



3.13. ábra: Konkurens termék NAAVA (NAAVA, no date)

Méret: több méretben elérhető

Anyag: porszórt alumínium lemez

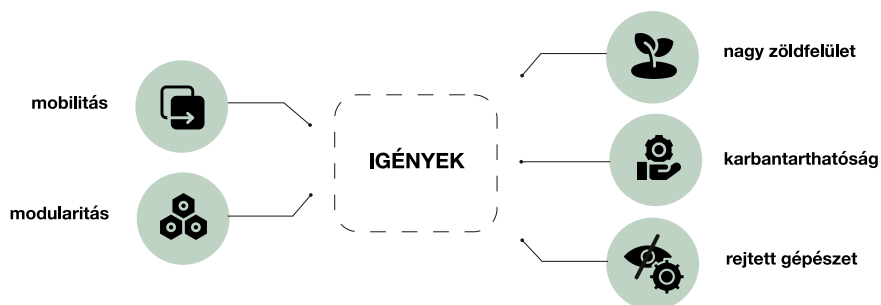
Jellemzők: mobilis, tételválasztó, mágneses tábla, automatizált levegőtisztító, párasítás

Habár a dolgozat a növények horizontális telepítési lehetőségeire fókuszál, fontosnak tartottuk a NAAVA rendszer bemutatását is, hiszen hasonló elveket más eszközökkel

valósít meg, mint a termékötletünk: minimális karbantartás, nagy zöldfelület, mobilitás, növények jólléte.

3.2.2 Funkcióelemzés

A funkcióelemzés a tervezés fontos eleme, segítségével egy teljes képet kapunk arról, hogy milyen alapfunkciókat kell a terméknek feltétlenül kielégítenie. Elsőként a felhasználói igényeket gyűjtjük össze (3.14. ábra), amiket termékfunkciókká alakítunk át. A funkciófa, tervezési segédeszköz segítségével ezen funkciókat rangsoroljuk, ezzel fejezzük ki fontosságukat. Értelmszerűen először a főfunkciót határozzuk meg, majd a részfunkciókat. A részfunkcióknak is lehet további részfunkció halmazai.



3.14. ábra: Felhasználói igények (saját szerkesztés)

F₁ Működést biztosít

F₁₁ Modularitást hordoz

F₁₁₁ Összekötő elemet tartalmaz

F₁₁₂ Pozicionálást biztosít

F₁₂ Mobilitást hordoz

F₁₂₁ Mozgó elemet tartalmaz

F₁₂₂ Megállítást biztosít

F₁₃ Növénykarbantartást biztosít

F₁₃₁ Szenzorokat tartalmaz

F₁₃₂ Önöntöző rendszert tartalmaz

F₂ Környezethez illeszkedik

F₂₁ Irodaterhez igazodik

F₂₁₁ Sorolhatóságot biztosít

F₂₁₂ Mobilitást biztosít

F₃ Esztétikai igényt kielégít

F₃₁ Esztétikai élményt nyújt

F₃₁₁ Természetközelséget teremt

F₃₁₂ Harmóniát áraszt

F₃₂ Környezettel harmonizál

F₃₂₁ Belső térhez igazodik

F₄ Ergonómiai igényt kielégít

F₄₁ Antropometriai igényt kielégít

F₄₁₁ Dimenzionálisan harmonizál

F₄₂ Pszichológia igényt kielégít

F₄₂₁ Nyugalmat áraszt

F₄₂₂ Jólétet fokozza

F₄₂₃ Monotonitáscsökkentést segít

F₄₃ Mentálhigiénés igényt kielégít

F₄₃₁ Rendezettséget sugall

F₅ Egészségügyi előírásoknak eleget tesz

F₅₁ Biztonságot nyújt

F₅₁₁ Balesetet kizár

F₅₁₂ Előírásoknak megfelel

F₅₁₃ Stabilitást biztosít

F₅₁₄ Lekerekített élekkel rendelkezik

F₅₂ Higiéniai igényeket kielégít

F₅₂₁ Tisztíthatóságot biztosít

F₆ Ökológiai igényt kielégít

F₆₁ Újrahasznosítható anyagokból készül

F₆₂ Anyagok szétválasztását biztosítja

F₆₂₁ Minimális anyagféleséget tartalmaz

F₆₃ Fenntarthatóságot biztosít

F₆₃₁ Környezetbarát technológiával készült

F₆₃₂ Hosszú élettartalommal rendelkezik

3.2.3 Követelményjegyzék

3.2. táblázat: Tervezés követelményei (saját szerkesztés)

