

A VR alkalmazása az építészeti tervezésben: Az épületbejárás határainak túllépése

Hegedűs Dániel

Tóth Olivér

Absztrakt

Egy olyan korszakban élünk, ahol a Virtual Reality (VR) egyre növekvő mértékben válik részévé mindennapi életünknek. Az elterjedő technológia, a társadalmi elfogadottság növekedése, valamint a kereskedelmi térnyerés mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a VR egyre inkább beágyazódjon a mindennapjainkba. A virtuális valóság lehetőséget biztosít számunkra immerzív térélmények átélésére, ezáltal az ebben rejlő lehetőségek tára végtelen.

Az építőipar különböző szegmenseiben is egyre elterjedtebbek lettek a VR eszközök, felhasználásuk köre ugyanakkor még szűkösnek mondható. Legelterjedtebb felhasználási módja, a különböző virtuális túrák, bejárások egy épületen belül, ami lehet egy megépült épület, vagy egy tervezett épület megfelelően kidolgozott háromdimenziós látványa.

Tudományos kutatásunk témája a VR eszközök építőipari felhasználásának vizsgálata az épületbejárásnál túl. Ezeknek az eszközöknek a felhasználási palettája ennél jóval színesebb, ebben a dolgozatban saját esettanulmányokon keresztül szeretnénk feltérképezni a jelenlegi felhasználási lehetőségeket, valamint használhatóságukat.

A dolgozat során megvizsgáljuk, hogy a tervezés mely fázisaiban miként használhatóak a VR eszközök, és mennyiben tudják megkönnyíteni a tervezési folyamatot, valamint, hogy milyen szinten tudják átfogóbbá tenni a tervezési folyamatot.

Az esettanulmányokon keresztül szeretnénk prezentálni a jelenlegi lehetőségeket, valamint kiértékelni ennek a technológiának a jelenlegi helyzetét az építőiparban, és a különböző felhasználási lehetőségek relevanciáját vizsgálva bemutattva a szakmagyakorlóknak az esetleges jövőbeli trendjeit, illetve alkalmazhatóságát a technológiának.

Tartalom

Absztrakt	2
Köszönetnyilvánítás	5
Bevezetés	6
A VR története	7
A VR volt, a VR van, a VR lesz, de mi is az a VR?.....	7
A térlátás alapjai.....	8
Az érzékelés.....	10
A VR építőipari felhasználásai	14
Legelterjedtebb felhasználási módok.....	14
További felhasználási lehetőségek.....	14
Kutatási kérdés.....	19
A használt eszközök	19
Hardver.....	19
Szoftver.....	20
Esettanulmányok	21
Skiccelés VR-ban.....	21
Modellezés VR-ban.....	24
VR alapú látványtervezés.....	27
VR alapú árnyékkép vizsgálatok.....	30
Felhasználás értékelése	35
Konklúzió	36
Irodalomjegyzék	37

„VR at it's best shouldn't
replace real life, just
modify it, giving us access
to so much just out of
reach physically,
economically. If you can
dream it, VR can make it.”

Matthew Schnipper

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti konzulensünket, Hajdu Árpád építészmérnököt, volt szaktársunkat, aki meglátásával segítette munkánkat.

Köszönet illeti konzulensünket, Ajtayné Dr. Károlyfi Kittit a Széchenyi István Egyetem adjunktusát, aki ötleteivel, tapasztalatával segítette végig a munkánkat.

Köszönet illeti konzulensünket, Horváth Tamás PhD-t, a Széchenyi István Egyetem egyetemi docensét, aki meglátásaival, javaslataival segítette dolgozatunk elkészültét.

Köszönet illeti külső konzulensünket, Szalai Dórát, a Széchenyi István Egyetem doktoranduszát, a TSPC szoftverfejlesztési csoportvezetőjét és BIM-menedzserét, aki ötleteivel, tapasztalatával segítette végig a munkánkat.

Köszönet illeti, a MOL Új Európa Alapítvány Tehetségtámogató Programot, mivel a Művészet-tudomány Tehetség Akadémia kategóriájú pályázaton nyertünk forrásokat a dolgozatunk elkészültéhez.

Bevezetés

Az építészeti tervezés és kivitelezés világa számottevő átalakuláson megy keresztül a technológia fejlődésével és az új tervezési eszközök megjelenésével. Az egyik ilyen forradalmi változást hozó technológia a virtuális valóság (VR), mely kibontakozása óta új dimenziókat nyitott meg az építészek és tervezők számára. Az építészeti tervezés során a VR alkalmazása nem csupán a tervek vizualizálásának és prezentálásának hatékonyságát növeli, hanem olyan lehetőségeket is kínál, amelyek révén az építészeti folyamatot teljesen új kontextusba helyezi.

Jelenleg a VR eszközök a látványtervezés és a prezentálás terén a legelterjedtebbek. Fő felhasználóik azok az építészek, akik a terveiket a megrendelő(k) felé egy virtuális bejárással szeretnék prezentálni. Ez a fajta megközelítése a VR-nak beszorítja az eszközöket a prezentálás szakaszába, ezáltal akaratlanul is korlátozzuk a benne rejlő lehetőségeket.

Úgy gondoljuk, hogy ebben a technológiában rejlő lehetőségek tárháza sokkal nagyobb. A látványtervezésen kívül is különböző szegmensekben nyújthat segítséget a szakma gyakorlóinak. Egyéb szakterületeken már látható a VR eszközök egyre nagyobb térhódítása (például egyes helyeken az orvosok már tanulják a különböző operációkat VR eszközökön keresztül), ezért úgy gondoljuk, hogy az építőiparon belül is számtalan felhasználási módja lehet még az eszköznek a látványbejárásokon kívül. Más szakterületek felhasználási trendjeiből szeretnénk ötleteket meríteni, hogy a VR eszközöket hogyan és miként lehetne még jobban integrálni az építőipar egyes területeibe, majd ezeket tesztelve szeretnénk megítélni a felhasználási lehetőségeket, illetve korlátokat.

A kutatás során egy előző generációs VR eszközt (Meta Quest 2) fogunk használni, ami képes a virtuális terek megfelelően élethű

megjelenítésére, valamint korlátozottan lehetőségünk van vele a kiterjesztett valóságot is megtapasztalni.

A VR eszközt a MOL Új Európa Alapítvány Tehetségtámogató Program keretein belül a Művészet-tudomány Tehetség Akadémia kategóriájú pályázaton nyertük el, ezen kutatásunkhoz. A saját eszköz segítségével lehetőségünk volt a témába jobban beleásni magunkat, a programokat a saját bőrünkön át megtapasztalni, valamint olyan képeket és videókat készíteni, amivel a dolgozatban érthetőbben prezentálhatjuk a különböző felhasználási módokat.

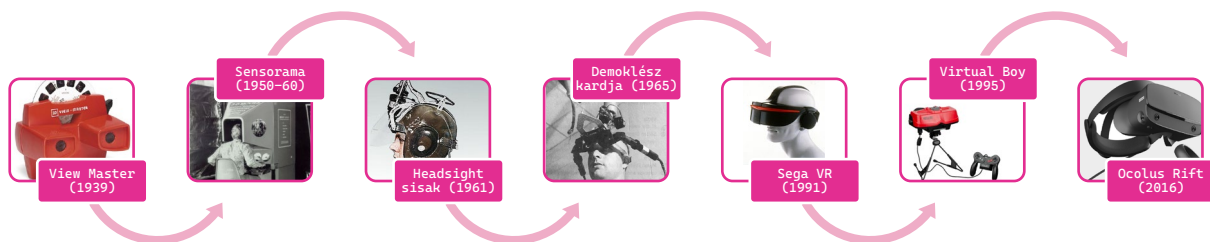
A VR története

VR technológia elterjedésével számos dolog megváltozik az életünkben. Az, hogy képesek vagyunk teljesen immerzív teret (egyes szám első személyű virtuális valóságot (pl. fejre erősíthető megjelenítők (sisak), optikai kábeles kesztyűk, pozíciókövető eszközök és a térhatású hangrendszer segítségével)) virtuálisan létrehozni, onnantól kezdve bármely szolgáltatást forradalmasíthatjuk (pl.: szórakoztatás, oktatás, egészségügy stb....). A VR beleolvadása a mindennapjainkba jelentősen megváltoztathatja a kapcsolattartásunkat és a kommunikációnkat másokkal. Gondoljunk csak a vásárlásra. Az internet megjelenése előtt áruházakba, üzletekbe kellett betérnie az embernek, hogy vásárolni tudjon, viszont VR headsettel képesek vagyunk megtenni mindezt, úgy, hogy nem kell kilépnünk az otthonunkból. Úgy, mint a való életben tudunk járkálni a sorok között, és mivel egyetlen személyként vagyunk jelen a virtuális térben, ezáltal nem kell kerülgetni az embereket, ezentúl megszűnik a sorban állás.

A VR volt, a VR van, a VR lesz, de mi is az a VR?

A legtöbb ember szerint a VR (Virtual Reality) a 2010-es évek találmánya, pedig a története messze nyúlik vissza egészen az 1930-as évekig. A VR ötlete közel egyidős magával a számítógéppel.

Az elején érdemes tisztázni, hogy pontosan mi is az a VR, illetve a szorosan és elválaszthatatlanul ehhez kapcsolódó fogalmakat az AR-t, XR-t és a MR-t. A VR (Virtual Reality) egy mesterséges valóság. Az a célja, hogy kiszorítsa a valóságot és minél realisztikusabbá tegye a virtuálisat. Az AR (Augmented Reality) a tényleges valóságot bővíti ki virtuális elemekkel. Az MR (Mixed Reality) az AR és a VR elemeit kombiálja. Lényege az, hogy a valós térbe digitális objektumok kerülnek, tehát a virtuális elemek kölcsönhatásba lépnek a valósággal. Az XR (Extended Reality) tulajdonképpen egy gyűjtőfogalom, ami magába foglalja az AR-t, a VR-t és az MR-t. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy jelenleg már ezek a fogalmak összefonódtak, a legtöbb eszköz már mindegyik megjelenítésre képes.



