

Tudományos Diákköri Konferencia

VR alkalmazása az építészetben

Albert Flórián

Hajdu Árpád

Hegedűs Dániel László

Építésmérnöki szak

3. évfolyam

Összefoglaló

A tudományos kutatásunk témája a VR (Virtual Reality) használata az építőipar minden szegletében, a tervezéstől egészen a kivitelezésig. Ennek keretében több, hazai építész tervezővel készített interjú segítségével vizsgáltuk a VR jelenlegi felhasználási trendjeit. Ezen túl egy saját modell készítésén keresztül próbáltuk ki a technológiát és vizsgáltuk annak felhasználhatóságát a benapozásvizsgálat során.

A dolgozatunk első lépése a megfelelő eszközök, kapcsolatok beszerzése és az irodalomkutatás volt komplexen vizsgálva a VR témakört. A kutatás elején nehézségekbe ütköztünk, mivel az eszközök nem álltak rendelkezésünkre és sajnálatosan az egyetem sem tudott szolgáltatni nekünk. Minden kapcsolatunkat megmozgatva végül több helyről is igénybe vehettünk volna VR headseteket, de a közelség szempontjából a Mobilis Interaktív Kiállítási Központot választottuk. Ezek után a Mobilis Interaktív Kiállítási Központban kialakított és használt rendszerrel és az általunk választott programmal adódtak problémák, mivel nem voltak kompatibilisek. Megvizsgáltuk az általunk használt laptopokat lefuttatva rajta egy kompatibilitási vizsgálatot, ennek eredménye az volt, hogy csak az egyik laptop képes megjeleníteni a modellt a VR headsetben. Szerencsére a kezdeti nehézségeket könnyedén léptük át. Ezek után kezdődhetett el a koncepcionális tervezés. A dolgozat elkezdése után kaptunk egy javaslatot, hogy a Velux „LIGHT IT UP!” hallgatói pályázatára is adjuk be az elkészült modellt. Ennek tudatában a házunkat a Velux kiírása és a pályázat értékelési szempontjai alapján kezdtük el tervezni. A tervezés során egy 2+2 fős családi modellnek terveztünk egy oldalhatáron álló épületet Bakonybélben kortárs megjelenéssel, a mai igényekhez alakítva, de illeszkedve a falusias utcaképbe. A benapozottság számunkra az egyik legfontosabb tényező a házzal kapcsolatosan, ezért próbáltuk meg a lehető legtöbb fényt beengedni az épületünkbe. A megfelelő alaprajz kiötlése után álltunk neki az Archicad modell elkészítésének. A Graphisoftnak köszönhetően rengeteg olyan render szoftverbe tudtuk átkonvertálni a modellünket, ami VR kompatibilis. A hosszas vizsgálás után a Twinmotion szoftver mellett döntöttünk és ebben végeztük el a textúrázást. Kutatásunk során megvizsgáltuk, hogy a VR használata miként segíti elő a tervezést a megfelelő benapozottság szempontjából. Az érzéseink nagyon vegyesek a témával kapcsolatban, mivel rengeteg előnyét és hátrányát tapasztaltuk meg.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	6
2. AVR története.....	7
3. Mobilos VR.....	11
4. Jelenlegi piacvezető eszközök.....	13
4.1 Vezeték nélküli eszközök.....	13
4.2 Vezetékes eszközök.....	15
5. VR használata az építőiparban.....	16
5.1 3D ingatlan túra	17
5.2 VR/AR használata a kivitelezésben.....	18
6. Interjúk építészek és a VR kapcsolatáról.....	22
7. Saját projekt bemutatása.....	25
7.1 Általunk használt eszköz	25
7.2 Az épület és a modellezési folyamat bemutatása.....	27
7.3 Benapozás vizsgálat.....	35
7.4 Eredmények összevetése a VR-ban tapasztaltakkal.....	44
7.5 Saját tapasztalatok a VR használatáról.....	45
7.6 Konklúzió.....	47
8. Irodalomjegyzék.....	48

**„A térélmény nem tehetséges emberek
privilégiuma, hanem biológiai funkció”**

Moholy-Nagy László [1]

Köszönetnyilvánítás

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

Köszönet illeti konzulensünket Szabó Ferdinándot, a Széchenyi István Egyetem tanárát, akinek köszönhetjük kutatásunknak a témáját. Munkája nagyban hozzájárult a TDK dolgozatunk elkészüléséhez.

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

Köszönet illeti Szalai Dórát, a TSPC BIM-menedzserét, aki a modellezésben nyújtott segítséget, illetve köszönjük neki a csapatmunka szervezt.

Köszönet illeti Dr. Eke Zsoltot, A Széchenyi István Egyetem egyetemi docensét, aki az épületünk alaprajzának elkészítésénél segítette munkánkat javaslataival, kritikáival és megjegyzéseivel.

Köszönet illeti Gábor Erikát, a Széchenyi István Egyetem egyetemi tanársegédét, aki a belsőépítészet elkészítésében segítette munkánkat ötleteivel és meglátásaival.

Külön köszönet illeti a Mobilis Interaktív Kiállítási Központot, akik minden eszközt és a hozzájuk szorosan csatlakozó szoftvereket rendelkezésünkre bocsátották.

Továbbá köszönet illeti Kemenesi Ágostont, a Mobilis Interaktív Kiállítási Központ oktatóját és rendszerüzemeltetőjét, aki a VR alkalmazásához nyújtott hasznos segítséget.

Végül, de nem utolsó sorban köszönet illeti azokat a kollégákat, akik időt áldoztak ránk és megválaszták a kérdéseinket ezzel segítve azt, hogy minél pontosabb eredményt kaphassunk kutatásunk során.

1. Bevezetés

A mindennapjaink szóhasználatába beleivódott már a virtuális kifejezés. Ez a szó szorosan összekapcsolódik a virtuális valóság szókapcsolattal, mivel ezáltal nyert értelmet a köztudatban, ezért érdemes először a virtuális valóság fogalmát tisztázni. Ennek a szónak az angol megfelelője a valóság, élethűség. A Virtual Reality, azaz virtuális valóság kifejezést először Jaron Lanier használta. A virtuális valóság speciális, széleskörűen alkalmazható elektronikus technológiák gyűjtőneve. Magába foglalja az, atlétika, építészet és tájrendezés, oktatás, városrendezés, ipari tervezés, űrkutatás, orvostudomány és rehabilitáció, valamint modellezés és a tudomány számos területét. A téma újszerűségéből adódóan még nem rendelkezik egyetemes definícióval. A virtuális valóságot lehet úgy is definiálni, mint számítógéppel vezérelt multiszenzoros kommunikációtechnológia, amely lehetővé teszi az intuitív interakciót az adatokkal, új módon bevonva az emberi érzékelést. [2]

A VR szimulátorok a sztereoszkópia elvén működnek. A két szemmel történő mélységérzékelést sztereoszkópikus (térbeli) látásnak, szemlélésnek nevezzük, amellyel a mélységkülönbségeket nagyobb biztonsággal tudjuk megbecsülni. A sztereoszkópikus látásnak a fotogrammetriai kiértékelésnél kiemelt jelentősége van. A sztereoszkópikus látás definíciója: „Az emberi szem és az agy látási központjának azt a képességét, amellyel a szemlélt tárgyak térbeli alakját és egymáshoz viszonyított térbeli helyzetét két képből meg tudja állapítani, természetes térhatású látásnak, röviden természetes térlátásnak nevezzük” (Dr. Engler Péter) [3].

„A térélmény nem tehetséges emberek privilégiuma, hanem biológia funkció. A térélmények biológia gyökerei minden ember számára eleve adottak, éppúgy, mint a színek vagy a hangok élménye. Gyakorlás és alkalmas példák útján. mindenki kibontakoztathatja ezt a képességét.” Moholy-Nagy László [1].

Dolgozatunk célja, hogy meg tapasztaljuk az építészeti tervezést VR használatával, illetve megvizsgáljuk a VR használatát a tervezésben és a kivitelezésben egyaránt. Irodalomkutatásra, vala-

mint saját interjúk készítésére alapozott vizsgálatunk során külön kitérünk majd a VR használára, illetve az elterjedtségére a hazai építőipari tervező cégek esetében. Ezen felül szeretnénk megvizsgálni a technológia alkalmazhatóságát egy saját tervezésű családi házon keresztül.

2. 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 beleivódása 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 járkalni 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.

A következőkben bemutatjuk a VR technológia fejlődésének általunk vélt főbb állomásait.



1939

1. ábra View Master [4]

Ez az eszköz nem kifejezetten mondható „modern technikának”. A View Master 1939-ben jelent meg. A szemüveg olyan kartonlemezekkel működött, amelyek 7 páros transzparens képet tartalmaztak. Ezeken a képeken leginkább híres embereket és híres turista látványosságokat lehetett megpillantani. A lencséken keresztül egy élénk tájkép tárult az eszköz használói elé, így működés tekintetében nem sokban tér el a későbbi próbálkozásoktól. [5]



1961

3. ábra Headsight sisak [8]

A Philco nevű vállalat két szakembere (Comeau és Bryan) 1961-ben tervezte meg a Headsight projektet. Ennek legfőbb tulajdonsága, hogy az első olyan HMD (Head-mounted display- fejre illeszthető kijelző) volt, amely képes volt a mozgás érzékelésére. Rendszerük fejre szerelt kijelzőt használt egy másik helyiség körülményeinek megfigyelésére, mágneses követéssel pedig a felhasználó fejmozgását figyelte [9].



1950–60

2. ábra Sensorama szimulátor [6]

A technológia kezdeti úttörője a Sensorama. Ez a gép volt az első működő erőfeszítés a témában. Heilig feltalált egy 3D kamerát és kivetítőt a nézőgépe mellett, és **öt filmet** készített a Sensorama képességeinek bemutatására. A gép sztereó hanggal, aromákkal, széllel játszott le egy 3D-s filmet. Ezek többnyire passzív, utazáson alapuló élmények voltak: helikopter, gokart, bicikli és motor. A szimulátor tartalmazott egy „vödörszéket” egy fő számára, egy fogantyúkészletet, szellőzőnyílásokat és egy kapucnis tetőt, hogy minél jobban korlátozzák a figyelemelvonást. Howard Rheingold amerikai kritikus és író is kipróbálta a nyolcvanas években és megjegyezte, hogy "a motoros meggondolatlan volt, ami által nagy örömömre enyhén kényelmetlenül éreztem magam." Heilig a „jövő moziját” akarta létrehozni, de sajnálatosan a Sensorama kudarcra volt ítélve a kezdetektől fogva. A probléma nem a géppel volt, vagy azzal, hogy nem hatott, illetve rosszul hatott volna az érzékszervekre, hanem a filmkészítések magas költségével [7].



1991

5. ábra Sega VR szemüveg [15]

A SEGA 1991-ben bejelentett egy fejre szerelhető kijelzőt. Kortársaival ellentétben a SEGA sisakját úgy tervezték, hogy könnyű legyen és a hosszan tartó viselése se legyen kényelmetlen a felhasználónak. Sztereoszkópikus 3D technológiát is használ, hogy háromdimenziós mélységet adjon a látványnak, és beépített sztereó fejhallgatót használ a virtuális valóság élményének továbbfejlesztéséhez. A szemüveg 2 LCD kijelzővel rendelkezik. A SEGA VR-ból kizárólag prototípusok készültek, emellett 4 kifejezetten ehhez a termékhez fejlesztett játék. 3 évig folyamatosan fejlesztették, majd csendesen levették a palettáról [16].