Követelménytípusok	Minősítés	Megjegyzés
A) Termékjellemzők		
I. Méret		
Többféle méret	SZ/5	Változó magasság
II. Szín		
Esztétikus	SZ/5	
Harmonikus	SZ/5	
III. Anyag		
Környezetbarát	SZ/5	Megfelelő alapanyag és felületkezelő anyag választása
Időtálló	AK	
Könnyen tisztítható	SZ/5	Megfelelő alapanyag és felületkezelő anyag választása
Ellenállóság	AK	Megfelelő alapanyag és felületkezelő anyag választása
Kopásállóság	AK	Megfelelő alapanyag és felületkezelő anyag választása
Szervezetre nincs káros hatással	AK	Megfelelő felületkezelő anyag választása
IV. Geometria		
Ergonomikus kialakítás	AK	

Egészségügyi előírások figyelembevétele	AK	
V. Teherbírás		
Nagy teherbíróképesség	SZ/5	
B) Fejlesztési irányelvek		
I. Biztonság		
Balesetveszélyesség lehetőségének kizárása	AK	
Lekerekített élek	SZ/5	
II. Design		
Ésszerű kialakítás	AK	
Funkció kielégítése	AK	
III. Környezettudatosság		
Környezetre káros hatások kiiktatása	SZ/5	
Ökológiai lábnyom minimalizálása	SZ/5	
V. Gyártás		
Anyagtakarékos	SZ/5	
Költséghatékony	SZ/5	
Sorozatgyártható	AK	
VI. Karbantartás		
Minőség fenntartása	AK	
Egyszerű kezelhetőség	SZ/5	

3.3. táblázat: Követelményjegyzék magyarázata

Magyarázat	
AK	alapkövetelmény
SZ/1	nem fontos
SZ/2	kevésbé fontos
SZ/3	közepesen fontos
SZ/4	fontos
SZ/5	nagyon fontos

3.2.4 Formakeresés



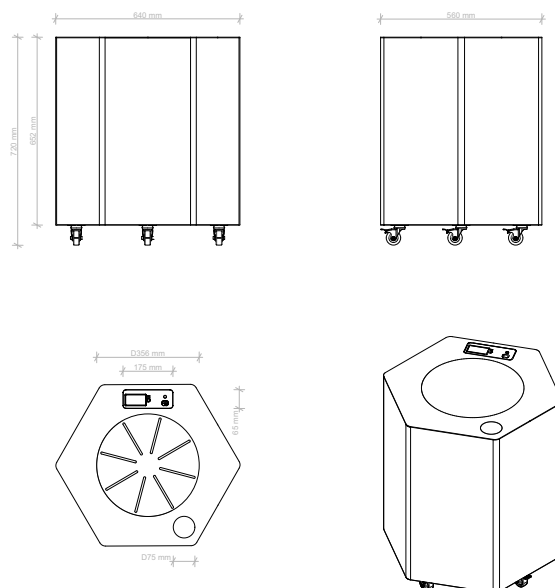
3.15. ábra: Formakeresés (saját szerkesztés)

3.3 Végleges termékjavaslat

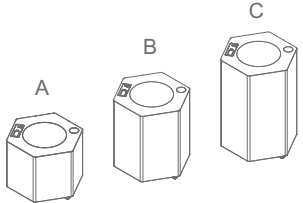
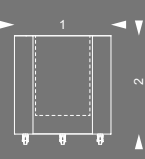
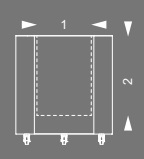
A tervezett termék egy hatszög alapú moduláris növénytartó-rendszer (3.16. ábra), melynek formai kialakítása lehetővé teszi a modulok hézagmentes sorolhatóságát és variálhatóságát. Annak érdekében, hogy a különböző növénytípusoknak egészséges növekedést biztosítsunk, három méretben és kivehető ültetőcseréppel terveztem, amit egy integrált öntözőrendszer egészít ki (3.19. ábra). Így „A” modul 30 liter föld és 6 liter víz, „B” modul 50 liter föld és 10 liter víz, „C” modul pedig 70 liter föld és 14 liter víz befogadására képes (3.17. ábra).