1. ábra A VR fejlődésének főbb állomásai (<https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>)

A térlátás alapjai

„Szemünknek a fotogrammetria szempontjából lényeges tulajdonsága, hogy két szemmel történő szemlélés esetén képes a tárgyak mélységkülönbségeinek pontos megítélésére. Ha két szemmel nézünk egy tárgyat, mindkét szemünkben más-más kép keletkezik. A két kép eltérő, mert a változatlan helyzetű tárgyat a bal, illetve a jobb szemünkkel más-más „álláspontból” látjuk. Erről könnyen meggyőződhetünk, ha egy tárgy figyelésekor először a bal, majd a jobb szemünket letakarjuk. Ha mindkét szemünkkel egyszerre nézzük a tárgyat, akkor nem két különböző képet látunk, mivel azokat agyunk egyetlen térhatású képpé egyesíti. Ilyenkor mindkét szemünk a tárgyra akkomodál és a szemtengelyek a tárgyra irányulnak, a

tárgy képe mindkét szemünkben a központi gödörben élesen képződik le, az ingerületeket pedig az idegpályák közvetítik az agyba. A tárgyak távolságának, méreteinek érzékelése binokuláris szemlélés esetén azon alapszik, hogy agyunk mintegy érzékeli azt a szöget, amit a két szemtengelyünk egymással bezár, s amit paralitikus szögnek nevezünk” (Dr. Péter, 2008).

A mesterséges térlátás

A mesterséges térbeli látásnál a természetes térlátásból levonható következtetéseket használjuk fel. Térbeli szemlélést tudunk elérni akkor is, ha a tárgyakról egy bázis két végpontjáról fényképfelvételt készítünk és egy alkalmas készülékkel, sztereoszkóppal a bal szemünkkel a bal, jobb szemünkkel a jobb fényképet szemléljük. Mivel a felvételi álláspontok különbözőek, a felvételeken a szembázissal párhuzamos irányú parallaxisok (a testek egymáshoz viszonyított helyzetének változása eltérő irányokból nézve) vannak, melyek a szemünkben és agyunkban mélységérzetet keltenek. Az agyunkban keletkező, ernyőn fel nem fogható térbeli képet virtuális térmodellnek, a jelenséget magát, pedig mesterséges térbeli (sztereoszkópikus) látásnak nevezzük. A mesterséges térbeli látás tehát abban különbözik a természetestől, hogy a két szem nem ugyanazt a tárgyat látja, hanem a róla készült két különböző képet.

A mesterséges sztereoszkópikus látás feltételei:

- képpárt kell készíteni adott bázissal és adott átfedéssel,
- szemlélésnél a bal képet bal szemmel, a jobb képet jobb szemmel kell nézni,
- a képek relatív helyzete egyezzen meg a felvételkorival,
- a szemlélési bázis párhuzamos legyen a felvételi bázissal,
- a bázisviszony egyezzen meg a felvételkorival,
- a szemlélési sugárnyaláb egybevágó legyen a felvételkorival,
- az egymásnak megfelelő pontok között legyen bázisirányú parallaxis, mert ez a térlátás feltétele,
- ne legyen haránt irányú parallaxis, mert az zavarja a térlátást.

„Ha a két felvételt az előző feltételek szerint két szemmel nézzük, akkor előállíthatjuk a lefényképezett terep térbeli modelljét, azaz a terep kisebbitett mását. A térbeli modell csak virtuális, amelyről azonban megfelelő berendezésekkel méreteket vehetünk le. A modell a terepnél annyiszor kisebb, ahányszor rövidebb a szemlélési bázis a fényképezési bázisnál” (Dr. Péter, 2008).

Az érzékelés

A fizikai és digitális világban egyaránt rendkívül fontosak az érzékszerveink. A tereket és helyeket ezekre támaszkodva vagyunk képesek érzékelni és felfogni. Minden, amit a világról tudunk, amit a világból érzékelünk a testünkkel történik, amely érzékszerveken keresztül kommunikál a körülöttünk lévő terekkel és az ezekben lévő tárgyakkal. Az érzékelés (szenzáció) és észlelés (percepció) ezen felül szintén megkülönböztethető. Ebben a két fogalomban magyarázható az, ahogyan az ember interpretálja magában a világot. Ezt a két fogalmat először Thomas Reid (1710–1796) vizsgálta elkülönítve egymástól. A mai napig ezt a felosztást használjuk ezen két fenomén vizsgálatára és elemzésére. Ezen tanulmány szerint az érzékszervek, olyan fizikai rendszerek, amelyek idegi receptorok rendszerén keresztül kapnak olyan információt (kémiai, fizikai jeleket) a térből és saját testünkből is. Ezeket a szignálokat természetesen le kell fordítanunk, hogy abban a kódban tudjuk használni, amelyet a központi szervünk az agy fel tud dolgozni, ezeket a kódokat elektrokémiai természetű kódóknak nevezzük. (Andrea, 2001)

Itt fontos megemlítenünk, hogy a digitális térben történő kódolás meglehetősen hasonló természetű, ott azokat az ingereket, amelyek integrálni szeretnénk a kibertérbe, legyen ez akár egy szöveg, dal, kép vagy 3 dimenzionális struktúra vagy akár egy épület, képesek vagyunk bináris kódként interpretálni. Természetesen ehhez szükségünk van olyan végeszközökre, amelyek képesek ezeket a különböző jellegű kódokat lefordítani, ilyenek azok a végeszközök,

amelyeknek a használata bekapcsol minket a kibertérbe, például a VR szemüveg, amelynek használatával betudunk kapcsolódni a kibertérbe.

Az agy a szenzáció után kódolt szenzoros információt fogadja, amelyet szervez, integrál és értelmez. Ezeket az információkat az agyunk az előzetes tudásunk, kulturális beidegződéseink és az általunk támasztott elvárásunk alapján kognitív folyamatok során dolgozza fel. A percepció folyamata tehát olyan mechanizmus, amely külső ingereket az érzékszerveink segítségével értelmezhető kódokká interpretál kognitív, azaz értelmező agyi folyamatokká. (Andrea, 2001)

Az építészetben kiemelten fontos ezek szerepe, hiszen ebben a szakmában úgy kell tereket alkotnunk, hogy azok később helylyé válhassanak a megbízó egy rajtunk kívülálló személy számára például. Ezáltal a saját érzékelésünket interpretálva kell úgy alkotnunk tereket, hogy azokat egy idegen, helyként tudja kezelni, a maga érzékelésével egy VR szemüvegen keresztül, de akár csak egy számítógépen keresztül is.

A percepcióra, ha a digitális értelmezhetőség szintjén vizsgáljuk, tekinthetünk úgy, hogy ez központi agy, például egy szerver kapcsolatban van olyan végeszközökkel, amelyek testünkben az érzékszervek, digitális szempontból pedig számítógépek vagy VR szemüvegek. Ezek a számítógépek/ VR szemüvegek meghatározott ingereket visznek be a rendszerbe bináris kódokkal, amelyeket aztán az agy/szerver feldolgoz, rendszerez, tárol és értelmez. A VR szemüveg esetén, ha van benne eye tracking (ami a szem mozgását elemzi) akkor képes oda-vissza kommunikálni, azaz a számítógép és az agyunk is fel kell, hogy dolgozza az információkat. Itt a szemüveg digitálisan jeleníti meg a teret, amiben vagyunk, amelyben a szemünkkel fókuszált pontokat vizsgálja a rendszer és ezzel egy térképet készít. Itt a szemünkkel virtuális világot látunk és az agyunk azt dolgozza fel, míg a szerver vagy gép a

szemünk által végigkövetett útvonalat interpretálja digitális kódokká. A digitális információk jellege abban különbözik a biológiailag kódolt információktól, hogy ezek permanensek. Ezt úgy érthetjük, hogy a hozzáférésünk állandó, tehát a tárolt információ nem kerül ürítésre, úgy ahogy a biológiai folyamatoknál az érzékelés a jelenben történik. Addig a digitális rendszerben múlt, jelen és jövő együttesen kezelhető.

A látást, mint a virtuális világban való fő érzékelést a szemünkkel végezzük, amely egy a többi között kiemelkedő tulajdonságokkal bíró szerv és érzék. Az idegvégződések száma a szemünkben a fülünkhöz képest például tizennyolcszorosa. A látással messzemenőleg jobban tudjuk tolerálni a távolságot és a sebességet, mint a többi érzékkel. A látással ugyanis képesek vagyunk rendkívül kismértékű késleltetéssel a tárgyakról beérkező fényt interpretálni magunknak, még akkor is, ha azok távol vannak tőlünk a térben. A látás több olyan funkciót is betölt, amelyek a létezésünk alapvetéseiként értelmezhetőek. Ilyenek például a felismerés, az étel, embertársak és anyagok és azok halmazállapotának felismerése. Továbbá ilyen a terepviszonyok feltérképezése, a veszély felismerése, az akadályok érzékelése. És az olyan vizuális információk észlelése, amelyek a körülöttünk lévő világot helyezhetik kontextusba (Dobos & Bognár, 2015).

Emellett a látás kiemelten fontos érzékszervünk a tér, a hely és az építészet értelmezésében is a fizikai térben és a digitális térben is egyaránt. Az építészet épített tereiben egy okulárcentrikus uralom van jelen, ezek vizuális ingerekben nyilvánulnak meg. Az építészet fontos eszköze a fény és ezt csak is kizárólag a szemmel vagyunk képesek érzékelni. Az építészeti minőség és tér alkotás eszköztárában a legtöbb elem nem képes esztétikai funkcióját teljesíteni. A szögek, formák, színek, anyagok és építészeti elemek alkalmazását bár képesek vagyunk több érzékszervünkkel érzékelni, kollektívan csak a látás határozhatja meg ezeket számunkra. Érdekes megemlíteni, hogy egy épület

vizuális minősége jelentősen tompul a sötétségben, ennek érdekében különböző fényforrásokat alkalmazunk, hogy a szemünk a mesterséges fény által tudjon érzékelni (Naidu & Mohan, 2022).