1965



4. ábra Demoklész kardja [10]

Sutherland és tanítványai Bob Sproull, Quintin Foster és Danny Cohen [11] megalkották a „Demoklész kardja” -t. Ez volt az első olyan VR, ami nem egy külső kamerához csatlakozott, hanem egy számítógéppel volt összekötve. Ez a szerkezet borzasztóan nehéz volt, ezért ennek a megoldása az lett, hogy lelógatták a mennyezetről és egy fix tengely körül lehetett használni. A „Demoklész kardja” egyszerű „drótváz” alapú szobákat és tárgyakat tudott megjeleníteni a szemünk előtt. [11]

1995



6. ábra Nintendo által gyártott Virtual Boy konzol [17]

1995-ben a Nintendo kiadta a Virtual Boy konzolját. Ez a konzol olyan játék-, és térelményt adott, amit se a televíziókon se a kézi eszközökön nem élhettek át az emberek. Ennek ellenére nem élt meg hosszú életet, mivel a kiadását követő egy éven belül megszüntették és még azóta is ez a termék a legrosszabbul eladott konzolja a Nintendónak. Ennek több oka is van. A konzol viszonylag hamar meghibásodott, a Nintendo nem vállalt felelősséget a játék használata közbeni mozgolódásból adódó sérülésekért, ezért a konzolt egy állványra helyezték, aminek használata korlátozott és

A technika fejlődésének köszönhetően a VR eszközök ma már az átlagember számára is elérhetőek. A legtöbb telefon rendelkezik giroszkóppal, ezáltal egy pár ezer forintos headset segítségével képes megjeleníteni egyszerűbb tereket, de anyagiaktól függően egészen a realisztikusságig lehet fokozni a térélményt. [19]

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 szöveget, amit a két szemtengelyünk egymással bezár, s amit paralitikus szögnek nevezünk” (Dr. Engler Péter) [2].

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:

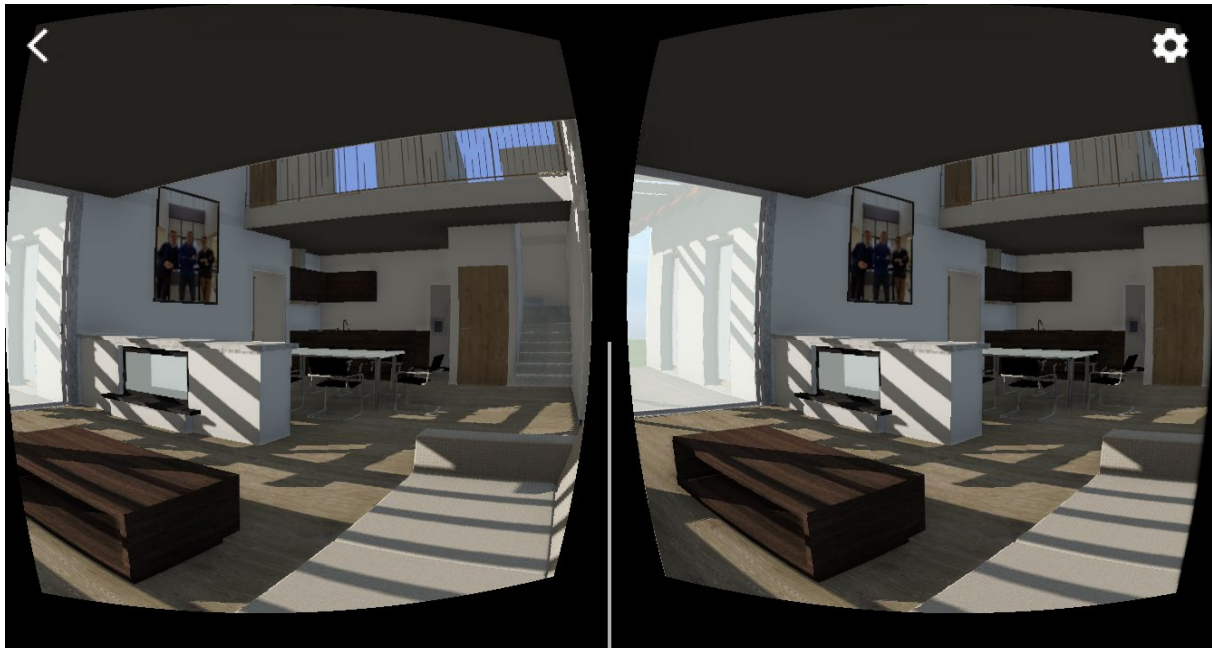
1. képpárt kell készíteni adott bázissal és adott átfedéssel,
2. szemlélésnél a bal képet bal szemmel, a jobb képet jobb szemmel kell nézni,
3. a képek relatív helyzete egyezzen meg a felvételtelkorival,
4. a szemlélési bázis párhuzamos legyen a felvételi bázissal,
5. a bázisviszony egyezzen meg a felvételtelkorival,
6. a szemlélési sugárnyaláb egybevágó legyen a felvételtelkorival,
7. az egymásnak megfelelő pontok között legyen bázisirányú parallaxis, mert ez a térlátás feltétele,
8. 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 kibővített mását. A térbeli modell csak virtuális, amelyről azonban megfelelő berendezésekkel méreteket vehetünk le. A modell a terepnél annyszor kisebb, ahányszor rövidebb a szemlélési bázis a fényképezési bázisnál” (Dr. Engler Péter) [2].

3. Mobilos VR

Jelenleg már a virtuális valóság élményének meg tapasztalásához nem szükséges drága eszközöket, illetve drága számítógépet vásárolnunk. Lehetőségünk van arra, hogy pusztán egy egyszerű szemüveggel, ami akár még kartonpapírból is készülhet, illetve egy okostelefonnal éljük át a VR élményét. Természetesen ezeknek az eszközöknek a megjelenítési minőségük messze áll a számítógépes headsetek megjelenítési minőségétől, viszont lényegesen olcsóbbak, illetve egyszerű a hordozhatóságuk. Különböző szoftverfejlesztő cégek is meglátták már ebben a lehetőséget, különböző játékokat, illetve VR kompatibilis szoftvereket készítenek. A Graphisoft is készített egy olyan szoftvert (BIMx), amivel az Archicadben megalkotott 3D modellt lehet megtekinteni mobiltelefonon. Ugyanennek a telefonos applikációnak a segítségével ezt a modellt

pillanatok alatt át lehet állítani olyan formátumúra, ami kompatibilis a VR szemüvegünkkel, és máris be tudjuk járni virtuálisan az általunk tervezett épületet.



7. ábra BIMx látvány (saját)

3.1 Telefon

Manapság már szinte bármilyen telefon alkalmas arra, hogy virtuális valóságot jelenítsen meg. A fő feltétel az, hogy a telefon rendelkezzen giroszkóppal, viszont jelenleg ez már az okostelefonok túlnyomó többségében megtalálható. Ezentúl az élményt tudja fokozni a telefon specifikációja. A fő befolyásoló tényezők a RAM nagysága, illetve a kijelző felbontása.

3.2 Telefon kompatibilis szemüvegek

A mobiltelefonokkal kompatibilis VR headsetek lényegesen olcsóbbak a számítógéphez készült szemüvegeknél. A legolcsóbb és legegyszerűbb VR szemüveg kartonpapírból és lencséből is elkészíthető. Ezeknek a „továbbfejlesztett” változatai azok a különféle műanyag szemüvegek, amiket néhány ezer forintért lehet beszerezni. A telefonos VR headsetek csúcsai a gyártók által a saját telefonjaikhoz gyártott szemüvegek. Ezek általában



8. ábra 3D VR szemüveg [20]

csak a gyártó telefonjaival működnek. A szemüvegen kívül itt már gyakran controller is tartozik az eszközparkhoz, ezzel teljesebbé téve az élményt. Ezek a headsetek viszont már drágábbak is egyszerűbb társaiknál. [21]

4. Jelenlegi piacvezető eszközök

Három nagy gyártó eszközeit érdemes megemlíteni, ha a modern VR eszközökről beszélünk.: a termékek nagyobb körben való elterjedésétől fennálló VIVE, valamint OCULUS nevű forgalmazók, illetve a VALVE-cég által forgalmazott Index VR. A piacvezető eszközök bemutatását funkcionalitásuk szerint rangsoroltuk az átláthatóság érdekében. A VR termékek funkcióinak és felhasználási területeinek száma összetettségükkel együtt növekszik. Ezek a kategóriák a következők:

4.1 Vezeték nélküli eszközök

A vezeték nélküli VR eszközök nem igénylik egy PC- jelenlétét, és az ahhoz való közvetlen kapcsolatot. Az azokat vezérlő elektronika teljes egészében a szemüvegbe van integrálva. Egy eszköz akár mindkét módban is alkalmazható amennyiben a gyártónak van erre megoldása.

4.1.1 VR szemüveg, mely tényleg egy szemüveg

Ide sorolható a VIVE FLOW egy olyan különálló VR eszköz mely sokkal inkább a médiatartalmak megtekintésére, valamint egy elszigeteltebb környezet megteremtésére alkalmas. Kiegészítők segítségével minimálisan interakcióba léphetünk a VR környezettel, azonban funkcióiban elmarad teljesítmény orientált versenytársai mellett. [22]



9. ábra HTC Vive Flow [23]

4.1.2 A „ténylegesen vezeték nélküli” VR

Ezeknek az eszközöknek nincs szüksége a szokványos helymeghatározó rendszerre, mely egy PC-hez kötött szenzorok segítségével érzékeli a mozgást. A VR szemüvegbe épített szenzorok határozzák meg helyzetünket a térben. Funkcionalitásukat tekintve nagyon közel vannak a teljeskörű PC-t igénylő VR-okhoz, viszont teljesítményükért cserébe viszonylag rövid üzemidővel rendelkeznek. (3-5 óra használat) Ide tartoznak a VIVE Focus 3 és az OCULUS Quest 2 névre keresztelt eszközök. [24]



10. ábra OCULUS Quest 2 [25]

4.2 Vezetékes eszközök

4.2.1 Az „átlátszó” VR

Ezek az eszközök képesek a kiterjesztett valóságot (AR- a fizikai és a digitális világot fűzi össze) a virtuális valósággal (VR) vegyíteni. Az VR segítségével természetesen létrehozhatunk és beléphetünk egy másik térbe, viszont lehetőségünk van az eszközre szerelt kamerák segítségével felmérni, akár



11. ábra HTC Vive Pro Eye [27]

berendezni, vagy kiegészíteni közvetlen

környezetünket is. Tehát mint egy AR eszköznél környezetünket manipulálhatjuk, de lényegesen nagyobb mozgástérrel rendelkezünk, és megjelenítését tekintve is sokkal részletesebb a VR-on keresztül történő átjátszás. Továbbá az eszköz használható általános VR ként. Ilyen termék, például a VIVE Pro Eye. [26]

4.2.2 A VR melyre mindenki gondol

A mindennapos értelemben vett VR eszközök. A legmagasabb funkcionalitással és hardver igénnyel. Ehhez az igényhez viszont a legzökkenőmentesebb teljesítmény, a legmagasabb képi felbontás, valamint magas képfrissítés tartozik. A VR-ok ezen fajtái általában 2db külön telepítésre szoruló, különálló szenzorral rendelkeznek, melyek pontosabban és részletesebben érzékelik a mozgást. Több külső kiegészítővel bővíthetők, ilyenek például az arcmimika



12. ábra HTC VIVE [29]

másolására alkalmas szenzorok, komfort kiegészítők vagy extra szenzorok a szabadabb mozgás eléréséhez. Az ide felsorolható 3 piacvezető eszköz a következő: VIVE Pro 2, VIVE Cosmos Elite és a VALVE IndexVR. [28]