A termék anyagkonceptiójánál a fő szempontok a tartósság, a strapabíróság és a könnyű tisztíthatóság voltak: a növénytartó külső héja porszórt acél, az ültetőcserép pedig a Sulapac fröccsenhető, rugalmas bioalapú (78%) anyagából készül.

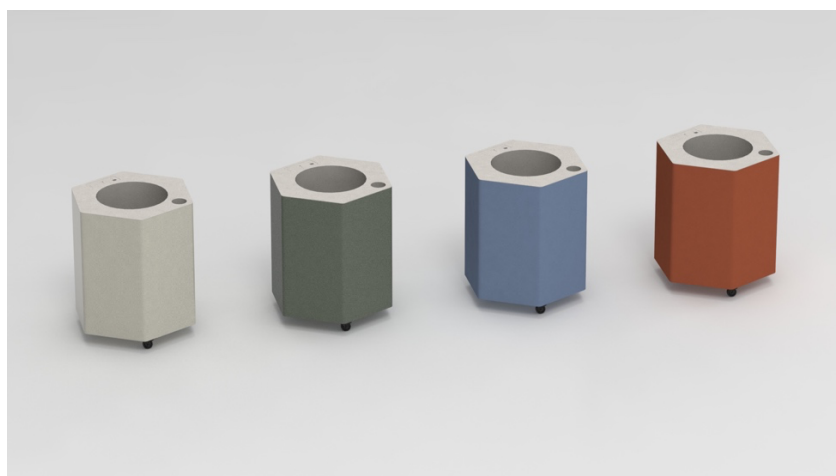
A moduláris kialakítás és a három méretvariáns rugalmas használatot tesz lehetővé, így kialakítható nagyobb összefüggő zöldfelület is irodákban, középületekben. Továbbá támogatja a növények jóllétét azáltal, hogy a megfelelő hőmérséklet-fény egyensúly évszaktól függetlenül biztosítható. A modulok mágnessel csatlakoznak egymáshoz (3.19. ábra).



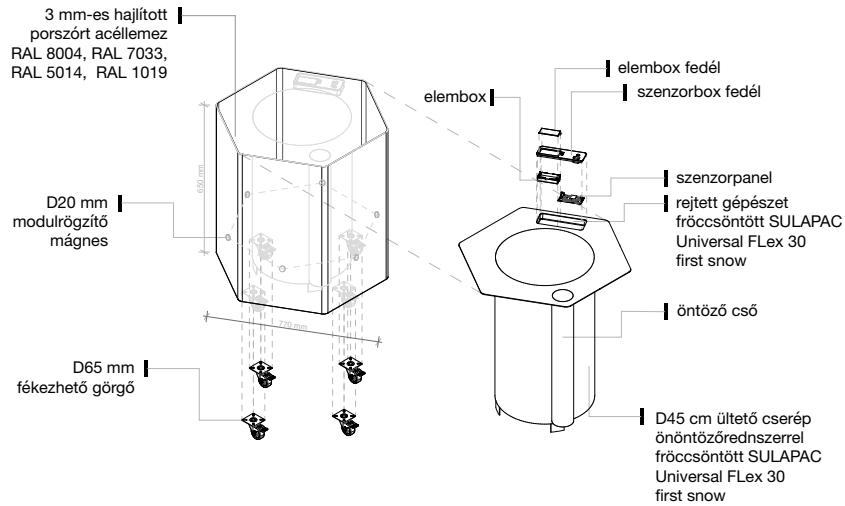
3.16. ábra: Végleges termékjavaslat (saját szerkesztés)

		méretek		kapacitás	
				föld	víz
A	kicsi	640x452x560 mm	640x300x560 mm	30 l	6 l
B	közepes	640x652x560 mm	640x500x560 mm	50 l	10 l
C	nagy	640x852x560 mm	640x700x560 mm	70 l	14 l