A látás kiemelten fontos érzékszerv a digitális terek, illetve digitális elemek szempontjából is. A digitális tervezésnél fontos figyelembe vennünk a megépített környezet vizuális reprezentációját, hiszen a digitális térrel való kapcsolódás során egy VR szemüvegben csak a látásra támaszkodhatunk. Ilyenkor fontos szempont az épített elemek textúrája, azoknak a helyzete, az egyszerűen érthető geometriája és egy laikus számára való prezentáció során például a digitálisan létrehozott modell érthetősége.

A VR építőipari felhasználásai

Legelterjedtebb felhasználási módok

Az építőiparban a VR technológiát legfőképpen prezentációs és látványtervezési célokra alkalmazzák. Elsősorban a tervezési folyamat részeként használják, hogy az építészeti és mérnöki terveket valósághű virtuális környezetbe helyezzék, ezáltal lehetővé téve a tervezők és az ügyfelek számára, hogy életszerűen lássák és értékeljék a leendő projektet. A VR segítségével a tervezők könnyen módosíthatják a terveket és megoszthatják azokat az érintettekkel, így minimalizálva az esetleges hibákat és félreértéseket. Egy korábbi kutatás során foglalkoztunk mi is a témával, amiben megtapasztalhattuk a VR használhatóságát és korlátaait az építészeti prezentáción belül. (Flórián et al., 2022)

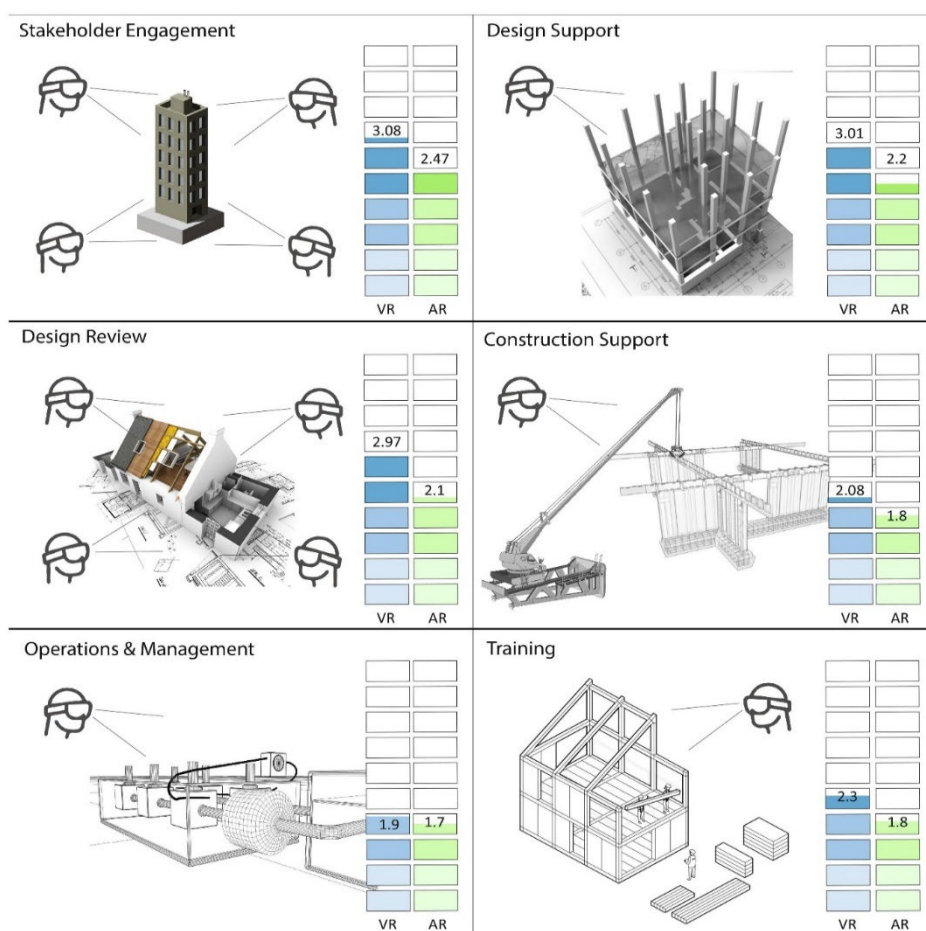
Emellett a meglévő ingatlanok VR alapú bejárása is egyre elterjedtebbé válik az építőiparban. Ez lehetővé teszi az ügyfelek és befektetők számára, hogy virtuális túrák révén részletesen megismerjék az ingatlanokat, még mielőtt azokat fizikailag megnéznék. Ez különösen hasznos lehet az ingatlanok értékesítése vagy bérbeadása során, mivel a VR segítségével az érdeklődők valósághűen átélhetik az ingatlanokat, személyes jelenlét nélkül.

További felhasználási lehetőségek

Az "A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction" című tanulmányban közölt eredmények az AR és VR használatának az AEC (Architecture Engineering Construction) szektorban 2018 júliusa és decembere között végzett tanulmányának részét képezik. Létrejött egy kutatási hálózat, az úgynevezett Vision Network, amely öt vállalat és öt egyetem képviselőiből állt. A vállalatok között szerepeltek az Arcadis, A&H Group, Bentley Systems, Mott MacDonald és Willmott Dixon; az egyetemek között pedig a Cardiffi Egyetem, a Coventry

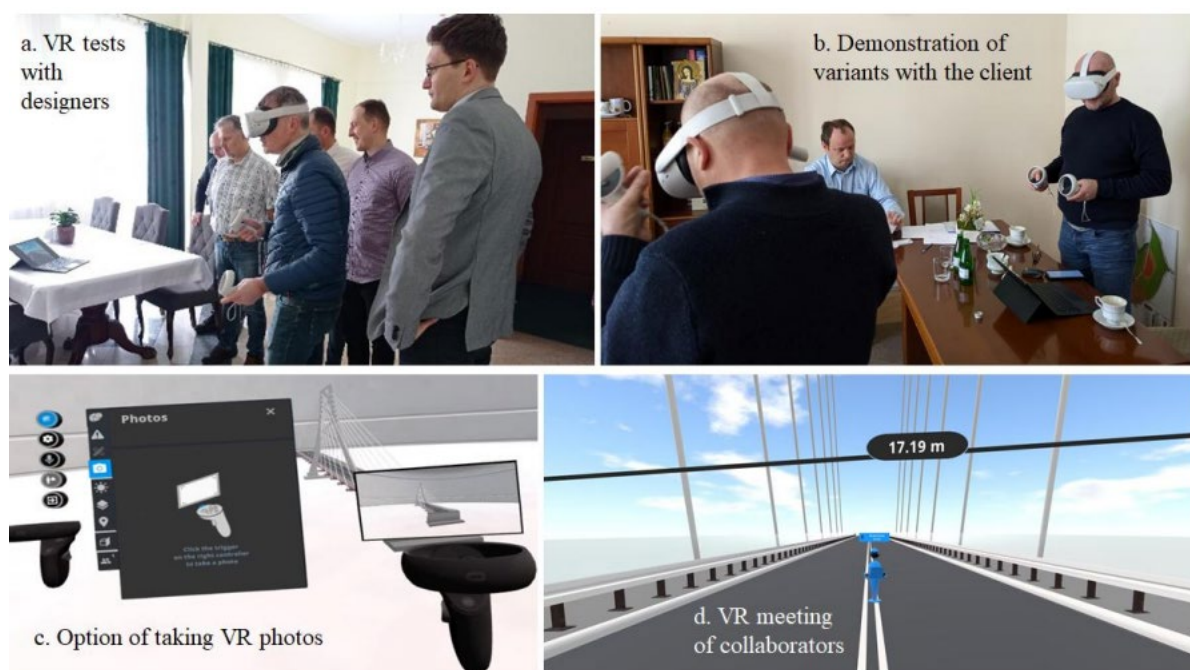
Egyetem, a Cranfield Egyetem, a Loughborough Egyetem és a Nyugat-Angliai Egyetem. A Vision Network szervezett egy sor feltáró műhelytalálkozót és kvantitatív eszközt használt, hogy adatokat gyűjtsön az AR és VR tényleges gyakorlati használatáról. A legújabb kutatási erőfeszítéseket azonosítva, szakirodalmi áttekintést végeztek. (Davila Delgado et al., 2020)

Hat általános felhasználási esetet jellemeztek. Az első maga a megrendelői fél bevonása, a második a tervezés támogatása, a harmadik a tervek felülvizsgálata, a negyedik a kivitelezés segítése, az ötödik az üzemeltetés, a hatodik pedig a képzések. A képek jobb oldalán lévő kis ábrák mutatják a kutatás során megállapított elfogadás szintjét (1 = nem használt, 2 = korai tesztelés, 3 = alapvető megvalósítás, 4 = részben használt, 5 = teljes mértékben végrehajtott). (Davila Delgado et al., 2020)



2. ábra AR- és VR-ügyek az AEC-ágazatokban és elfogadásuk becsült szintjei (Davila Delgado et al., 2020)

Az AR és VR alkalmazások segíthetnek a potenciális ügyfelekkel vagy a nyilvánossággal való kapcsolattartásban, hogy valósághűbb képet kapjanak egy épített eszközről, és relevánsabb vagy tájékozottabb visszajelzést generáljanak. Az AR és VR ábrázolások lehetőséget nyújtanak a fogyasztóknak, hogy valós léptékben, élményszerű környezetben alaposabban megvizsgálják az épített eszközöket, és jobban megértsék azokat, mint a képek vagy videók révén. Például a végtermék jobb megértése elősegíti az érdekelt felek elvárásainak összehangolását a tényleges tervezéssel. Az érdekelt felek bevonására szolgáló AR és VR megközelítések a leggyakrabban alkalmazott és könnyen megvalósítható felhasználási esetek közé tartoznak. (Davila Delgado et al., 2020)