5. VR használata az építőiparban

Az építőiparban számos célra felhasználható a VR, így találunk alkalmazási lehetőségeket a gyakorlatban, az oktatás és a kutatás területén is. A teljesség igénye nélkül a következőkben néhány jellemző felhasználási módot sorolunk fel:

- Virtuális túrák / séták az épületmodellekben, így akár a megépülés előtt is pontos képet kaphatunk arról, hogyan nézne ki a kész fizikai modell.
- Csökkenti a helyszíni látogatásokat - Bizonyos beruházásokon nem csak az építőknek kell megjelennie az építkezésen, hanem más kulcsfontosságú személyeknek is mint például építészek, szakági tervezők, akár beruházók vagy vállalati képviselők. A VR használata lehetővé teszi, hogy akinek hozzáférése van, bármikor megvizsgálhassa a projektet anélkül, hogy fizikailag megjelenjen a beruházáson.
- Javítás a problémák előfordulása előtt - A projekt virtuális megvizsgálása során könnyebben találhatunk hibát és a tervezés folyamatában ezek még eszközölhetők. Az építkezés során felmerülő hibák sokkal költségesebbek lehetnek, megnyújthatják a kivitelezés időtartamát és esetlegesen még a kivitelezésük is nehézkessé válhat.
- Ügyfélművelés javítása - az ügyfelek bizalmát sokkal könnyebben el lehet nyerni, ha még az építkezés megkezdése előtt körbe tudnak járni az épületben. Ezek után nem kell a számukra nehezebben értelmezhető 2D-s rajzokra hagyatkozniuk. Ezáltal jobban megértik a projektet és sokkal jobban tudják kommunikálni igényeiket.
- Jobb képzés és nagyobb biztonság - Az építőiparban a gépek használatának elsajátítása disszonáns helyzeteket szül, mivel a megfelelő tudással kéne rendelkeznie a munkásnak, viszont az építkezéseken valós szituációkban nincs lehetőség tanulási fázisra. Az építkezések feszített tempóban folynak, ezáltal nincs idő gyakorlásra, illetve fent kell tartani a munka színvonalát, hibázásra nincs lehetőség. A VR-ban lehetséges olyan 3D-s környezetet létrehozni, ahol ezeket gyakorolhatják ellenőrzött körülmények között.
- Együttműködés javítása - „Egy napjainkban futó tervezés tetszőleges számú személyt foglalhat magába. Azokat a problémákat, amelyek elkerülhetetlenül adódnak, ha különböző szakemberek dolgoznak különböző információkkal, a BIM-rendszerek osztatják

el, amelyek központilag tárolnak minden információt a projektről, és olyan modelleket kínálnak, amelyeken a csapat bármely tagja dolgozhat. A felhő ideálissá tette a BIM-mel való munkát, lehetővé téve a központi adatbázis távoli elérését. A változtatások, megjegyzések és kérdések valós időben jelennek meg mindenki számára, aki a projekten dolgozik, ami azt jelenti, hogy több csapattag dolgozhat egyidejűleg egy 3D modellel. A felhőalapú számítástechnika és a BIM hatékony kombinációja a VR hozzáadásával még erősebbé válik. A BIM által kínált részletes modell egy magával ragadó 3D környezetté válik, amelybe bárki beléphet, aki egy projekten dolgozik.” Charles Thomson [30]

5.1 3D ingatlan túra

Jelenleg számos cég foglalkozik azzal, hogy különböző tereket képezzen le az ingatlanpiacon. Mint ahogy a látványterveket is kialakíthatjuk úgy, hogy körbejárhatóak legyenek, úgy a már meglévő épületek, ingatlanok bejárhatósága is lehetséges.

A 3D/VR túra készítéséhez első lépésként fel kell mérni az ingatlant. A folyamat második lépése a 3D-s kamerával való felmérés, ezeket egyenletes távolságban lévő pontokon kell elhelyezni. Ezekhez a kamerákhoz tartozik az erre a célra kifejlesztett applikáció (Matterport – ez egy márka is egyben. A Matterport felel meg az etalonnak), aminek segítségével elkezdődhet az előbb említett pontokon a szkennelés. Ilyenkor a kamera automatikusan elkezd forogni az állványon, így mindig 100%-ban stabil képet



13. ábra Matterport Pro 2 [32]

kapunk. A befotózás eredményeként egy „textúra háló” -t kapunk, ezeket a hálókat dolgozza fel egy szoftver és készíti el a 3D bemutatót. Ez a „háló” az adott helyiségben elhelyezkedő tárgyokról, berendezésekről pontos adatokat tartalmaz, ennek köszönhetően a túra alapján centiméterre pontos mérések is végezhetőek. Ennek a térhálónak köszönhetően nem csak a körbejárhatóság képeit láthatjuk, hanem további funkciója az úgynevezett „babaház funkció”. Ez lehetővé teszi a felhasználónak, hogy megnézze a modellt olyan helyzetben, ami másképp nem lenne lehetséges. Ilyenkor kapunk egy fotografikus alaprajzot és ez alapján könnyen átláthatóvá válik a felmért ingatlan elrendezése, a helyiségek térkapcsolata, még mielőtt elkezdődnék a túrák. A megrendelés típusától függően különféle bejárások válhatnak számunkra elérhetővé. A túra lehet manuális,

amikor mi magunk döntjük el hova megyünk és mikor, de lehet automatikus körbevezetést is készíteni. A túra még interaktívabbá tehető szövegbuborékok elhelyezésével, ami plusz információkkal tud minket ellátni a berendezési tárgyokról vagy a területről. Ennek a technikának a lefontosabb részfolyamata az összefűzés. A 360°-os képeket általában egy DSLR (tükörreflexes) fényképezőgéppel készítik sok nézőpontból, vagy a manapság már az erre kifejlesztett 360°-os kamerákkal. Minden 360°-os virtuális túra több, egyenként elkészített képek összefűzéséből áll össze, amit egy torzított gömbpanorámára illeszt egy erre kifejlesztett szoftver. Az összeillesztett képet ezután egy olyan online szoftverbe kódolják, amely "összehúzza" a torzított képet, és létrehoz egy "virtuális valóság gömböt". Egyéni igények szerint ezek a túrák elláthatóak audiokommentárral, ami egy lakásbemutatónál rendkívül hasznos tud lenni. A jelenlegi technikának köszönhetően ez a folyamat gyors lefutású. Cég függően általában 2-4 nap telik el az utolsó fotó elkészítésétől, mire kézhez kapjuk a megrendelt szolgáltatás anyagát. Költség oldalról megközelítve a 360°-os kép és a virtuális túra nagyban különbözik, már csak a felhasználásukból adódóan. A 360°-os képek kisebb helyiségeknél alkalmazhatóak költséghatékonyan, mivel ennél a technikánál az elkészült képek után kell fizetni, ennek tudatában érdemes minél kevesebb képből megmutatni a helyiségünket, viszont a 3D túránál nem az elkészült képek alapján számolják a költségeket. A túránál alapvetően négyzetméter árat szoktak megadni. A cél, hogy minél részletesebb legyen a körbejárható tér, így a néző igazi immerzív VR élményt kap. [31]

5.2 VR/AR használata a kivitelezésben

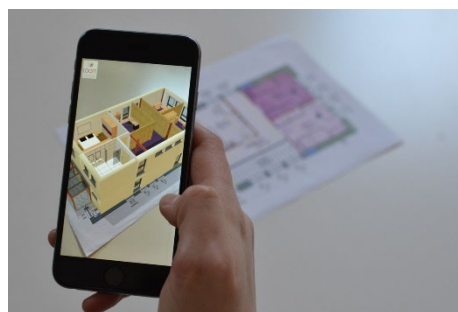
Az interjúk során számos mérnökkel beszélgettünk, ennek következtében viszonylag széles körben tudtunk informálódni. A legtöbb alany tervezéskor is csak ritkán használ/használt VR szemüveget számos ok miatt, amit a későbbiekben részletezünk. A kivitelezés viszont merőben eltér a tervezéstől. VR technológia nem tudta megtalálni a helyét a kivitelezésben, mivel ez csupán virtuális tér, ennek megfelelően leginkább az építkezés megkezdése előtt tudják használni, például a tervezés folyamatában, hogy tesztelhessék ötleteiket a mérnökök, azonosítani tudják a lehetséges konfliktusokat. A kivitelezésben sokkal jobban használható az AR és az MR. Ezek közül az AR a legmegfelelőbb, mivel a meglévő valóságot egészíti ki virtuális elemekkel.

5.2.1 Hogyan működik az AR?

A kiterjesztett valóság (röviden: AR) a legtöbbet emlegetett technológiai trend az építőiparban. Az AR annyiban tér el a VR-tól, hogy míg a VR szigorúan csak digitális élményt nyújt, addig az AR a fizikai és a digitális valóságot egyesíti, egyik hiányosságát pótolja a másikkal, ezáltal kapunk egy sokkal élethűbb képet. Az AR 3D-s képeket vetít az ember valós környezetére. Ezeket egyaránt tudjuk használni mobiltelefonokkal és speciális sisakokkal, amin keresztül láthatjuk a virtuális valóságot vegyítve a fizikai valósággal. A GPS és a kamerák segítségével az AR képes valós idejű adatok térbeli megjelenítésére, frissítve és megjelenítve a szükséges információkat, miközben a felhasználó az épülettérben mozog. Az épület dokumentációi (ütemtervek, szerkezeti tervek, működési részletek) a felhő alapú rendszereknek köszönhetően könnyen elérhetők, ezáltal automatizálva az építés folyamatait. [33]

5.2.2 Mire használják az AR-t az építőiparban?

Projekttervezés – A fejlett 3D modellező szoftverek és az épületinformációs modellezés (BIM) alapvetően átalakította a tervezési folyamatot. A 2D-s tervrajzokat és statikus fizikai modelleket digitális technológiával újították fel, lehetővé téve teljesen interaktív, együttműködésen alapuló modellek létrehozását, amelyek nagy részletességet tesznek lehetővé. Az AR-nak köszönhetően



14. ábra Virtuális terv [36]

a tulajdonosok és befektetők bármikor képesek virtuális bejárást készíteni a folyamatban lévő épületekről, illetve változtatások esetén megvizsgálják, hogyan épülnek be és milyen hatással lennének akár az épület látványára, ezzel tovább növelve a megérthetőséget. A változások projektre gyakorolt hatásának valós időben történő megjelenítése segíthet a hibák korai felismerésében, és garantálja, hogy minden projektvezető ugyanazt lássa.

Áttervezések gyors kommunikálása – Az AR-nek köszönhetően a munkások bármikor bejárhatják a munkaterületet, és tanulmányozhatják az épület végleges megjelenését, illetve összehasonlíthatják a tervrajzokkal, ezzel is tovább csökkentve a hibázás lehetőségét. Ez jelentősen lerövidítheti az olyan apróbb hibák kijavítására fordított időt, mint a hibás kimeneti burkolatok, valamint a nagyobb hibák, például az ajtó vagy az ablak helytelen elhelyezése.



15. ábra AR használata kivitelezésben [37]

Projektek módosítása – A kiterjesztett valóság fő jellemzője, hogy a kollegák akár közvetlenül a helyszínen módosíthatják az épületmodelleket. AR szemüveg vagy bármilyen olyan AR-képes eszköz használatával megjeleníthetik egyaránt a belső és külső nézeteket. Az AR-ral képesek lehetünk bármiféle módosításra a virtuális terveket illetően, miközben az eredetit érintetlenül hagyjuk. A közeljövőben a technika képes lesz arra, hogy áthelyezzenek vagy eltávolítsanak elemeket ezzel átszervezve az épület elrendezését, mindössze néhány érintéssel az AR-képes eszközükön. Ez az alkalmazás nagyban át tudja formálni az építőipar jelenlegi állását, mert az AR-ral lehetséges lesz korrigálni a hibákat, ütközéseket, ennek köszönhetően időt és anyagot spórolhatunk az építkezés folyamán, mivel a megépült szerkezetek utólagos módosítása nehézkes és drága.