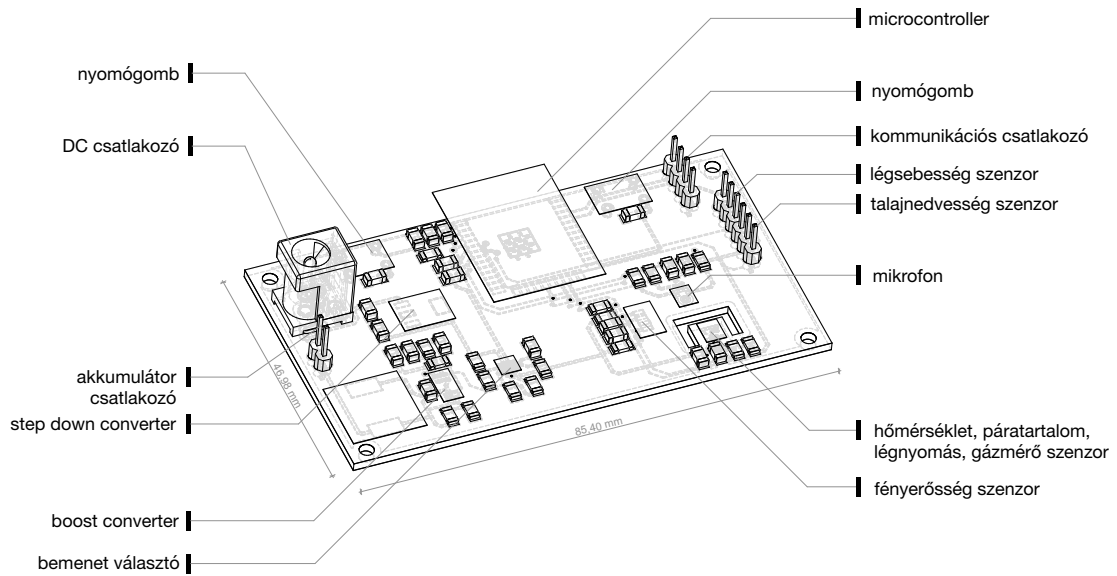
3.17. ábra: Termékvariációk (saját szerkesztés)



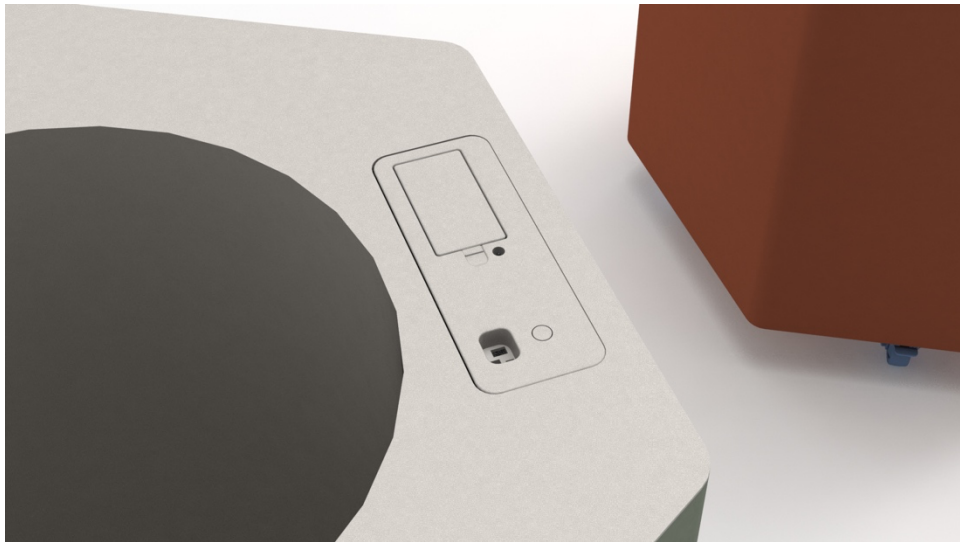
3.18. ábra: Színvariációk (saját kép)