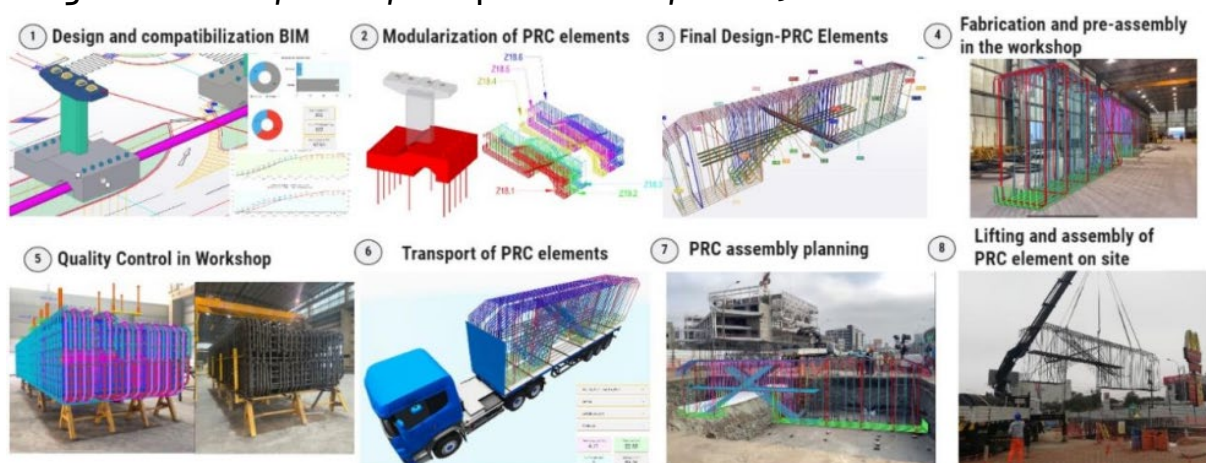


3. ábra VR tesztek a tervezők és az ügyfél képviselőinek bevonása VR-ral
(Legge-Wilkinson et al., 2022)

Manapság relatíve egyszerű olyan AR mobilalkalmazást fejleszteni, amely egy épített eszköz virtuális modelljét jeleníti meg egy asztal tetején, vagy egy épített eszköz VR-áttekintését csak mobiltelefon és mobil VR headset használatával. Muhhamad Fawad és Marek Salamak egy esettanulmányon keresztül mutatta be a VR/MR technológiát, amiben hídkonceptiók értékeléséhez használták a

technológiát. Az esettanulmány során egy jövőbeli híd koncepciójának kiválasztásához használták. A tervezők által elkészített változatokból kettőt kiválasztottak, hogy bemutassák a hatóságok felé a híd végleges kialakításához a modellt. (Davila Delgado et al., 2020; Legge-Wilkinson et al., 2022)

Az AR és VR lehetőséget teremt arra, hogy a tervezők könnyebben azonosítsák a tervezési döntéseik lehetséges következményeit, és mélyebben megértsék a végeredményt. Továbbá segíti a tervezési szándék hatékonyabb kommunikációját, valamint lehetővé teszi a tervek hatékonyabb felülvizsgálatát. A problémák könnyebben azonosíthatók, és a jóváhagyási folyamat hatékonyabban végezhető el. A kivitelezés támogatása alapvetően 4 részre osztható fel. Az első az építési tervezés, amikor is lehetséges a problémák előrejelzése és javítása. A második a haladás nyomon követése. Az AR alkalmazása lehetővé teszi a gyors és egyértelmű azonosítást, hogy mi épült már meg és mi hiányzik még a projekten. Ez kiemelten fontos, mivel az ütemtervek késéseinek korai észlelése létfontosságú a projekt időben történő teljesítéséhez. Az Ovali Monitor híd esetében használták a technológiát visszaellenőrzésre, ezzel biztosítva az projekt jobb nyomon követhetőségét. (Davila Delgado et al., 2020; Palpan et al., 2022)



4. ábra Gyártási folyamat (Palpan et al., 2022)

A projekt részeként a folyamat többféle leképezését dolgozták ki az érdekelt felekkel, hogy meghatározzák a megvalósítás kritikus tényezőit, a folyamat legkiemelkedőbb szempontjait, amelyek közé

tartozott a tervezés optimalizálása, egy iparosított modell kidolgozása. (Davila Delgado et al., 2020; Palpan et al., 2022)

A harmadik az építési biztonság, tehát a munkavédelem. Az építési biztonság az AR és VR egyik legtisztább alkalmazási területe. Az AR lehetővé teszi a veszélyek azonosítását és a biztonsági ellenőrzéseket, így segítve a biztonságosabb munkakörnyezet kialakítását. A VR pedig támogatja a biztonsági oktatást és képzést. (Davila Delgado et al., 2020)

Ebben a témakörben már magyar kutatások is készültek, amely bizonyítja, hogy a VR alapú oktatás hatékonyabban működnek a szokásos tanteremi oktatásnál. (*Egyedi Munkavédelmi Alkalmazást Fejlesztett a PTE MIK*, 2022) Valamint több fejlesztő cég is készített prototípusokat olyan szoftverekből, amelyek különböző gépek kezelésének tanulását szimulálják, vagy különböző építőipari munkakörnyezeteket szimulálnak, amikben a munkavédelmi oktatást lehet elvégezni VR környezetben.

A negyedik pedig az operatív támogatás. Az AR és VR ideális technológiák ezen a területen, mivel segítik a munkavállalókat a feladatok hatékonyabb végrehajtásában. Az AR fókuszál arra, hogy több kontextuális információt nyújtson a helyszíni dolgozóknak, míg a VR az építőipari berendezések távüzemeltetésére összpontosít. Az AR nagy potenciállal rendelkezik az épületüzemeltetés és -kezelés támogatására mivel hasznos információkkal szolgálhat a létesítményeket üzemeltető és karbantartó helyszíni dolgozók számára. Legvégül a képzés, amiben VR segíti a munkavállalók képzését és biztonsági oktatását. A munkavállalók lehetőséget kapnak arra, hogy virtuális környezetben gyakorolják és tanulják meg az építési folyamatokat és biztonsági eljárásokat, ezáltal csökkentve a baleseti kockázatokat és növelve az általános munkahelyi hatékonyságot. (*Egyedi Munkavédelmi Alkalmazást Fejlesztett a PTE MIK*, 2022; Li et al., 2022)

Kutatási kérdés

Megvizsgálva a VR építőipari felhasználását azt tapasztaltuk, hogy a legtöbb fellelhető internetes forrásban, valamint publikációban a VR alkalmazását tekintve az építészeti prezentáció volt a legelterjedtebb felhasználás, elvértve lehet találkozni a technológia képzésekre való felhasználásával. Ugyanakkor az az érzésünk a technológiával kapcsolatban, hogy rengeteg lehetőség rejlik még benne, így feltettük a kérdést:

A prezentáción kívül mire lehet még alkalmazni a VR-t az építészetben?

Ebben a kutatásban erre a kérdésre keressük a választ, különböző esettanulmányokkal, hogy a saját bőrünkön tapasztalhassuk meg a használhatóságát, illetve a hiányosságait.

A használt eszközök

Hardver

Számítógép

Asus ROG Strix G15 laptop

Processzor: AMD Ryzen 7 6800H

Videokártya: NVIDIA GeForce RTX 3060 laptop GPU

Memória: 32 GB DDR5

VR headset

Meta Quest 2

Tárhely: 128 GB

Memória: 6 GB

Felbontás (szemenként): 1832×1920

Szoftver

Skiccelés VR-ban

Gravity Sketch

www.gravitysketch.com

Tervezés VR-ban

Arkio

www.arkio.is

Látványtervezés, fény vizsgálat

Twinmotion

www.twinmotion.com



5. ábra Használt eszközök (saját)

Esettanulmányok

A következőkben szeretnénk bemutatni azokat a vizsgálatokat és megoldásokat, melyeket a kutatás keretein belül elvégeztünk. Részletesen kitérünk az egyes módszerek relevanciájára, használhatóságára, illetve a jövőbeli potenciájukra.

Skiccelés VR-ban

Az építészek a tervezési folyamatot a legtöbb esetben kézi rajzolással, skicceléssel kezdik. Ez a folyamat ad lehetőséget arra, hogy a gondolataiknak szabad utat biztosítson. Ez leggyakrabban papíron, skiccpauszon történik, illetve manapság kezd megjelenni a táblagépen, vagy digitális rajztáblán való skiccelés is, de ezek a megoldások még nem a legelterjedtebbek, és sokan úgy vélik, hogy nem egyenértékű a papíron való rajzolással.

A felsorolt folyamatok, beleértve a digitális eszközön történő rajzolást is, kettő dimenzióban történnek. Arra a kérdésre kerestünk választ a VR segítségével, hogy van-e lehetőségünk arra, hogy a skiccelést, tulajdonképpen magunk körül tudjuk elvégezni három dimenzióban. Az általunk alkalmazott szoftver ebben az esetben a Gravity Sketch volt, ami egy VR eszközökre készített program, különböző tervezési folyamatok lebonyolítására. A programban lehetőségünk van 3 dimenzióban rajzolni, importálni fájlokat, illetve munkatársakkal való együttműködésre.

A program egyszerűen kezelhető, letisztult kezelőfelülettel. Telepítés után lehetőségünk van egy „tutorial” elvégzésére, ahol bemutatják nekünk a program különböző funkcióit, valamint a használat lépéseit.



6. ábra Gravity Sketch (saját)

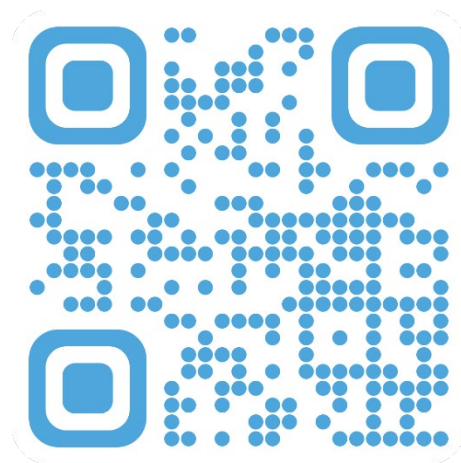
A program eszköztára nem túl gazdag, ugyanakkor a funkcióhoz szükséges eszközök megtalálhatóak benne. Egy ecset segítségével tudunk vonalakat rajzolni, amiket később tudunk mozgatni, átszínezni, illetve törölni is. Ezen felül tudjuk a rajzot mozgatni és átméretezni a térben. Valamint található benne egy fólia rendszer is, aminek segítségével a különböző elemeket különböző fóliákra tudjuk helyezni, tudjuk állítani a láthatóságukat és az erősségüket.