Csapatmunka – Az építőiparban rendkívül fontos az együttműködés, fontos a személyes jelenlét, de ez nem minden esetben lehetséges. Ebben lehet segítségünkre az AR, mivel lehetővé teszi, hogy azok a személyek is megtekintsék a munkaterületet, akik nem tudtak személyesen megjelenni. Valós idejű együttműködést tesz lehetővé a problémák megoldásában és a hibák kijavításában anélkül, hogy meg kellene várnia egy adott vállalkozó vagy döntéshozó fizikai jelenlétét. Az AR által olyan lehetősége is van az ott dolgozóknak, hogy képeket és videókat készítsenek a problémákról és ezek a távoli munkatársak számára is megtekinthetővé válnak.

Biztonsági képzés – Az építőiparban a balesetek visszaszorításának érdekében minden dolgozót a lehető legjobban kell képezni. A kiterjesztett valóság eszközöket, berendezéseket és biztonsági forgatókönyveket szimulál, ezáltal ebben



16. ábra Biztonsági képzés AR segítségével [38]

a tanulási módban nem tud megsérülni senki és anyagi kár sem keletkezhet. [34] [35]

5.2.3 Az AR előnyei és hátrányai

A kiterjesztett valóság pozitívan befolyásolhatja a projekt menetét, azonnali eredményeket biztosít, ugyanakkor figyelembe kell venni az előnyeit és hátrányait.

Az AR előnyei:

- Elejétől a végéig kíséri az építkezést
- Pontosságot és nagyobb bizalmat ad a vállalatoknak
- Megelőzhetőek vele bizonyos utómunkálatok ezzel pénzt megtakarítva
- Javítja az ügyfélkapcsolatokat és hosszútávú megtérülést eredményez

Az AR hátrányai:

- „Még kiforratlan a technika”
- Egészségügyi kockázatok a hosszútávú használatkor
- Az eszközök gyakran érzékenyek a rossz időjárásra
- Legjobban statikus körülmények között működik stabil internetkapcsolat mellett, ami egy építkezésen ritkán adott

Az építőipar a legkevésbé digitalizált nagy iparág, így a résztvevők figyelembevételével egy hosszabb tanulási időtartamra lehet számítani, ami jelentős visszatartó erő a nagy vállalatoknál, hogy befektessenek ilyen eszközökbe.

6. Interjúk építészek és a VR kapcsolatáról

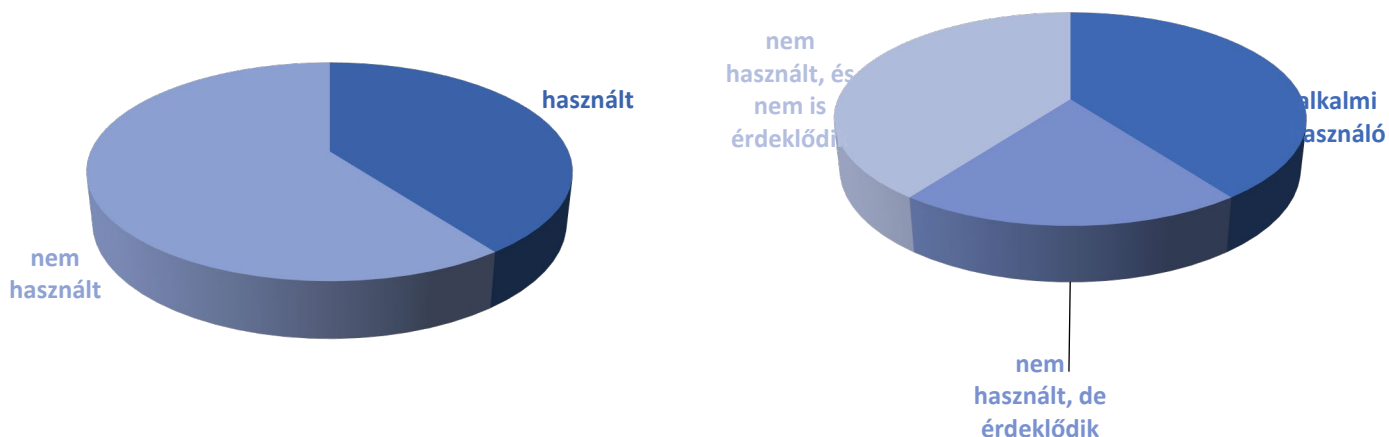
A kutatásunkat egy interjúsorozattal kezdtük, annak érdekében, hogy általános képet kapjunk arról, hogy a jelenleg is praktizáló építészmérnökök körében mennyire elterjedt a virtuális valóság használata. Alanyainkat próbáltuk úgy kiválasztani, hogy széleskörűen tudjuk vizsgálni a témát, azaz az alanyok kora, beosztása, végzettség helye eltérő legyen. Minden alanyunk ugyanazokat a kérdéseket tettük fel, ez a kérdéssor megtalálható a mellékletben. Legfőképpen arra irányultak a kérdéseink, hogy használtak-e már VR szemüveget tervezéshez, illetve kivitelezéshez, ezután pedig, ha használtak, akkor a pozitív és negatív tapasztalataikra kérdeztünk rá. Ezután kérdéseink a jövő irányába folytatódtak. Az iránt érdeklődtünk a kérdezettektől, hogy eddig miért nem terjedt el ez a technológia, véleményük szerint el fog-e terjedni és ha igen, akkor szerintük mikorra várható. Legutoljára pedig az AR-ről kérdeztük meg alanyainkat. Minden interjút előre leegyeztettünk levélben, amiben felvázoltuk az alap koncepciókat, hogy az alany tudomást szerezzen a témáról, illetve ne spontán diskurzusba kerüljön. Interjúink leginkább az online térben zajlottak. Minden alkalommal a koncepciónk felvázolásával kezdtük, majd ezután tettük fel az előre megírt kérdéseinket, hogy mindenkitől ugyanazt kérdezzük, ezenfelül pedig a többit a beszélgetés menetére, az időkeretre és a kolléga bőszavúságára bíztuk.

Összesen 10 interjút készítettünk, ebből 9 alany járult hozzá a neve megjelenítéséhez. Legfőképpen győri építészmérnököket és tervezőirodákat kérdeztünk meg.

- Dányádi Áron, építészmérnök
- Nagy András, építészmérnök
- Román László, LEN Architects Építésziroda
- Tornyai Dávid, TSPC Kft.
- Köninger Szilárd, CAN Architects
- Fricker Ferenc, építészmérnök
- Holy Ákos, építészmérnök
- Archi-Bald Építész Tervező Iroda

- Szabó Tibor, Üzemmérnök

A megkérdezettek 40%-a használt már VR-t a munkája során. Őket az alkalmi felhasználók körébe tudjuk sorolni, mivel csak ritkán használják/használták munkájuk során. Ők leginkább prezentáláshoz és látványtervezéshez használták. Azok közül, akik nem használták, 6 személyből 2-t érdeklí a használata, a további 4 alany elzárkózott a témától.



17. ábra VR használati diagram (saját)

A piaci előnyöket és hátrányokat az interjúkban elhangzottak alapján szedtük pontokba. Ezekben az a 4 építész tudott segítségünkre lenni, akik már használtak, illetve jelenleg is használnak VR technológiát. Ezek a pontok a következők:

6.1 Piaci előnyök

- Már a koncepcionális modell is bejárható, ezáltal a megrendelő könnyebben tudja véleményezni
- Az ügyfél könnyebben tudja érzékelni a tereket, ezáltal még jobban lehet az ügyfél igényeihez igazítani
- Még a megvalósulás előtt egy már „szinte” kézzel fogható eredményt kapunk
- Belsőépítészeti fázisban a különféle felületek, színek, bútorok könnyebben érzékelhetőek és változtathatóak a megrendelő igényei szerint

- Érzékelhetőek a színes felületeken létrejövő reflexiók, ezáltal észlelhető a végső színhatás is
- Ellenőrizhetővé és módosíthatóvá válik a különböző helyiségeket érő természetes fény és mesterséges fények aránya

6.2 Piaci hátrányok

- Magas hardver igény
- Nehezen megtérülő befektetés, mivel költségesek az eszközök, illetve a szoftverek
- Munkaigényes a renderelés folyamata
- A nagyobb teljesítményű szemüvegek használata helyhez kötött
- A hozzáértők számára sokszor nem kielégítő a képi világ
- Több megrendelő esetén a prezentálás komplikált és a körbejárás emberenként időigényes. Ennek megoldása lehetne az, hogy több szemüveggel és számítógéppel mutatják be, de ez egy nem megtérülő befektetésnek bizonyul
- Nagyon ritka a megrendelői igény
- Sokak számára idegen a technika, ezért nehezen befogadható számukra és távolságtartóak ezzel kapcsolatban
- A VR-hoz alkalmazott render képek nem alkalmazhatóak másfajta publikációhoz, mivel merőben eltér a felbontásuk a használttól, illetve torzítva vannak

7. Saját projekt bemutatása

A dolgozatunk elkezdésénél még nem tudtuk pontosan, hogyan is tudnánk felhasználni a tervezési folyamatunkhoz a VR technológiát, ezért elsődleges feladatunk volt utána olvasni, hogy miként is szokták használni. Nagyon hasznos segítség volt számunkra a dolgozat elejénél az interjúk elkészítése, mivel közvetlenül tudtunk beszélni olyan személyekkel, akik használtak VR-t a munkájuk során. Ezeknek az információknak a tudatában kezdtük el a modellezést és a VR használatát egyidőben. A dolgozat készítése és a modell kikristályosodása közben rengeteg tapasztalatot gyűjtöttünk össze a témával kapcsolatosan, rengeteg segítséget és ötletet kaptunk, ezeknek köszönhetően ki tudtuk bővíteni a dolgozatunkat egy olyan kísérlettel, amiről kevés szakirodalom található, ez mégpedig a benapozás vizsgálata VR segítségével. Egy-egy tér egyik legfontosabb fókuszpontja a benapozottság. Erre egy tökéletes példa, amikor a TSPC-nek el kellett érnie a szegedi Tiszavirág Sportuszodánál, hogy a vízilabda mérkőzések közben ne legyen közvetlen napfény, mert ez rontja az esélyegyenlőséget. Ezt a TSPC BIM segítségével bizonyította be, de ebben az esetben még látványosabban is meglehetett volna mutatni VR segítségével, akár mintha a lelátón ülnénk és néznénk egy mérkőzést. [39]

7.1 Általunk használt eszköz

A modell megjelenítéséhez az alábbi eszközöket használtuk:

Eszköz: HTC VIVE

Az összehasonlíthatóság kedvéért kigyűjtöttük a VR futtatási igényeit, illetve az általunk használt laptopok teljesítményét.