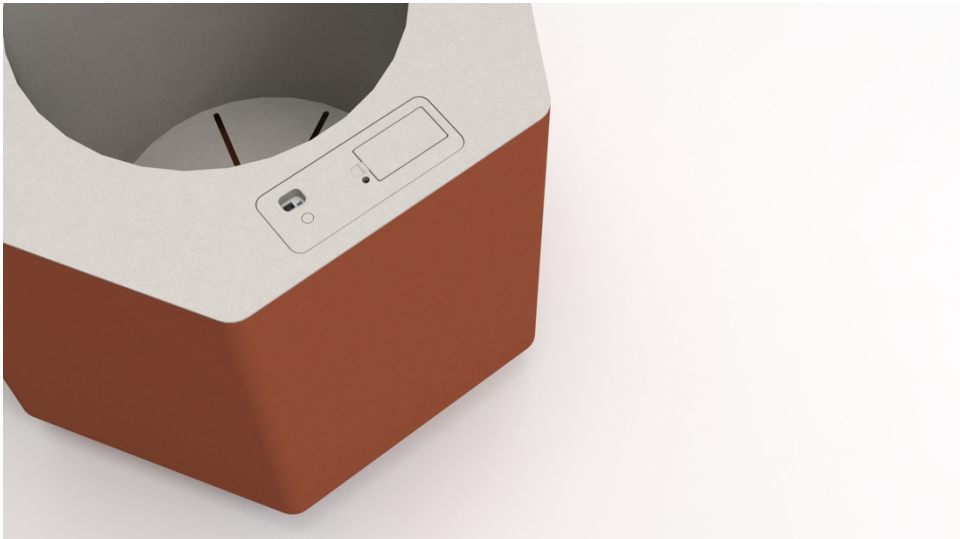
3.19. ábra: Végleges termékjavaslat robbantott ábrája (saját szerkesztés)



3.20. ábra: Végleges termékjavaslat-szenzorpanel (saját szerkesztés)



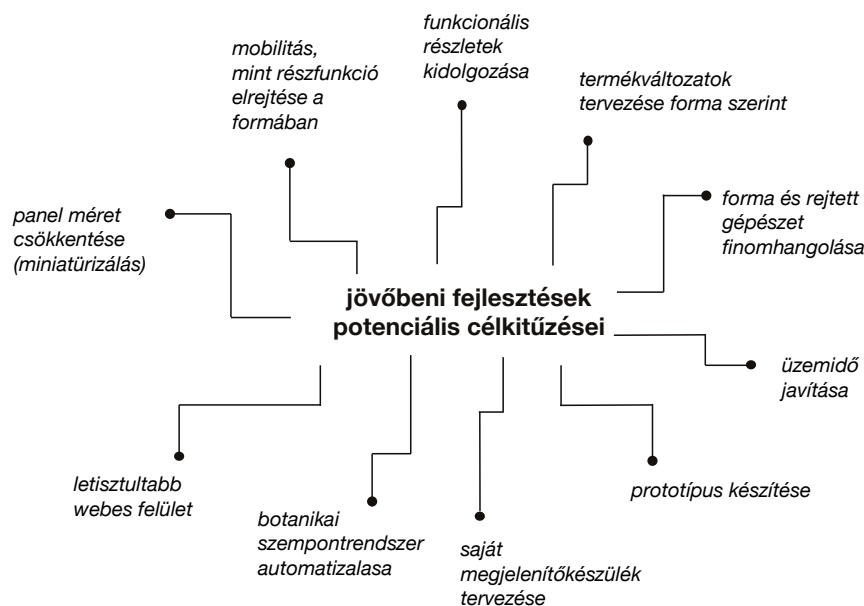
3.21. ábra: Végleges termékjavaslat



3.22. ábra: Végleges termékjavaslat

3.4 Eredmény értékelése

A tervezett rendszer lehetővé teszi a növények jóllétéhez szükséges környezeti tényezők – hőmérséklet, páratartalom, fényviszonyok és talajnedvesség – folyamatos monitorozását beépített szenzorok segítségével, így hozzájárulva a fenntartási feladatok részleges automatizálásához. Bár kísérletet tettünk egy moduláris növénytartó rendszer megtervezésére, a funkcionális részletek és a forma is megköveteli a finomhangolást. A jövőbeni fejlesztések potenciális célkitűzése a formaképzésre, valamint a konstrukcióra tett javaslatok és alternatív megoldások kidolgozása. A célkitűzéseket a 3.23. ábra mutatja be.



3.23. ábra: Potenciális célkitűzések (saját szerkesztés)

3.5 Végleges termék összehasonlítása a piacon elérhető termékekkel

A vizsgált termékek között egy sincs, amelyben minden felhasználói igény funkcionális válasza találna horizontális növénytelepítés esetén. A jelenlegi termékpalalettán leginkább az figyelhető meg, hogy egy-egy igényt céloz meg és az ahhoz kapcsolódó funkció érvényesül. Például egyes termékek az öntözésre és a vízmegtartó képességre fókuszálnak, míg mások az esztétikai megjelenést, a modularitást helyezik előtérbe. Ezek a szelektív megoldások ugyan részben kielégítik az adott funkcionális igényt, azonban nem képesek átfogó, komplex megoldást nyújtani a felhasználók számára. Olyan mobilis terméket, amely hálószerűen sokszorozható horizontálisan, egyáltalán nem találtunk a piackutatás során. A termékjavaslatunk jellemzőit összehasonlítottuk a piacon elérhető termékekkel (3.1. táblázat). Nagy előnye az általunk tervezett eszköznek, hogy képes más automatizálási rendszerekkel

együtt működni. A mért adatok rendelkezésre állnak például fűtés, szellőztetés, világítás szabályozásra a növények és az emberek igényeinek figyelembevételével.