A programon belül két módon tudunk skicceket készíteni, vagy egy teljesen üres teret nyitunk meg, amiben elkezdünk rajzolni, valamint van lehetőségünk .obj fájlok importálására, és a korábban elkészített 3D modellünket tudjuk kiegészíteni kézi rajzokkal VR-ban.

A kutatás során mindkét módszert teszteltük a programon belül, amiről videódokumentációt készítettünk, melyek az alábbi QR kódokkal tekinthetők meg:

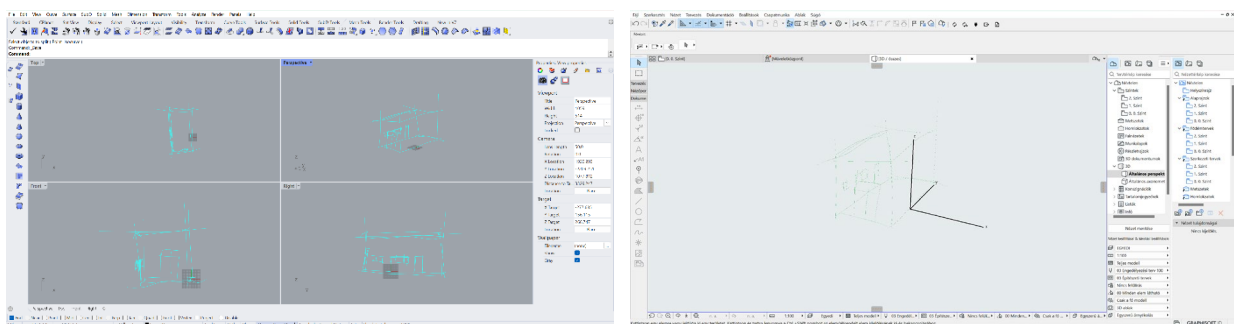


8. ábra Skiccelés VR-ban (saját)
https://youtu.be/_BKTPcXGSo



8. ábra Skiccelés VR-ban,
 importált modellel (saját)
<https://youtu.be/V7GNUix5iiE>

Az elkészített rajzot lehetőségünk van exportálni a programból .obj formátumban. Ezt a fájlformátumot nem minden tervezőszoftver képes olvasni, többek között az ArchiCAD sem. Ugyanakkor más 3D modellező szoftverek közbeiktatásával lehetőségünk van az ArchiCAD-ben is megjeleníteni a rajzunkat. Így, ha a Gravity Sketch-ben elkészített 3D rajzunkat exportáljuk .obj formátumban, majd ezt megnyitjuk például Rhino-val és elmentjük a Rhino saját fájlformátumába (.3dm), akkor utána már van lehetőségünk a rajzot ArchiCAD-ben is megnyitni (mivel a .3dm formátumot már támogatja az ArchiCAD). Ezek után az ArchiCAD-en belül már könnyedén el tudjuk készíteni az építészeti modellünket a 3D skicc alapján.



9. ábra Rajz exportálása Rhino-ba, majd ArchiCAD-be (saját)

A Gravity Sketch egy könnyen kezelhető program, ami nem igényel külön tanulást. A skiccek egyszerűen elkészíthetők benne. Az a véleményünk, hogy a programban rendelkezésre álló eszköz új dimenziókba emelheti a tervezés folyamatát. A lehetőség, hogy

építésszként a terek alkotása során akár magunk köré is tudunk skiccelni, valamint, hogy lehetőségünk van méretarányosan kisebbben rajzolni és felnagyítva megvizsgálni sokkal intuitívabbá tehetik a tervezési fázist. A program importálási és exportálási formátuma jelenleg is használható tervezőszoftverekkel, de ha bővítésre kerülnek a fájlformátumok, egy-egy gyakran alkalmazott formátummal, akkor a szoftverek közötti adatátvitel még dinamikusabban történhet.

A módszer hátránya, hogy a VR még nem egy teljesen kiforrott technológiára, így a hosszútávú viselése a headseteknek émelygést, fejfájást, valamint szemfájdalmat is okozhat. Ugyanakkor az építészeti tervezés egy hosszabb folyamat, így, ha VR szemüvegben történik a tervezés, akkor a folyamatot gyakorta meg kell szakítanunk annak érdekében, hogy semmilyen egészségügyi hátrányát ne érezzük. Viszont úgy gondoljuk, hogy ez a technológia a jövőben fejlődhet annyit, hogy a hosszútávú viselése se legyen kellemetlen.

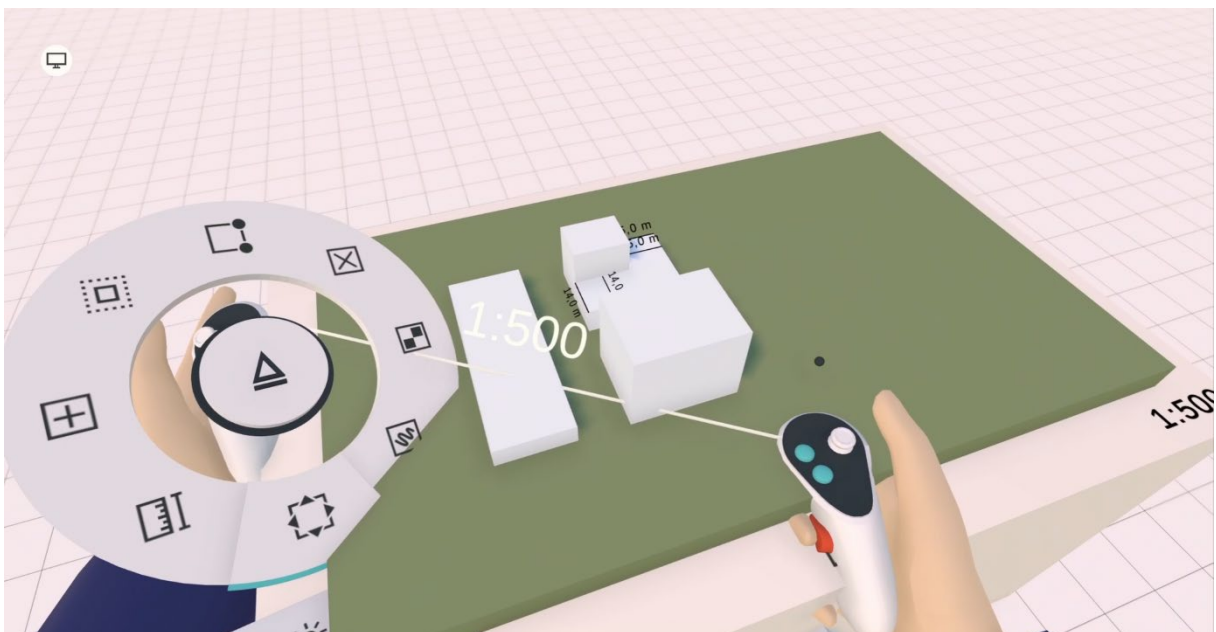
A jelenlegi technológiai háttérrel, valamint a szoftver jelenlegi verziójával úgy gondoljuk, hogy ez a módszer a papíron történő tervezés kiegészítéseként tud funkcionálni, de elképzelhető, hogy idővel átveszi a helyét. Ha az alapkoncepciókat elkészítjük papíron, és csak néhány kiválasztott opciót szeretnénk összehasonlítani, vagy esetleg egy kiválasztott opciót szeretnénk megvizsgálni egy másik aspektusból, illetve kiegészíteni, akkor ez a megoldás remek kiegészítője lehet a tervezési folyamatoknak.

Modellezés VR-ban

Manapság már a növekvő igények, valamint a technológia fejlődésének köszönhetően az építészek körében a kettődimenziós rajzolást átvette a háromdimenziós modellezés és a BIM (Building Information Modeling). Az építészek körében az épületek modellezése történhet olyan háromdimenziós tervező programokkal,

amik kifejezetten építészeti modellezésre lettek fejlesztve, mint például az ArchiCAD vagy a Revit. Ezekben kifejezett építészeti elemekkel tudunk dolgozni, mint például fal, födém, ajtó, ablak. Emellett az épületmodellezés történhet olyan szoftverekkel is, amik inkább általános testmodellezésre lettek fejlesztve. Ezekben nincsenek kifejezetten építészeti elemek, inkább alakzatokkal és síkokkal tudunk dolgozni. Ilyen programok például a SketchUp, valamint a Rhino.

Kutatásunk során szeretnénk volna letesztelni, hogy a modellezés hogyan és miként tud működni a virtuális környezetben egy VR headset segítségével. A modellezéshez az Arkio nevezetű szoftvert használtuk, ami egy SketchUp-hoz hasonlító VR alapú modellező szoftver.



10. ábra Modellezés VR-ban (saját)

A program kezelőfelülete leginkább ahhoz hasonlít, mintha egy asztalon kezdenénk el makettezni, azzal a különbséggel, hogy korlátlan méretű munkafelületet tudunk beállítani magunknak, valamint munka közben is könnyen változtathatjuk a méretarányt és bármikor bejárhatjuk 1:1-ben a modellt.