18. ábra HTC VIVE [40]

Hardver eszköz:

1. Dell Vostro 7580 (Windows 10, Intel Core i7-8750H CPU 2.20GHz, 16 GB RAM, Nvidia Geforce GTX 1060 Max-Q)

2. Lenovo Legion 5 (Windows 10, AMD Ryzen 7 5800H CPU 3.2GHz, 16 GB RAM, Nvidia Geforce RTX 3070)

Hardver igény: Windows 7 SP1 64bit vagy újabb operációs rendszer, Intel i5-4590 / AMD FX 8350 processzor, legalább 4 GB RAM memória, NVIDIA GTX 970 / AMD R9 290 videokártya, HDMI 1.4 / Displayport 1.2 vagy ezeknél újabb video port, 1 USB 2.0 port

Kijelző: 2160x1200, 90 fps

Látómező: 110 fok vagy annál jobb

Fejkövetés: fej forgatása+ pozíció, maximum 4,5x4,5 méteres területen

Kontroller: 2 SteamVR kontroller (kéz pozíciókövetése)

Az általunk elsőként használt hardver egy középkategóriás laptop volt. Mivel a laptopok fő irányelve a mozgathatóság és kompaktság, ezáltal a laptopokban lévő processzorok és videokártyák teljesítménye lényegesen alacsonyabb, mint az asztali számítógépekbe szereltké. Ezen felül a laptopok hűtése sem tud annyira effektív lenni, hogy az optimális hőmérsékleten tudja tartani a hardvert. A túlmelegedés hatására teljesítménycsökkenés jön létre. Ez a teljesítménykülönbség a munkánk során is megmutatkozott. Rövid távú használatra tökéletesen működött, viszont bizonyos időintervallumon kívül érezhetővé vált, hogy meghaladtuk a laptop teljesítőképességét. Ez olyan formában jelent meg, hogy a képfrissítési szám jelentősen visszaesett, ez pedig rendkívül zavaró tud lenni egy VR headset esetében.

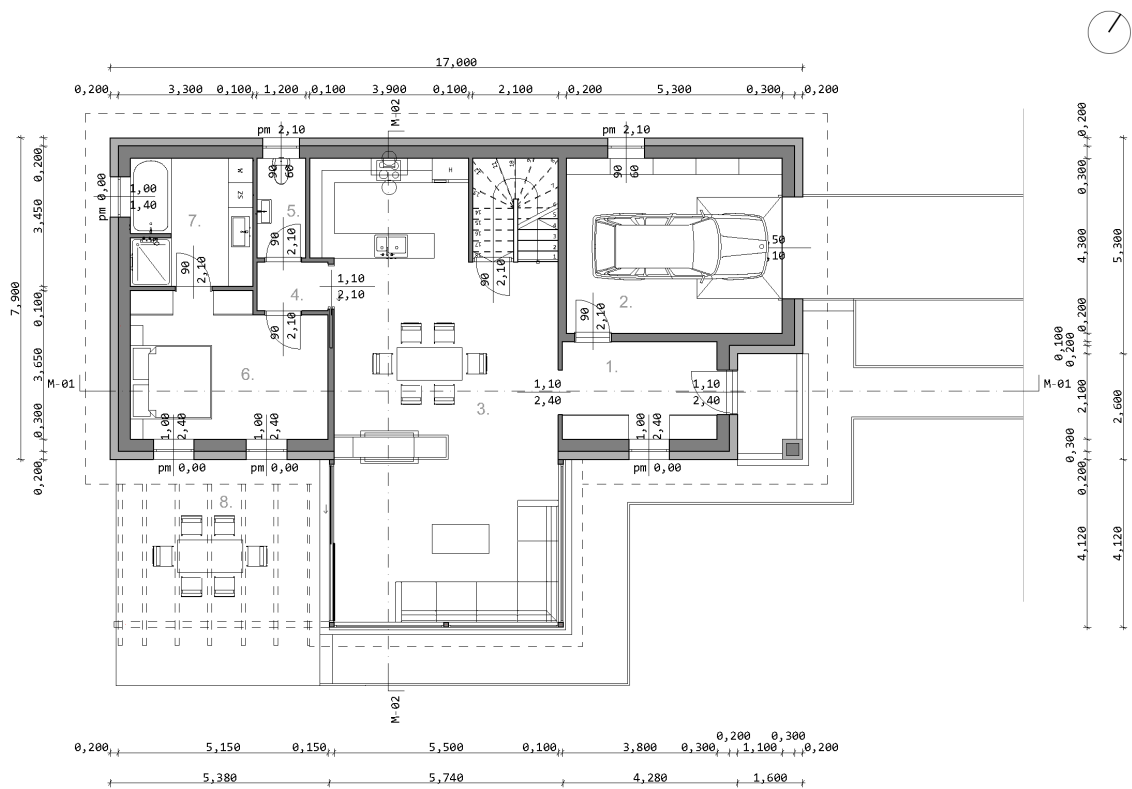
Később egy lényegesen nagyobb kapacitású és teljesítményű eszközzel is használtuk a fentiekben említett VR headsetet. A teljesítményekből adódó különbség akár már rövid távú használatnál is érzékelhető. A második eszközön magasabb képminőségen, tágabb időintervallumban tudtuk használni a headsetet minden probléma nélkül. A felmelegedés ellenére sem esett vissza a képfrissítési szám, aminek köszönhetően komfortosabb volt viselése.

7.2 Az épület és a modellezési folyamat bemutatása

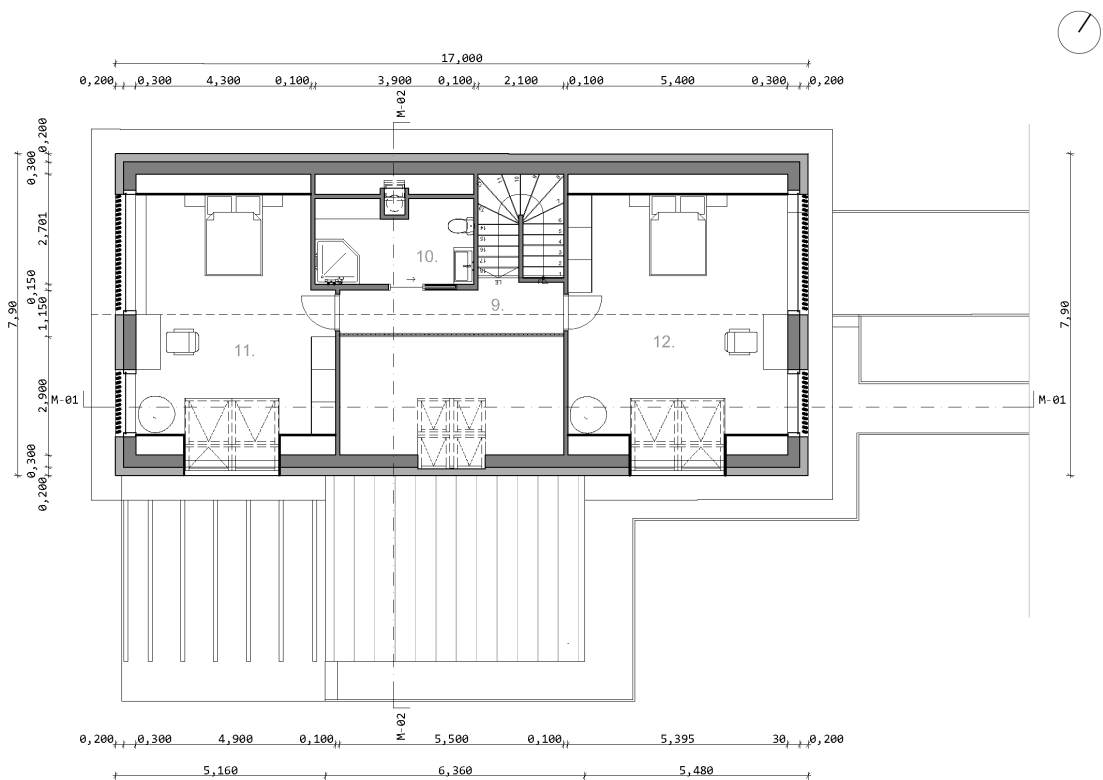
Az elsődleges feladatunk az alaprajz kitalálása volt. Ez a feladatrész volt a legmunkaigényesebb része a kutatásunknak, mivel az épülettel kapcsolatosan rengeteg elvárásunk volt. Elsődlegesen nagyon látványosra akartuk megcsinálni, mivel ez a ház a prezentációnk alappillére. Ezen felül mindhármunknak elengedhetetlen, hogy az épület megfeleljen minden jogszabálynak, illetve minden csomópontja kivitelezhető legyen. Az épületet úgy terveztük meg, hogy apróbb változtatásokkal az ország bármely pontján tudjon illeszkedni az oldalhatáron álló beépítésű területeken, viszont merőben eltérjen a szokásos hosszházas elrendezéstől és kiszolgálja a jelenlegi lakhatási igényeket. A tervezéshez és a modellezéshez egyaránt az ArchiCAD 24 szoftvert használtuk. Ebben a programban hoztuk létre a 3D-s modellünket (19. ábra), illetve a modell alapján generált építészeti dokumentációit az épületnek (20. ábra). Ahhoz, hogy gördülékenyen tudjon folyni a tervezés folyamata, csapatmunka szerveren folyt a munka, amit a TSPC biztosított számunkra.



19. ábra Munkaközi modell (saját)



20. ábra Földszinti alaprajz (saját)



21. ábra. Emeleti alaprajz (saját)

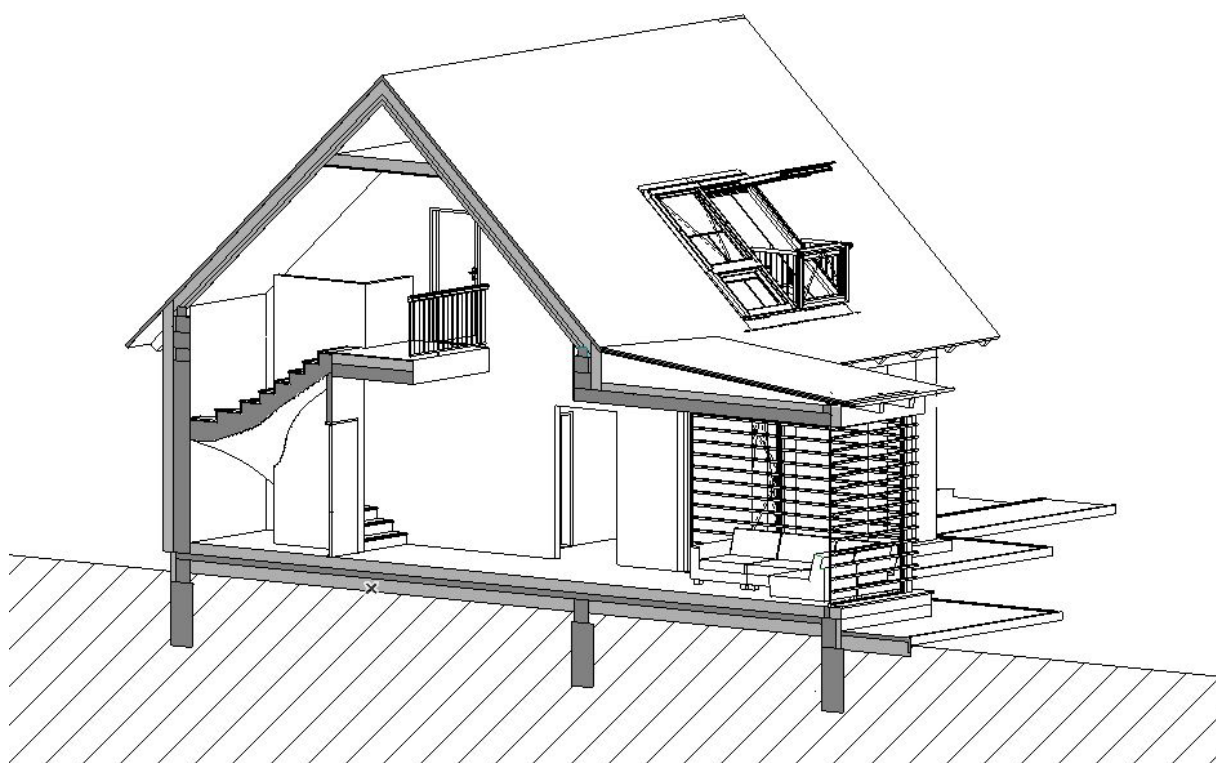
Mivel az ArchiCAD nem alkalmas arra, hogy a 3D-s modellt megjelenítse VR módban, ezért el kellett kezdenünk más alternatívák után kutatni. Felvettük a kapcsolatot a GRAPHISOFT szoftverfejlesztő céggel és tőlük kaptunk egy táblázatot, ahol összefoglalták az összes lehetséges programot, ami kompatibilis az ArchiCAD 24-gyel, illetve képes valamilyen formában VR megjelenítésre. Ennek a táblázatnak a felhasználásával és saját szempontok alapján összehasonlítottuk az általunk vélt két legjobb, illetve legelterjedtebb szoftvert.