3.4. táblázat: Saját termékjavaslat összehasonlítása a piacon elérhető termékekkel

	saját termékjavaslat (3.18. ábra)	Pillow Space (3.9. ábra)	Polys (3.10. ábra)	PLANT HERE (3.11. ábra)	TESS (3.12. ábra)	NAAVA (3.12. ábra)
moduláris	✓	X	X	✓	✓	részben ✓
mobilis, áthelyezhető	✓	✓	X	X	X	✓
automatizált/minimális karbantartás	✓	X	részben ✓	részben ✓	X	✓
térelválasztó	✓	✓	✓	✓	✓	✓
nagy zöldfelület	✓	X	X	X	✓	✓
nagy <i>horizontális</i> zöldfelület	✓	X	X	X	✓	X
önöntöző rendszer	✓	X	✓	✓	X	✓
open source applikáció	✓	X	X	X	X	X
vezeték nélküli üzemmód	✓	✓	✓	✓	✓	X
automatizált botanikai szempontrendszer	✓	X	X	X	X	X
fényerősség mérés	✓	X	X	X	X	X
külső légáramlás mérés	✓	X	X	X	X	X
külső hőmérséklet mérés	✓	X	X	X	X	X
személyre szabható növényállomány	✓	✓	✓	✓	✓	X
páraszabályozás	X	X	X	X	X	✓
levegő keringetése	X	X	X	X	X	✓

4. Összefoglalás

A kutatás során megismertük a beltéri környezetminőség, a biofilikus design és az irodai dolgozók közötti összefüggéseket. Majd megvizsgáltuk a növények igényeit, mint mérhető paraméterek. A dolgozat célja egy moduláris növénytartó rendszer tervezése volt, amely kielégíti a természetközelség igényét beltérben amellet, hogy könnyű és költséghatékony karbantarthatóságot kínál.

A konkurens termékek kutatása alátámasztja, hogy a piacon nincs olyan termék, amely átfogóan kielégíti a megállapított felhasználói igényeket és a horizontális, hálószerű zöldfelület integrálását beltérbe (3.14. ábra).

Ez a piaci rés mutat rá arra, hogy szükség van egy olyan termékre, amely komplex módon képes választ adni olyan felhasználói igényekre, mint a mobilitás, modularitás és a könnyű karbantarthatóság. A termékötlet még korai fázisban van és számos fejlesztési lehetőséget rejt magában. A kutatás során törekedtünk arra, hogy a témát minél alaposabban körbejárjuk és egy olyan rendszert álmadjunk meg, amely a felhasználói igényeket a lehető legoptimálisabb módon, kompromisszum nélkül elégíti ki. A jövőbeni munka során célunk a részletek kidolgozása és a koncepció továbbfejlesztése a prototípus megvalósíthatósága érdekében.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk megköszönni témavezetőinknek, Prof. Dr. Borsos Ágnesnek és Kisander Zsoltnak a dolgozat elkészítéséhez nyújtott szakmai irányítást és támogatást.