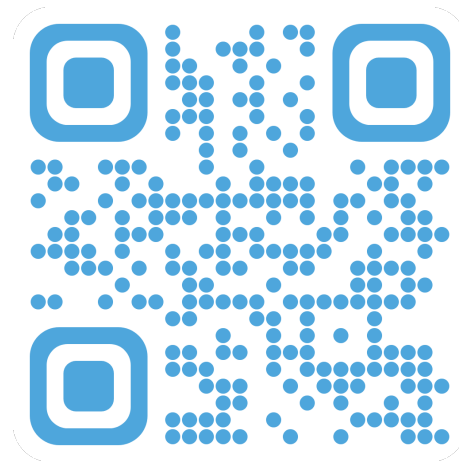
A program eszköztára a SketchUp-hoz hasonlít a leginkább, ami azt jelenti, hogy főként alakzatokkal tudunk modellezni (téglatestek),

de található néhány előre definiált építészeti elem is, mint például fal, ajtó, ablak. A fő eszközök (fal, téglatest, színező eszköz, rajzoló eszköz) használata egyszerű, közöttük a váltás is könnyedén eszközölhető, ugyanakkor a többi eszköznek (bútorok, emberek, nyílászárók) az elérése már nem ennyire egyszerű, és a váltás nincs megfelelően megoldva. Ugyanakkor, ha kiválasztunk egy eszközt, például a fal elemet, utána azzal már könnyen tudunk dolgozni. Ezek mellett az elemek mellett találhatóak még környezeti elemek, mint például fa, bokor, valamint belsőépítészeti elemek, bútorok, illetve léptékfigurák. Minden elemcsoportból csak néhány elemet tartalmaz az ingyenes verzió, de egyszerűbb koncepció modellek elkészítéséhez ezek is elegendőek lehetnek.

A programba a munkánk kezdetekor lehetőségünk van importálni fájlokat, valamint az elkészített modellt lehetőségünk van exportálni is. Az importálási/exportálási lehetőségek között itt már nagyobb a választék, ugyanis lehetőségünk van más szoftverekből importálni, illetve ugyanezekbe a szoftverekbe exportálni is (SketchUp, Revit, Rhino), továbbá ezekkel a programokkal élő kapcsolatot is tud létesíteni az Arkio. Ugyanakkor ezek a funkciók csak a fizetős verziójában érhetőek el a programnak, így ezek tesztelésére nem volt lehetőségünk. Az ingyenes verzióban .obj formátum importálására és exportálására van csak lehetőségünk. Az importálásnál a Gravithy Sketch programban készített skiccet importáltuk a programba, tesztelve azt, hogy egy már VR-ban elkészített skicc köré tudunk-e szintén VR-ban modellezni. A használat során teszteltük, az importált skicc köré történő modellezést, valamint készítettünk egy modellt, a nulláról. A tesztelésekről videódokumentációk készültek, amik az alábbi QR kódokkal tekinthetők meg:



12. ábra Modellezés VR-ban
<https://youtu.be/-hYdrZedUgU>



12. ábra Modellezés VR-ban,
importált elemekkel
<https://youtu.be/u4GAE9i4Kiw>

Alapvetően az importálás könnyen és gyorsan ment, ezek után pedig a programban könnyedén el tudtuk készíteni a modellt a skicc alapján. Kimondhatjuk azt, hogy a skicceléstől egészen a modellig minden folyamatot el tudunk már végezni VR-ban, azzal a hátránnyal, hogy ebből a modellből nem tudunk generálni építészeti rajzokat, ellentétben például az ArchiCAD-del. Ugyanakkor a szoftverben elkészített modellt lehetőségünk van exportálni tervezőprogramokba, direkt úton, vagy egy köztes program beiktatásával.

Ezen felül a programban lehetőség van még csapatmunkára is, ahol a kollégáinkkal együtt van lehetőségünk a modellben lenni és kommunikálni, valamint együtt dolgozni. Viszont sajnos ezt a funkciót sem tudtuk tesztelni.

Alapvetően a szoftver jól működik VR-ban. Úgy gondoljuk, hogy relevánsan használható, annak ellenére, hogy rendes építészeti rajzokat még nem lehet készíteni vele. Egyszerűbb, sablonos koncepció makettek elkészítéséhez kiválóan alkalmazható.

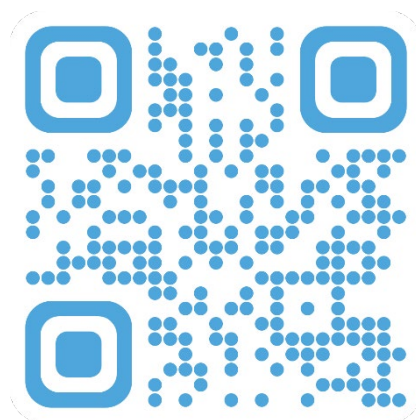
VR alapú látványtervezés

Az építészeknek a munkájuk során meg kell küzdeniük azzal a nehézséggel, hogy a megbízók sok esetben laikus emberek. Ezek az emberek a kettődimenziós rajzokat nehezen értik, vagy nem is

feltétlenül értik meg. Ennek a problémának az áthidalására nyújtanak megoldást a látványtervek, amikkel meg tudjuk mutatni a megrendelők felé, hogy hogyan fog majd kinézni az általunk tervezett épület.

A látványtervek eleinte külön rajzként készültek papíron, vagy egyéb szoftverekben. A technológia fejlődésének és a háromdimenziós tervezés elterjedésének köszönhetően ez a folyamat valamelyest egyszerűsödött, egyszerűbb látványterveket már néhány kattintásból is el tudunk készíteni. Megjelentek olyan látványtervező szoftverek, amelyek a háromdimenziós tervező programban készített modellünket tudják használni a látványterv alapjaként. Az egyik legelterjedtebb ilyen szoftver a Twinmotion, amit mi is alkalmaztunk a kutatásunk során. A Twinmotion egy Unreal Engine (számítógépes játékok 3D grafikus motorja) motoron futó látványtervező szoftver. A Twinmotion-be lehetőségünk van az ArchiCAD-ben elkészített modellünket importálni, valamint élő kapcsolat is van a két szoftver között, így az ArchiCAD-ben elvégzett változtatások automatikusan frissülnek a programban.

A Twinmotion-on belül van lehetőség VR-ba lépéshez. A legtöbb szoftverben VR-ban csak körbejárásra és az időjárás változtatására van lehetőségünk, ami korlátozza a lehetőségeiket. A Twinmotion-ben is megtaláljuk ugyanezeket a lehetőségeket, viszont itt van



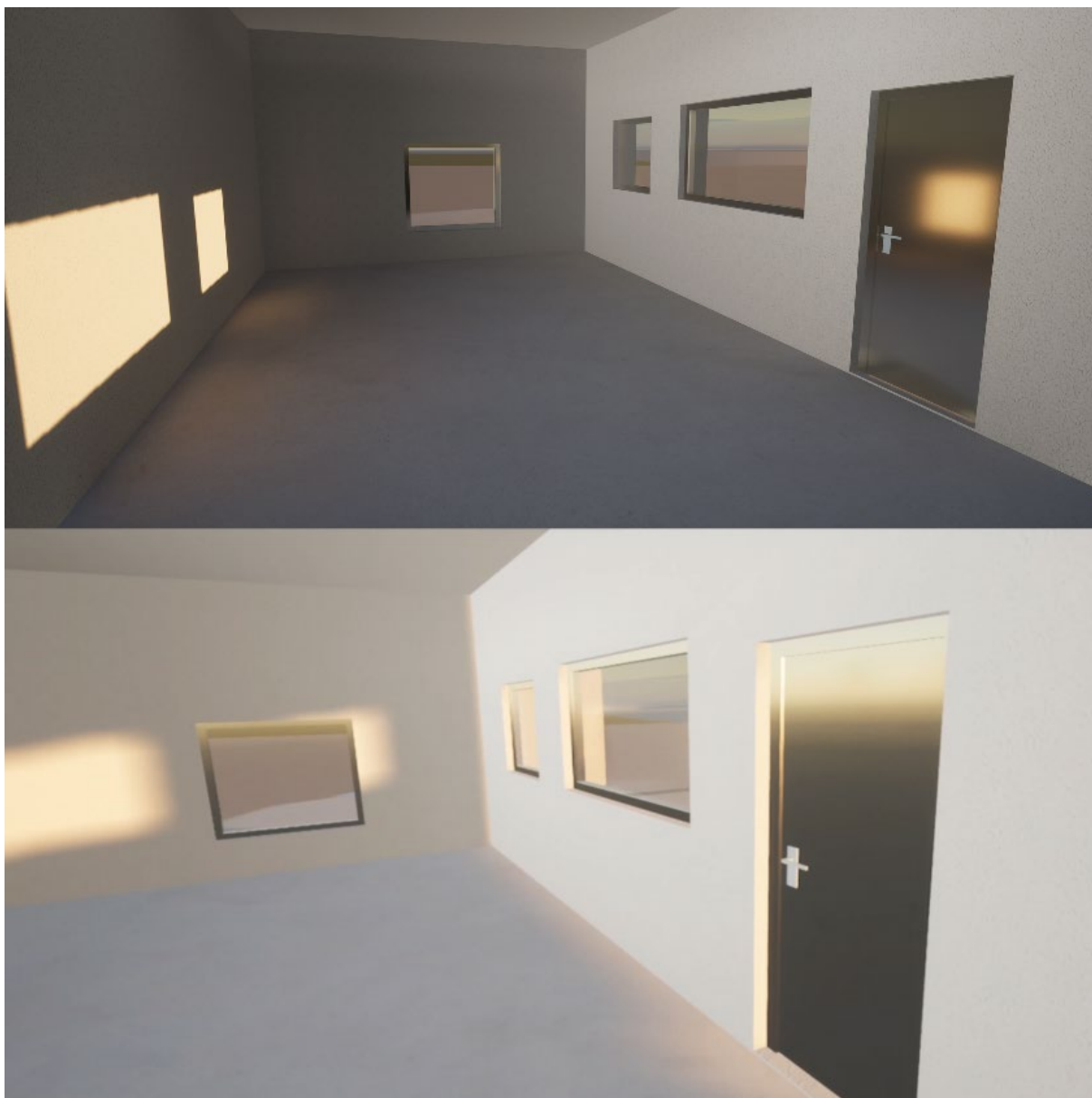
13. ábra VR alapú
látványtervezés

https://youtu.be/S_13nRPFwhg

lehetőségünk a látványtervezéshez használt eszközök korlátozott használatára.