	Twinmotion	Lumion
Minimális rendszer-követelény	Operációs rendszer: Windows 10 és 11, 64 bit Videókártya: 6 GB dedikált memóriával vagy 10 000 benchmark pont felett CPU (processzor): CPU 2000 benchmark pont felett Memória (RAM): 16 GB Tárhely: 30 GB szabad lemezterület	Operációs rendszer: Windows 10 és 11, 64 bit Videókártya: 4 GB dedikált memóriával vagy 7 000 benchmark pont felett CPU (processzor): CPU 2000 benchmark pont felett Memória (RAM): 16 GB Tárhely: 40 GB szabad lemezterület
Támogatott operációsrendszerek	macOS, Windows	Windows
ArchiCAD LiveSync	Rendelkezik	Rendelkezik
Támogatott VR head-setek	HTC Vive/Pro, Oculus Rift, Windows Mixed Reality, Google Cardboard	HTC Vive/Pro, Oculus Rift, Oculus Go, Google Cardboard
VR tevékenység	VR körbejárás, VR körbepörgetés, 360° VR kép/videó	360° VR kép/videó
Használat közbeni állítási lehetőségek	Anyag könyvtár, tárgy könyvtár, évszázad, napszak, időjárás, metszetsík, tárgy elrejtés	Anyag könyvtár, tárgy könyvtár, metszetsík, tárgy elrejtés
Direkt exportálási lehetőség VR head-setbe	Van	Nincs

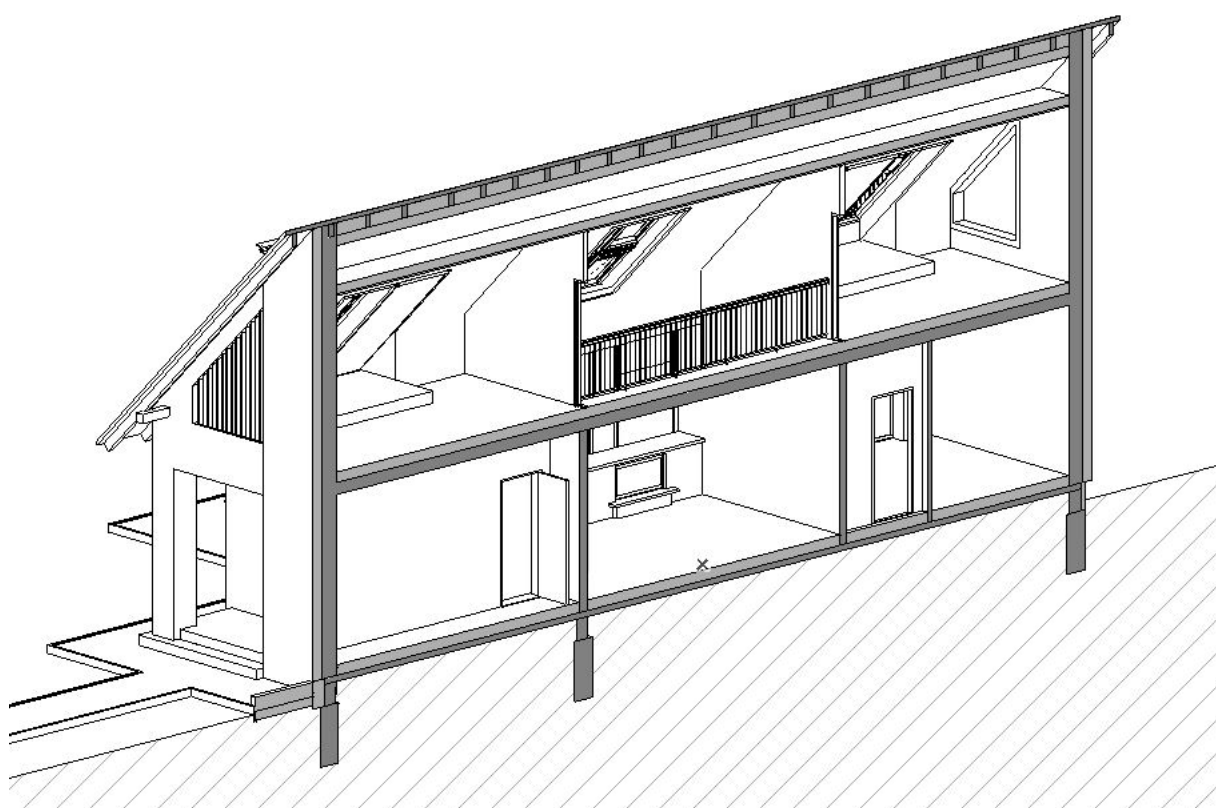
22. ábra Render programok összehasonlítása (saját) [41]

Összehasonlítva az alábbi két programot végül a Twinmotion mellett döntöttünk, mivel sokkal felhasználóbarátabbnak ítéltük meg, továbbá nyomatékossította döntésünkent a széleskörűbb felhasználhatósága VR-ban.

A modell további textúrázását, illetve a belsőépítészeti elemeinek elhelyezését már ebben a programban végeztük el. A textúrázás közben adódott egy viszonylag nagyobbnak mondható probléma. A Twinmotion úgy kezeli a felületeket, hogy nem tesz különbséget azonos felületű anyagok között, tehát ha egy falra ráteszünk egy textúrát, akkor minden azonos felületű falra elhelyezi. Ezt úgy tudtuk megoldani, hogy mindennek a felületét átállítottuk különbözőre. Ennek köszönhetően megtudtuk csinálni a belsőépítészetet, viszont ez azzal jár, hogy az ArchiCAD-ben minden olyan elemnek, amelynek különböző textúrát szántunk, más és más építőanyagúra és ezáltal felületűre kellett állítanunk. Ehhez az ArchiCAD alap felületeit alkalmaztuk, így a modell megjelenése nem tükrözi a valóságot. Ez kiküszöbölhető ArchiCAD-en belül, egyedi felületek létrehozásával. A mi esetünkben ezt a lépést kihagytuk, hiszen vizualizációs célokra a Twinmotion szoftvert alkalmaztuk a továbbiakban. A Twinmotion az a szoftver, aminek segítségével megtudtuk jeleníteni az épületet VR-ban és a prezentáció során is ezt a programot fogjuk használni.



23. ábra 3D keresztmetszet (saját)



24. ábra 3D Hszmetszet (saját)



25. ábra Egyedi textúrázás ArchiCAD-en belül (saját)



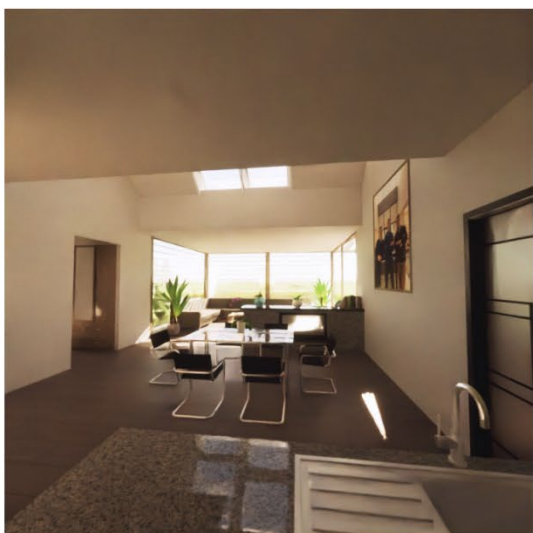
26. ábra Egyedi textúrázás Twinmotion-on belül



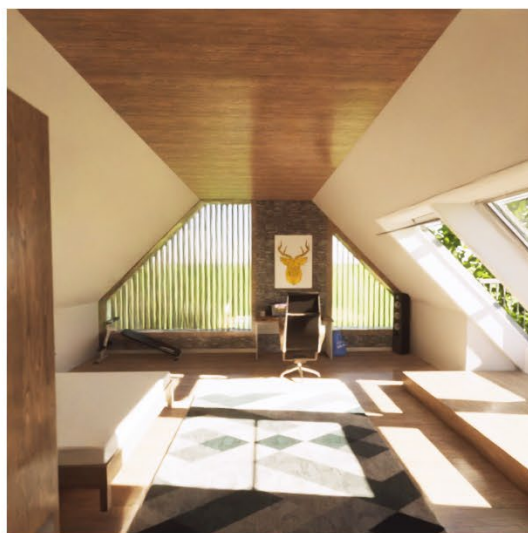
27. ábra Utcai homlokzat (saját)



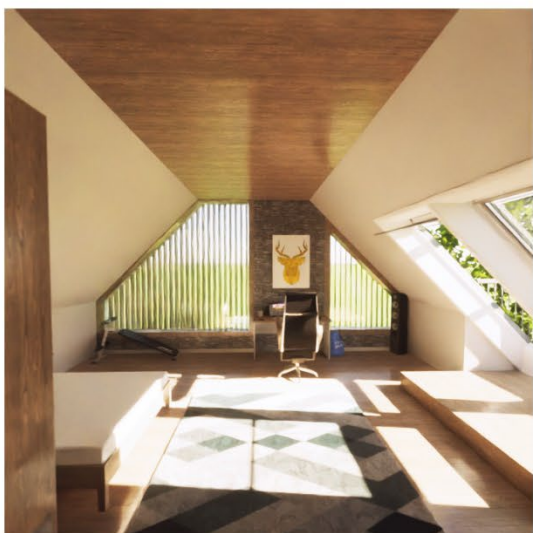
28. ábra Végleges külső látvány (saját)



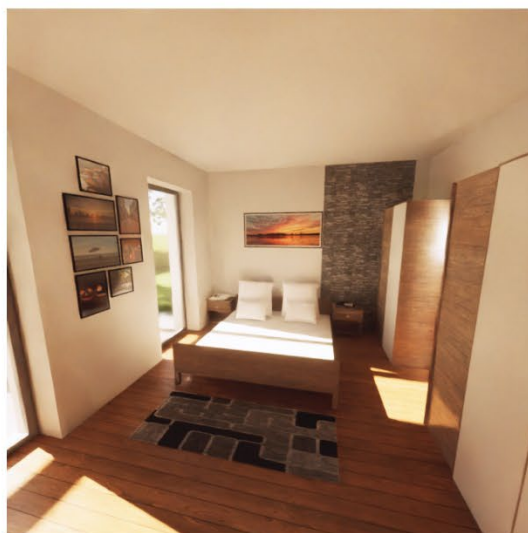
29. ábra Konyha, étkező, nappali (saját)



30. ábra Földszinti hálószoba (saját)



31. ábra Emeleti hálószoba (saját)



32. ábra Emeleti hálószoba (saját)