Irodalomjegyzék

- AL-DMOUR, Y. (2023) 'Flourishing the Indoor Environment Quality of Workplaces using the Biophilic Architectural Design', in. London: Brunel Design School College of Engineering, Design and Physical Sciences Brunel University London, p. 317.
Available at: <https://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/26832?mode=full>.
- ANTHES, E. (2020) *The Great Indoors, The surprising Science of How Buildings Shape Our Behavior, Health, and Happiness*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- ASTLEY, R. (2022) *11 Houseplants to Improve Mental Health (According to Science), Balcony Garden Web*. Available at: <https://balconygardenweb.com/houseplants-to-improve-your-mental-health-according-to-science/> (Accessed: 28 November 2024).
- BERKERLY LAB (no date) *Temperature and Office Work Performance | Indoor Air*. Available at: <https://iaqscience.lbl.gov/temperature-and-office-work-performance> (Accessed: 28 November 2024).
- BLUYSSSEN, P.M. (2020) 'Towards an integrated analysis of the indoor environmental factors and its effects on occupants', *Intelligent Buildings International*, 12(3), pp. 199–207. Available at: <https://doi.org/10.1080/17508975.2019.1599318>.
- BROWNING, B. *et al.* (2012) 'The Economics of Biophilia'.
- BROWNING, B. AND COOPER, P.S.C. (2015) 'Human Spaces: The Global Impact of Biophilic Design in the Workplace', p. 48.
- BROWNING, W.D., RYAN, C.O. AND CLANCY, J. (2014) '14 Patterns of Biophilic Design: Improving Health and Well-Being in the Built Environment'. Terrapin Bright Green New York. Available at: <https://www.terrapinbrightgreen.com/reports/14-patterns/>.
- COOPER, C. and BROWNING, B. (2015) 'HUMAN SPACES: The Global Impact of Biophilic Design in the Workplace'. Human Spaces. Available at: https://greenplantsforgreenbuildings.org/wp-content/uploads/2015/08/Human-Spaces-Report-Biophilic-Global_Impact_Biophilic_Design.pdf.
- DÚLL A. (2010) 'Helyek, tárgyak, viselkedés. Környezetpszichológiai tanulmányok'. Edited by Tiszóczy T., p. 236.
- FIELDING, M. (2023) *Embracing Nature's Influence: How Plants Enhance Our Mental Well-Being | Psychreg*. Available at: <https://www.psychreg.org/embracing-nature-influence-how-plants-enhance-our-mental-well-being/> (Accessed: 28 November 2024).
- FJELD, PROF.DR.T. (2018) 'Benefits of Office Plants'. Available at:

- <https://www.ieqindoorplants.com.au/benefits-of-office-plants/>.
- GILLEN, N. (2019) *Future Office: Next-Generation Workplace Design*. London: Riba Publishing.
- KELLERT, S.R., HEERWAGEN, J. and MADOR, M. (2011) *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. John Wiley & Sons.
- KUDO, E. *et al.* (2019) ‘Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection’, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(22), pp. 10905–10910. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.1902840116>.
- MAHMOUD EL-BANNANY, R., K.HASSAN, D. and MOHAMED ASSEM, A. (2022) ‘Practices of Biophilic Patterns in Workplace Design’, *Engineering Research Journal - Faculty of Engineering (Shoubra)*, 51(2), pp. 15–31. Available at: <https://doi.org/10.21608/erjsh.2022.235277>.
- MORSY MOHAMED MOHAMED ALY, S. (2021) ‘BIOPHILIC DESIGN CRITERIA FOR PRODUCTIVITY (BDCP) IN WORKSPACES’, *Engineering Research Journal*, 172(0), pp. 151–170. Available at: <https://doi.org/10.21608/erj.2021.208524>.
- NAAVA (no date) *zöldfal, levegőszűrő, légtisztító, párasító, mobil térelválasztó*. Available at: <https://naavagreen.hu/> (Accessed: 14 January 2025).
- NASA (2019) *NASA Plant Research Offers a Breath of Fresh Air | NASA Spinoff*. Available at: https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2019/cg_7.html (Accessed: 28 November 2024).
- OLMSTED, F.L. (2014a) “...the enjoyment of scenery employs the mind without fatigue and yet exercises it, tranquilizes it and yet enlivens it;’
- OLMSTED, F.L. (2014b) “...the enjoyment of scenery employs the mind without fatigue and yet exercises it, tranquilizes it and yet enlivens it;’
- RADGREEN (2022) ‘Sick Building Syndrome’, 12 July. Available at: <https://radgreen.com/sick-building-syndrome/> (Accessed: 28 November 2024).
- RAVINDRA, K. and MOR, S. (2022) ‘Phytoremediation potential of indoor plants in reducing air pollutants’, *Frontiers in Sustainable Cities*, 4. Available at: <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.1039710>.
- SOUNDTECT (2024) *An essential guide to reducing noise in open plan offices*. Available at: <https://soundtect.com/our-latest-news-and-opinion/2024/an-essential-guide-to-reducing-noise-in-open-plan-offices/> (Accessed: 28 November 2024).
- SUHARJANTO, G. *et al.* (2020) ‘The implementation of biophilic design in co-working space design as a concept of healthy sustainable architecture’, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1), p. 012090. Available at:

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012090>.