Alapvetően a Twinmotion-on belül lehetőségünk van a felületeket textúrázni, helyezhetünk el növényzetet, embereket, tárgyakat, városi elemeket, valamint lehetőségünk van egyszerűbb alakzatokat lehelyezni. Amennyiben VR-ban használjuk a Twinmotion-öt szintén van lehetőségünk ezen eszközök használatára, viszont csak korlátozva. Lehetőségünk van a felületeket textúrázni, ebben az esetben is hozzáférünk a program teljes textúra könyvtárához. Emellett egyéb elemeket lehelyezni nincsen lehetőségünk, a textúrázáson kívül. Az alábbi videóban szeretnénk prezentálni, a Twinmotion-ben a munkafolyamatot VR-ban:

Alapvetően a program megfelelően működik VR-ban, könnyen használható. A látványtervezéshez ez a fajta megközelítés tud segítséget nyújtani, ugyanakkor az az érzésünk van az üggyel kapcsolatosan, hogy ez a felhasználási mód inkább a belső terek látványához tud segítséget nyújtani. A videón kívül teszteltük külső látványok elkészítéséhez, de az az érzésünk támadt, hogy külső látványok készítéséhez indokolatlan a technológia, mivel az épületek külső felülete már túlzóan nagy ahhoz, hogy VR-ban, 1:1-ben alaposan és körültekintően el tudjuk végezni a látványtervezést. A legnagyobb hátránya ennek a felhasználási módnak, hogy a program és a VR headset együttműködése nem volt makulátlan, a programban a legmagasabb grafikai beállítások mellett sem volt olyan részletes a modell, mint például a monitoron. Ez alapvetően nem hangzik akkora hátránynak, ugyanakkor emiatt a minőségromlás miatt elveszhetnek olyan részletek is, amik látszódnak, ha például kimentünk egy képet. Ez a probléma okozhat nehézségeket a munkafolyamat során. Az alábbiakban szeretnénk bemutatni két képet, amiben összehasonlítjuk a VR-ban látott képet, egy a programban készített látványképpel:

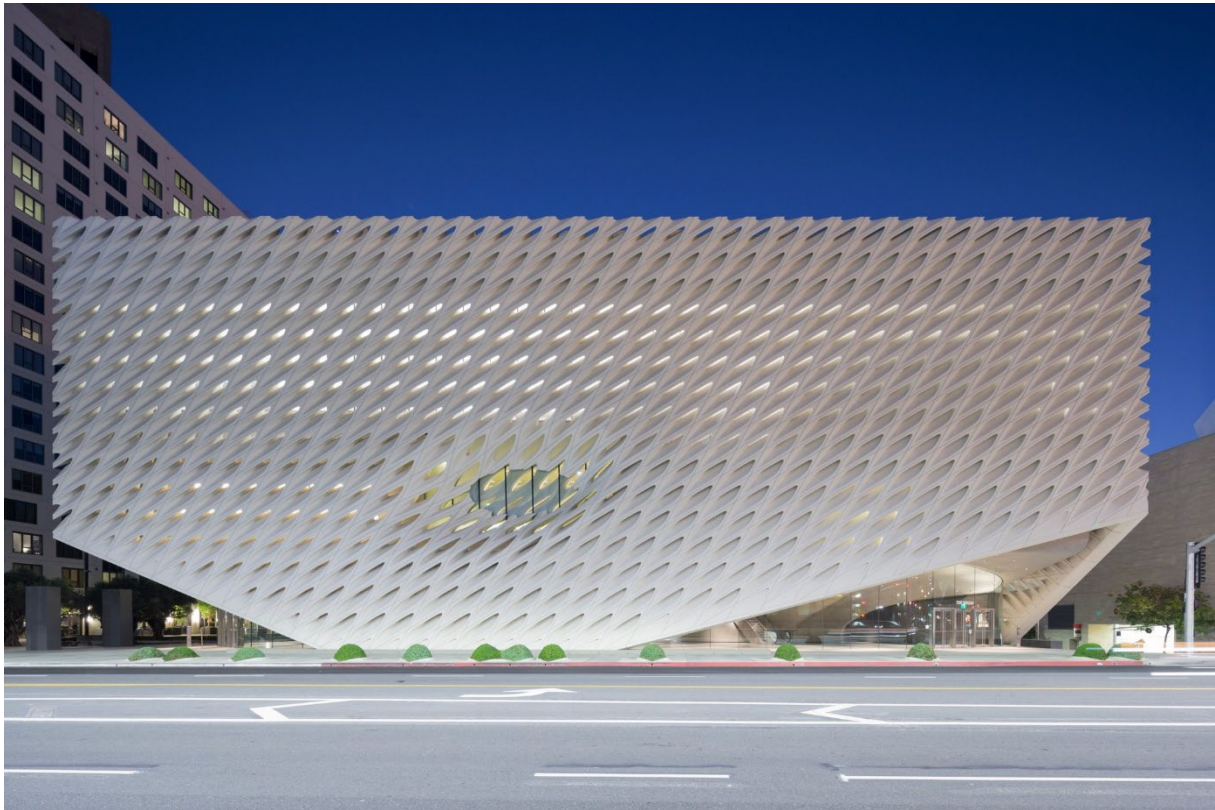


14. ábra Látványkép/felső/ és VR-ban látott kép/alsó/ (saját)

VR alapú árnyékkép vizsgálatok

A perforált homlokzati árnyékolószerkezetek alkalmazása kezd egyre elterjedtebbé válni az építészek körében. Ez részben köszönhető a gyártástechnológia fejlődésének, azaz, hogy a gyártók már el tudnak készíteni bonyolultabb és változatosabb perforált árnyékolókat is. Másfelől a tervezők körében köszönhető az olyan

innovatív tervezési módszerek megjelenésének, mint például a parametrikus tervezés.



15. ábra Diller Scofidio + Renfro – The Broad (<https://dsrny.com/project/the-broad>)

A parametrikus tervezés matematikai és logikai összefüggéseken alapul. Legáltalánosabban formatervezéshez, egyszerűbb szimulációk elkészítéséhez vagy egy építmény részterületének kialakításához szokták használni. A parametrikus tervezésben egy szabályrendszer vagy algoritmus alapján készíti el a program a kívánt elemet/geometriát. Napjainkban a tervezők egyre gyakrabban használják szimulációk elkészítéséhez, mint például megvilágítás vagy benapozás vizsgálathoz, de amikor a parametrikus tervezésről van szó, általánosságban az embereknek valamilyen összetett, organikus forma jut az eszébe. (Árpád et al., 2022)

Ezeknek az árnyékolóknak a fő jellemzője az izgalmas homlokzati kép mellett, a beltérben megjelenő árnyékjáték, ami a perforáció és a napsütés kölcsönhatásából jön létre.

Kutatásunk során szerettünk volna kitérni arra is, hogy a VR-ban milyen módon tudjuk vizsgálni ezek az árnyékolók által létrehozott

belső árnyékképet. A vizsgálathoz parametrikus tervezéssel készítettünk három különféle árnyékolótípust, majd ezeknek az árnyékképét vizsgáltuk a Twinmotion látványtervező szoftverben a VR segítségével.

Alapvetően nagy segítséget nyújthat számunkra ez a felhasználási módszer, ugyanis testközelből tapasztalhatjuk meg azt, hogy az általunk tervezett árnyékoló milyen belső árnyékképet ad. Ez abban az esetben lehet számunkra hasznos, ha az árnyékolót parametrikus módszerrel készítjük el, ugyanis ebben az esetben könnyedén tudunk változtatni az árnyékolónkon, így több lehetőséget is meg tudunk vizsgálni VR-ban. A VR-ban történő vizsgálatok megkönnyíthetjük a döntéshozatalt, valamint több aspektusból megvizsgált döntést hozhatunk.

A döntéshozatal megkönnyítése mellett még egy szempontból a hasznunkra válhat, amennyiben VR-ban vizsgáljuk az árnyékoló szerkezeteinket, ez pedig a használhatóság. Az adott épület funkciójából adódóan a benne végzett tevékenységek spektruma kifejezetten tág. Egy épület szolgálhat munkahelyként, lakásként, sportközpontként. Ezek a funkciók mind más-más igénytel rendelkeznek, amiket a tervezés során szem előtt kell tartanunk. Például egy sportközpont esetében, ahol versenysport zajlik, nem előnyös, ha bizonyos időszakokban az egyik csapat/játékos szemébe süt a Nap, vagy egy munkahely esetében nem célszerű, ha a munkaidő alatt a Nap folyamatosan süti a képernyőket, ezáltal azok folyamatosan tükröződnek, így nehezítve a munkavégzést.