A továbbiakban néhány QR kód / YouTube link segítségével mutatjuk be a VR általunk használt főbb lépéseit és funkcióit, mint például a headset kalibrálása első használat előtt. Megmutatjuk a gyorskapcsolat beállítását a Twinmotion és az ArchiCAD között, továbbá szemléltetjük a képmínőségek különbségét. Bemutatjuk a ház körbejárását VR-ban, illetve a különböző változtatásokat, amiket mi magunk is eszközöltünk a belsőépítészet kialakításánál:



<https://youtu.be/CYhf29LoP08>

33. ábra VR headset kalibrálása (saját)



<https://youtu.be/-P5GGgg7Mkg>

34. ábra Programok összekapcsolása (saját)



<https://youtu.be/KRXq4FG0VgA>

35. ábra Minőségkülönbségek (saját)



<https://youtu.be/8F3mT-D5zUfI>

36. ábra Körbejárás (saját)



<https://youtu.be/t06jcagHbLY>

37. ábra Időjárás változtatása (saját)



<https://youtu.be/EV7MB6qpyFk>

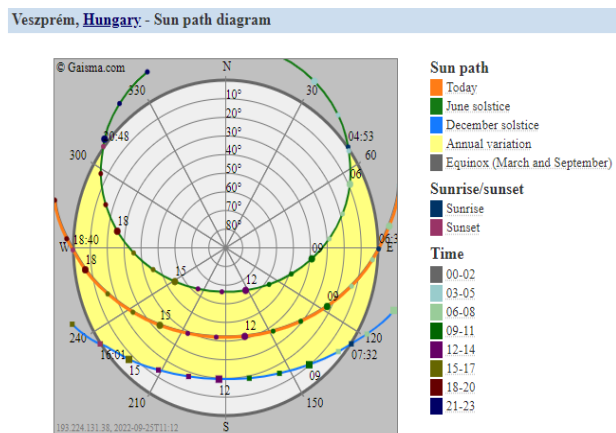
38. ábra Textúra változtatás (saját)

7.3 Benapozás vizsgálat

Ahogy már a dolgozatunk elején említettük a napfény beengedése az épületünkbe az elsődleges tervezési szempontunk volt. A természetes világítás primer fényforrása a nap. Ennek fénye többféleképpen tud bejutni az épületünkbe (közvetlenül, szóródva stb.). A gyakorlatban a fényforrás a nap. Mivel a napsütés az év különböző időszakaiban teljesen máshogy éri az épületet, ennek vizsgálatára van lehetőségünk a benapozottsági vizsgálat által. Az év bármely napjára vetítve meghatározható a nap járása. A vizsgálat szemléletesen bemutatja az épület benapozottságát napkeltétől napnyugtáig.

Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 53/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet 86. § (1) alapján [42] „A lakás legalább egy lakószobája napfény által benapozott legyen, kivéve, ha ezt a település kialakult beépítése nem teszi lehetővé. Benapozottnak tekinthető az a helyiség, ahol a benapozás lehetősége február 15-én legalább 60 percen át biztosított.” A megfelelő benapozottságot legegyszerűbben a megfelelő méretű nyílászárók megfelelő elhelyezésével lehet elérni a tájolás, illetve a helyi környezeti viszonyok figyelembevételével. Bizonyos speciálisnak mondható esetekben alkalmazhatók fénycsatornák, fénykürtők és felülvilágítók. Nem szabad megfeledkezni a megfelelő védelemről sem, hiszen a kialakított nyílászáró rendszer nem feltétlenül működik tökéletesen a téli és a nyári napokon egyaránt. A túlzott benapozás nyáron erős felmelegedéssel járhat, ami megnöveli a hűtési költségeket, illetve jelentősen rontja a komfortérzetet. A megfelelő építészeti megoldásokkal (például az ereszkilógás méretének helyes megválasztása) ezek a hibák elkerülhetőek. [43] Érdemes kihasználni a téli és a nyári napfény beesési szögének szignifikáns különbségét. A nap beesési szögének adatait csupán nagyobb

városokra lehet lekérni, ezért a tervezési helyszínünkhöz legközelebb álló városra kértük le, ami Veszprém. A távolság minimális, ezért az adatok számszerű eltérése is minimális. A tervezési helyszínünkön június 21-én a napsütés maximális beesési szöge 66 fok, addig december 21-én ez az érték visszaesik 19 fokra [44].

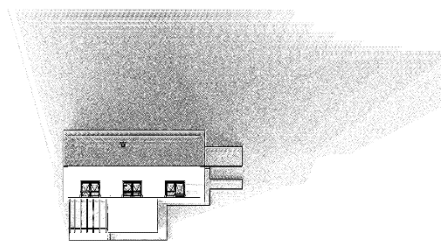


39. ábra Nap beesési szöge

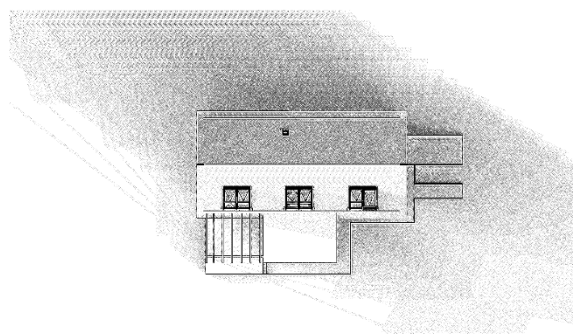
ArchiCAD-ben lehetséges benapozási vizsgálatot végrehajtani, ami a fények és árnyékok megjelenítésére korlátozottan alkalmas, mivel a saját grafikai motorját alkalmazza. A következőkben három ábrával mutatjuk be a bakonybéli épületünk benapozását a tavaszi (03.22), a nyári (06.21) és a téli napfordulón (12.21). Vetett árnyékokkal szemléltetjük a nap járását napkeltétől napnyugtáig félórás időintervallumokkal.



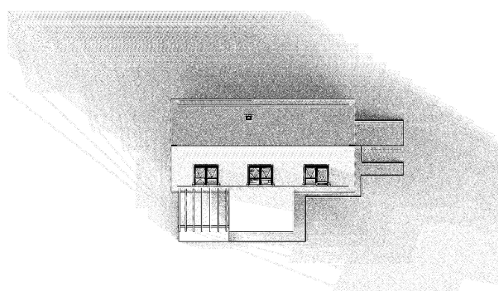
40. ábra Bakonybél elhelyezkedése (saját)



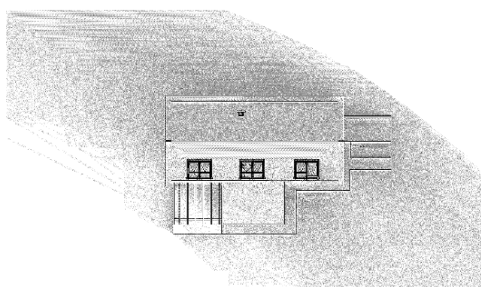
41. ábra Téli napforduló (saját)



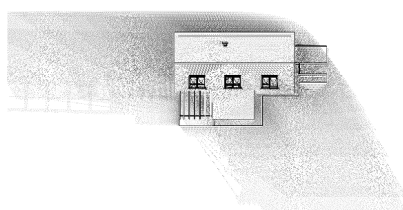
42. ábra május 2 (saját)



43. ábra Tavaszi napforduló (saját)



44. ábra szeptember 2 (saját)

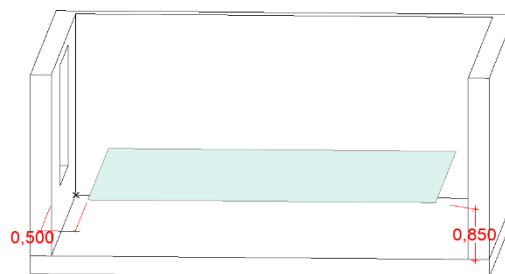


45. ábra Nyári napforduló (saját)

Az ArchiCAD benapozási vizsgálat nem képes számszerű adatok megjelenítésére, ezért kezdtünk el kutatni olyan program után, amely pontos értékekben képes kifejezni a helyiségekbe bejutó fény mennyiségét akár pontos lumen számban vagy százalékos arányban. Számos sugárkövetési módszert fejlesztettek ki a fény viselkedésének és az optikai hatásoknak szimulálására. A benapozottság szimulálására több programot is kifejlesztettek, mint például a Radiance, és a Velux Daylight Visualizer, amelyek a sugárkövetési technikát használják ki, és számos tanulmányban bizonyították hasznosságukat. Ennek eredményeképpen ezek az eszközök széles körben használhatóak az épületteljesítmény tervezésében és elemzésében, segítve az építészeket és mérnököket a napfény viselkedésének értékelésében az épületek tervezési folyamatának különböző fázisaiban. [45] [46]

Számunkra legalkalmasabbnak bizonyult szoftver a Velux Daylight Visualizer nevű programja, melyet pontosan erre az alkalmazásra fejlesztettek. A minél pontosabb eredményhez erős hardverrel kell rendelkezünk. Minél erősebb a számítástechnikai háttér, annál pontosabb a lefuttatott vizsgálat végeredménye. A vizsgálat lényege, hogy az épület helyiségeibe bejutó fény mennyiségének számszerű adataiból tudunk levonni következtetéseket. Ezeket kezelhetjük komplexen, illetve helyiségekre bontva is. A következő képeken az európai szabvány által az egyes helyiségekben lehelyezett vizsgálendő

felületek (a vizsgált felület, mint egy vízszintesen kifeszített fólia 850 milliméterre helyezkedik el a padlószinttől és minden határoló falszerkezettől 500 milliméteres távolságot tart) láthatóak. A jelenleg általunk beállított érték 500 luxban van

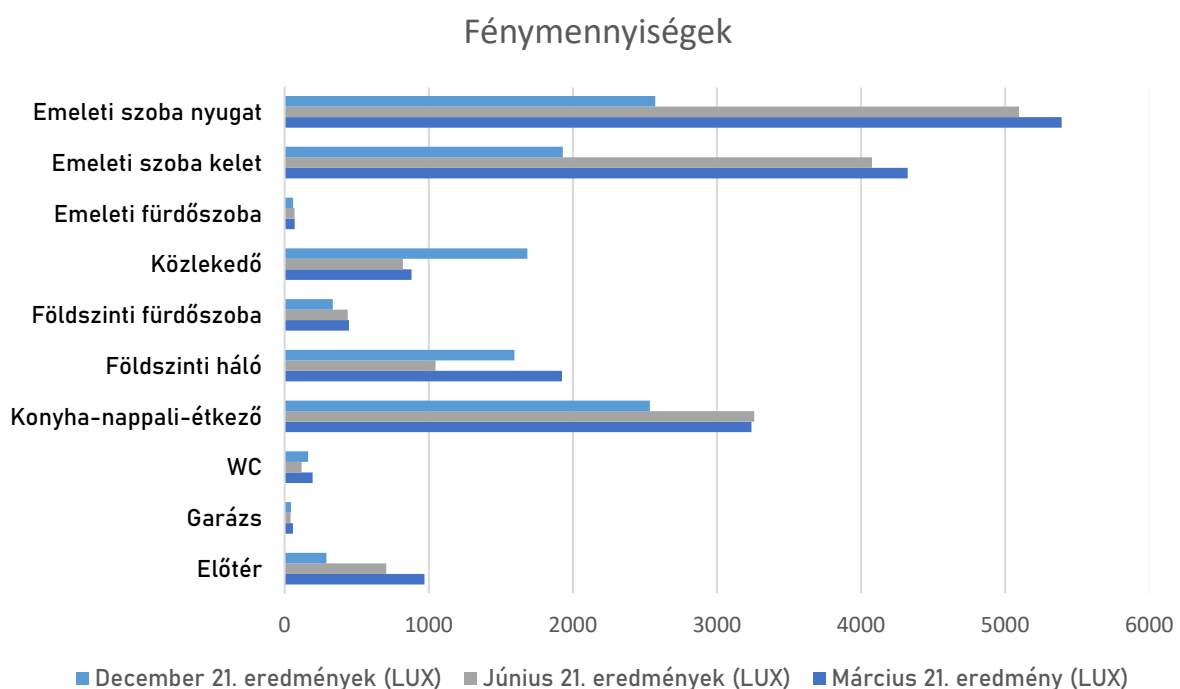


46. ábra Vizsgált felület (saját)