THARIM, A.H.A. *et al.* (no date) 'THE DETERMINANT FACTORS OF BIOPHILIC DESIGN STRATEGIES AND OCCUPANTS' PSYCHOLOGICAL PERFORMANCE IN OFFICE BUILDING'.

US EPA, O. (2014) *Moisture Control, Part of Indoor Air Quality Design Tools for Schools*. Available at: <https://www.epa.gov/iaq-schools/moisture-control-part-indoor-air-quality-design-tools-schools> (Accessed: 28 November 2024).

WILSON, E.O. (1984) *Biophilia*. Harvard University Press.

WONG, D.H. (2011) 'Human+Nature Office Design: Design to Support and Enhance Work and Life', in. SCHOOL OF ARCHITECTURE UNIVERSITY OF HAWAI'I AT MANOA.

WU, Y., LIU, Z. and KONG, Z. (2023) 'Indoor Environmental Quality and Occupant Comfort', *Buildings*, 13(6), p. 1400. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings13061400>.

ZHONG, W., SCHRÖDER, T. and BEKKERING, J. (2022) 'Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review', *Frontiers of Architectural Research*, 11(1), pp. 114–141. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.07.006>.

Mellékletek

Ábrajegyzék

2.1. ábra: Beteg épület szindrómát kiváltó tényezők (saját szerkesztés, szerkesztve a (RadGreen, 2022) forrásból).....	7
2.2. ábra: Beltéri környezetminőséget (IEQ) befolyásoló tényezők (saját szerkesztés)	8
2.3. ábra: Biofilikus design hatásai (saját szerkesztés)	11
2.4. ábra: Különféle zöld növények és az általuk kiszűrt VOC-k (Ravindra and Mor, 2022) .	12
2.5. ábra: Természetes zajsűrő fal (Lambert, no date).....	12
3.1. ábra: ESP 32 Devkit (TME Electronic Components, no date).....	15
3.2. ábra: Az ESP funkció és lábkiosztás ábrája (Last Minute Engineers, 2022).....	16
3.3. ábra: A mérőrendszer hardver blokk vázlata (saját kép)	16
3.4. ábra: Nyákterv (saját szerkesztés)	16
3.5. ábra: Részlet a program működéséből (saját kép).....	17
3.6. ábra: JSON formátumú üzenet (saját kép)	17
3.7. ábra: Eclipse Mosquitto működésének szemléltetése (Sharma, 2020)	18
3.8. ábra: Páratartalom kijelző az ajánlott értékek figyelembevételével (saját kép)	18
3.9. ábra: Konkurens termék Pillow Space Planter (Cascando Products B.V., no date)	19
3.10. ábra: Konkurens termék Polys (mmcité (mmcite.com), no date)	19
3.11. ábra: Konkurens termék PLANT HERE (Wood Mobilier, no date).....	19
3.12. ábra: Konkurens termék PLANT HERE (Design Public, no date)	20
3.13. ábra: Konkurens termék NAAVA (NAAVA, no date)	20
3.14. ábra: Felhasználói igények (saját szerkesztés)	20
3.15. ábra: Formakeresés (saját szerkesztés).....	24
3.16. ábra: Végleges termékjavaslat (saját szerkesztés).....	25
3.17. ábra: Termékvariációk (saját szerkesztés).....	25
3.18. ábra: Színvariációk (saját kép)	25
3.19. ábra: Végleges termékjavaslat robbantott ábrája (saját szerkesztés).....	26
3.20. ábra: Végleges termékjavaslat-szenzorpanel (saját szerkesztés).....	26
3.21. ábra: Végleges termékjavaslat.....	27
3.22. ábra: Végleges termékjavaslat.....	27
3.23. ábra: Potenciális célkitűzések (saját szerkesztés).....	28

Táblázatjegyzék

3.1. táblázat: Paraméterek és mérőszenzorok bemutatása.....	15
3.2. táblázat: Tervezés követelményei (saját szerkesztés).....	22
3.3. táblázat: Követelményjegyzék magyarázata	23
3.4. táblázat: Saját termék összehasonlítása a piacon elérhető termékekkel.....	29