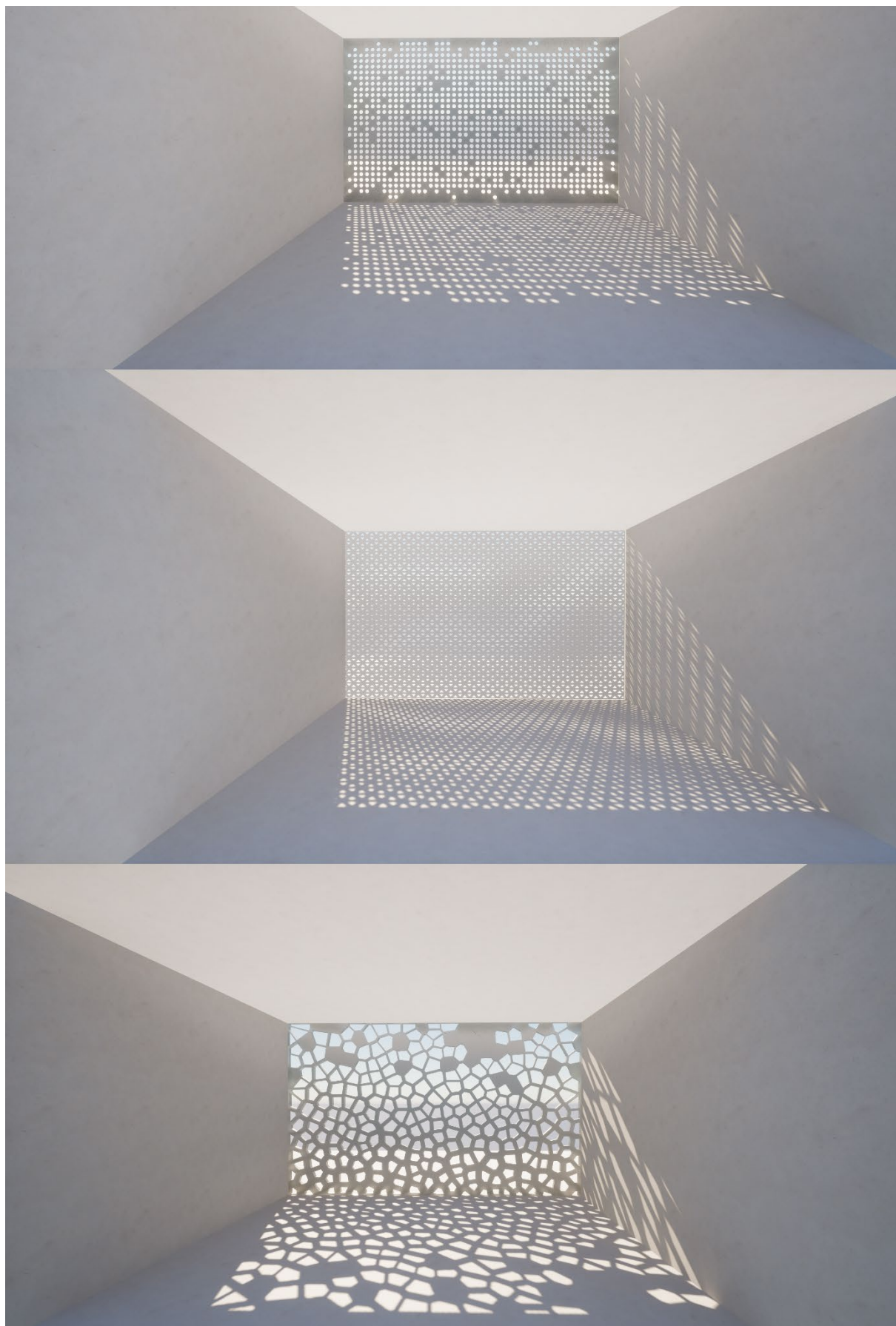
Ezeknek a szempontoknak az ellenőrzésére tud egy megfelelő eszköz lenni a VR ugyanis, ezen keresztül úgy tudjuk megélni a teret, mintha ott lennénk benne. A programok megfelelő beállításával elérhetjük azt, hogy az épületünk és a Nap viszonya olyan legyen, mint amilyen a valóságban is lesz. A VR-nak köszönhetően pedig megvizsgálhatjuk az általunk tervezett tereket a jövőbeli használó szemszögéből ezáltal ellenőrizve, hogy az épületünk megfelelően be tudja tölteni a funkcióját.



16. ábra Árnyékkép vizsgálatok
VR-ban

<https://youtu.be/FuVBN1A0FB4>

A hátránya ezeknek a vizsgálatoknak, hogy az eszközök felbontása még nem kellőképpen nagy, így bizonyos részletek elveszhetnek, valamint a kapott kép nem tudja még teljesen visszaadni azt, amit majd a valóságban látunk. A videóban megtekinthető, ahogy vizsgáljuk a különböző árnyékolókat, valamint a következő oldalon láthatóak az árnyékolók látványképei.



17. ábra Az összehasonlított homlokzatok látványképe (saját)

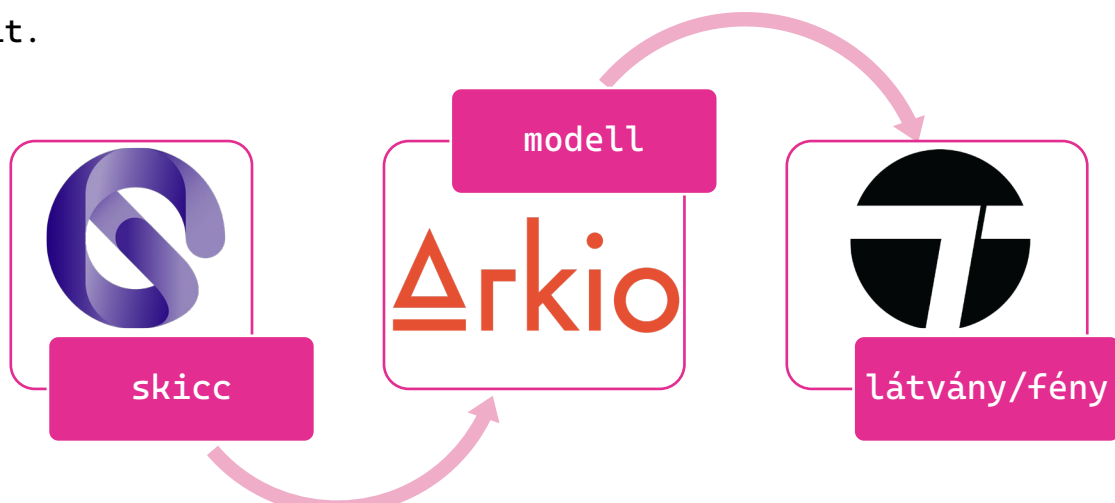
Felhasználás értékelése

Alapvetően a kutatás során szeretnénk volna meg tapasztalni, hogy az épületbejárás túl mire használható még a VR az építészetben belül.

Több olyan szoftvert is sikerült találnunk, amelyek az építészeti tervezés egy-egy fázisaira jelenthetnek megoldást. Ezek a szoftverek, jelenleg még gyerekcipőben járnak, lényegében még az első verziók vannak a piacon, ennek ellenére jól működnek, gördülékenyen tud folyni a munkavégzés.

Megtapasztaltuk azt a vizsgálat során, hogy lényegében az építészeti tervezés minden lépése elvégezhető VR-ban. Így tulajdonképpen az egész folyamatot el tudjuk végezni VR-ban.

Ugyanakkor a jelenlegi eszközökkel még műszaki tartalommal ellátott terveket nem tudunk készíteni. A legjobban ez a fajta megközelítése a tervezésnek koncepció tervek elkészítéséhez lehet alkalmas, ahol a tervek műszaki tartalma nem kérhető számon. Viszont mivel mindegyik alkalmazásban van exportálási lehetőség, így amennyiben VR-ban kezdjük el a tervezést, és eljutunk egy olyan szintre, ami már igényli a műszaki tartalmat a tervből, akkor lehetőségünk van a VR-ban elkészített munkánkat exportálni a megszokott tervezőprogramokba, mint például az ArchiCAD vagy Revit.



18. ábra VR használati fázisai (saját)

Konklúzió

A VR ígéretes fejlődést mutat az építészet területén, figyelembe véve a jelenlegi eszközöket és felhasználási trendeket. Az építészeti VR alkalmazások elterjedése és megfizethetősége növekszik, lehetővé téve szélesebb körű felhasználást az iparban. Az integrált tervezési folyamatok előnyei a VR és más építészeti tervező szoftverek közötti hatékonyabb összekapcsolódásban rejlenek, amelyek elősegítik a zökkenőmentes munkafolyamatokat és a tervezési szakaszok közötti átmenetet. A valós idejű együttműködés és távvezetés lehetőségei növelik a csapatok közötti hatékony kommunikációt, ami javítja a projektidőt és csökkenti a költségeket. Az AR és VR integráció új dimenziókat nyit meg az építészeti tervezésben és a projektmenedzsmentben, lehetővé téve az építési elemek valós idejű megjelenítését a valós térben.

A fenti tényezők együttesen arra utalnak, hogy a VR egyre fontosabb szerepet fog játszani az építészeti iparban a jövőben. A technológiai innovációk és a folyamatos fejlesztések valószínűleg további előnyöket és lehetőségeket fognak hozni az építészet területén. A VR alkalmazásainak széleskörű elfogadása és integrációja a tervezési és építési folyamatokban javíthatja az ipar hatékonyságát és minőségét, elősegítve a fenntartható és innovatív megoldások elterjedését.

Irodalomjegyzék

Andrea, D. (2001). Az érzékelés és az észlelés. In Fejezetek a pszichológia alapterületeiből, második bővített kiadás (pp. 37.-65.).

Árpád, H., Dániel László, H., & Tóth, O. (2022). Tudományos Diákköri Konferencia Parametrizált benapozásvizsgálat.

Davila Delgado, J. M., Oyedele, L., Demian, P., & Beach, T. (2020). A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. *Advanced Engineering Informatics*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101122>

Dobos, B. L., & Bognár, P. (2015). Szinkronban.

Dr. Péter, E. (2008). A követelménymodul megnevezése: Fotogrammetria feladatai.

Egyedi munkavédelmi alkalmazást fejlesztett a PTE MIK. (2022). <https://Pecs.hu/Hirek/Egyedi-Munkavedelmi-Alkalmazast-Fejlesztett-a-Pte-Mik/>. <https://pecs.hu/hirek/egyedi-munkavedelmi-alkalmazast-fejlesztett-a-pte-mik/>

Flórián, A., Árpád, H., & Dániel László, H. (2022). Tudományos Diákköri Konferencia VR alkalmazása az építészetben.

Legge-Wilkinson, J., Fawad, M., Salamak, M., & Jang, J. (2022). DIGITAL AND 3D BIM TOOLS FOR THE DESIGN AND DELIVERY OF MAJOR RAIL AND ROAD BRIDGE PROJECTS BIM-BASED BRIDGE MAINTENANCE SYSTEM. www.e-brim.com.

Li, Y., Karim, M. M., & Qin, R. (2022). A Virtual-Reality-Based Training and Assessment System for Bridge Inspectors with an Assistant Drone. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 52(4), 591-601. <https://doi.org/10.1109/THMS.2022.3155373>

Naidu, K., & Mohan, S. (2022). SENSORIAL DESIGN APPROACH IN BUILT ENVIRONMENT. <https://www.researchgate.net/publication/363291816>

Palpan, A., Vega, S., Quiroz, F., Vicuña, M., Tuesta, R., Almeida, A., & Savio, D. (2022). VDC management in the industrialization process using prefabricated reinforcement cages. Case Study: Ovalo Monitor Bridge.