meghatározva (a Velux 300-500 lux közé határozza meg az ajánlott fénymennyiséget a mindennapi tevékenységeknek szolgáló helyiségeknek). Nagyon jól megvilágított térről beszélünk, ha a megvilágítottság eléri vagy meghaladja az 500 lux-ot. Alárendelt helyiségek esetében (közlekedő, gardrób) a 30-50 lux körüli megvilágítottság is elegendő fényt biztosít. A színkódolás alapján minél közelebb vagyunk az 500 lux-os lefedettséghez, annál fényesebb az élettér. A továbbiakban helyiségenként kielemezzük a kapott eredményeket, összevetve a VR-ban tapasztaltakkal, és a kettő eredményéből szeretnénk levonni egy konklúziót, mivel a hagyományos benapozásvizsgálatok mennyiségi és minőségi adatokat tartalmaznak, vizuálisan elsősorban

statikus, kétdimenziós képeken alapulnak. Ezek a numerikus eredmények grafikonok, dokumentumok, táblázatok formájában jelennek meg, amelyek a laikusok számára gyakran értelmezhetetlenek. A megértést segítheti elő a háromdimenziós kép. [47]

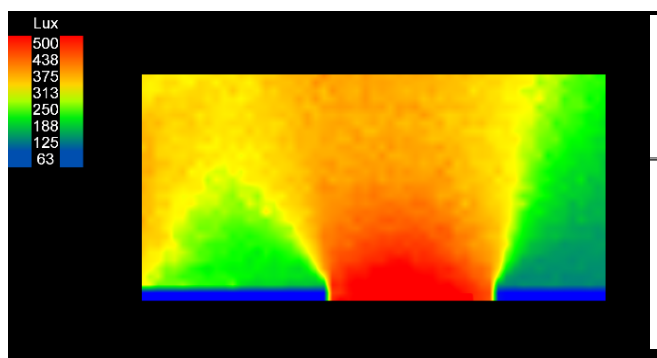
Az alábbi táblázatban szeretnénk bemutatni, hogy egyes helyiségek milyen értéket kaptak a Velux, szerinti skálán lux-ban (A lux (jele: lx) fotometriai mennyiség, a megvilágítás SI-mértékegysége, egyenlő az egységnyi felületre jutó fényárammal). Mindhárom vizsgálatot a pontos hely megadásával és beállított tájolással futtattuk le délután 1 órai megadott pontos idővel.:



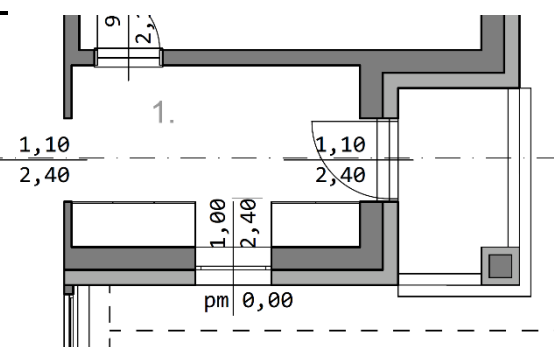
47. ábra Fénymennyiségek összehasonlítása

A továbbiakban helyiségenként elemezzük ki (december 21) a VR-ban tapasztaltakat és a Velux Daylight Visualizer által kapott számszerű adatokat:

Előtér



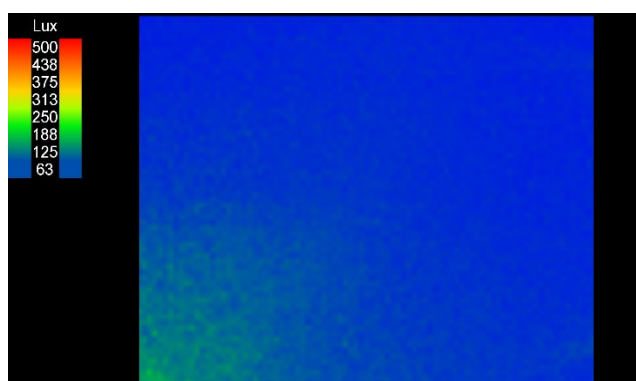
48. ábra Előtér szintérték (saját)



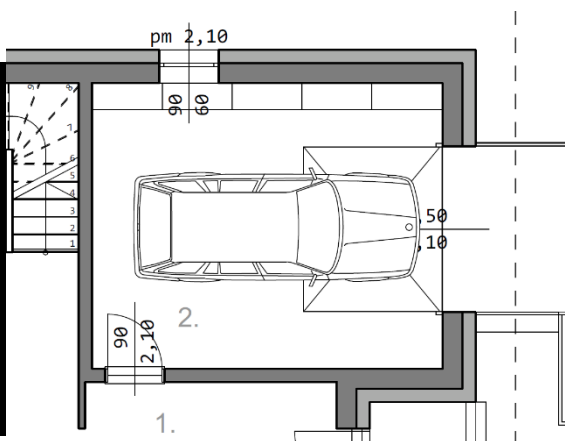
49. ábra alaprajz részlet (saját)

A vizsgálat lefuttatása során figyelembe vettük a tervezett berendezéseket, ezek befolyásolják a végeredményt. Véleményünk szerint egy előtér esetében ez a mennyiségű fény is elegendő, mivel a helyiségben nincs folyamatos tartózkodás. A helyiség megvilágítottsága tovább javítható, amennyiben nagyobb üvegfelülettel ellátott bejárati ajtót választunk.

Garázs



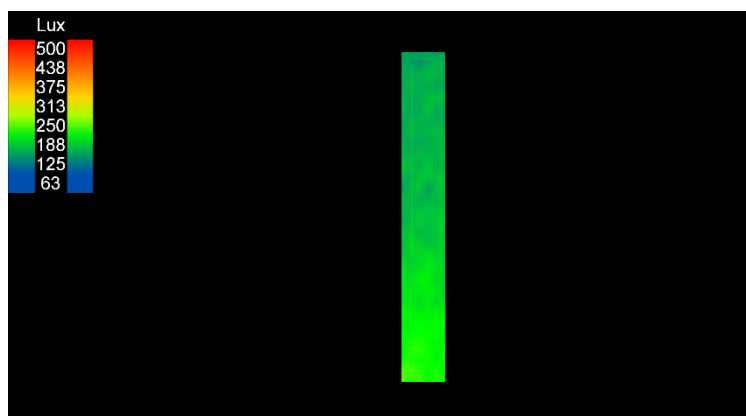
50. ábra Garázs szintérték (saját)



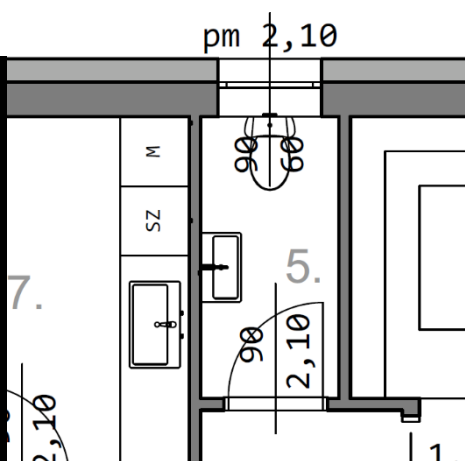
51. ábra alaprajz részlet (saját)

Az oldalhatáros beépítésből kifolyólag az OTÉK [42] korlátozza az egy helyiségen elhelyezhető falnyílások mennyiségét és méretét. Ebből kifolyólag ebbe a helyiségbe nem tudunk kellő mennyiségű fényt biztosítani. Ugyanakkor egy garázsnál szintén nem tartjuk prioritásnak, hogy kellő mennyiségű fényt juttassunk be, mivel ez a helyiség sem szolgál huzamosabb tartózkodásra. A helyiség bevilágítási tényezőjét viszont tudjuk úgy növelni, hogy fényáteresztő felületekkel ellátott garázskaput választunk.

WC



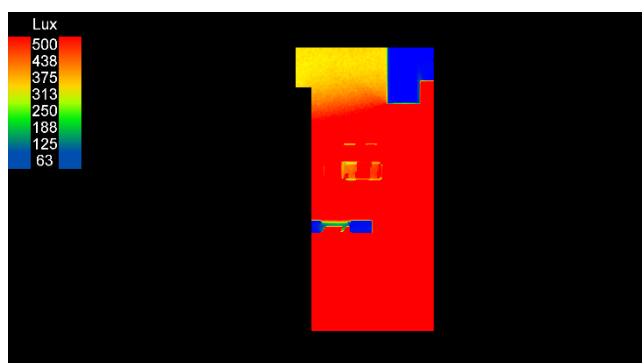
52. ábra WC színtérkép (saját)



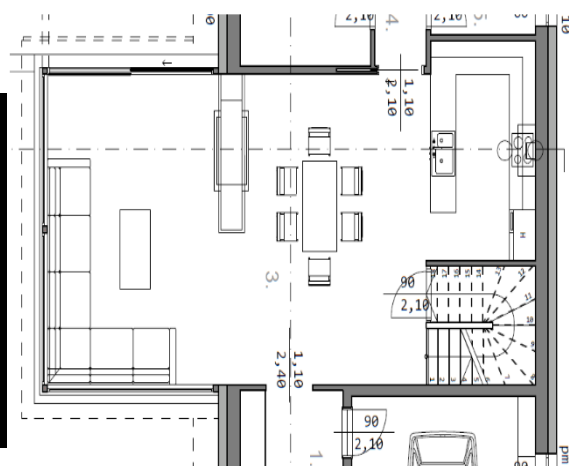
53. ábra alaprajz részlet (saját)

A földszinti mellékhelyiségben a program által becsült érték 160 Lux. Ide szintén az oldalhatáros beépítés miatt nem tudunk nagyobb felületű nyílászárót elhelyezni. Ugyanakkor, mivel ez is egy alárendelt helyiség, ezért nem létszükséglet nagyobb benapozottságot biztosítani. Ez az érték viszont javítható, ha a fürdőszoba felől fényt engedünk át, például üvegtégla felület kialakításával.

Konyha nappali étkező



54. ábra Konyha-étkező-nappali színtérkép (saját)

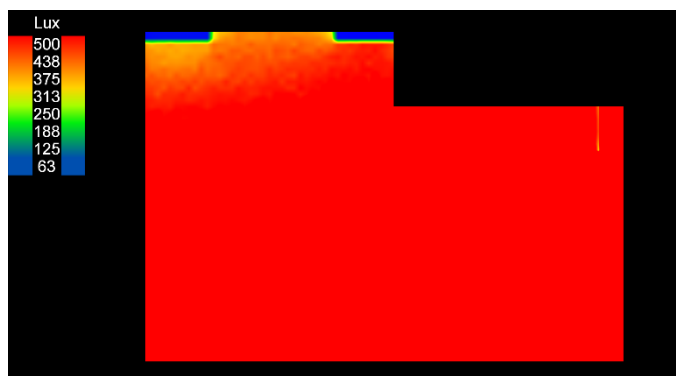


55. ábra alaprajz részlet (saját)

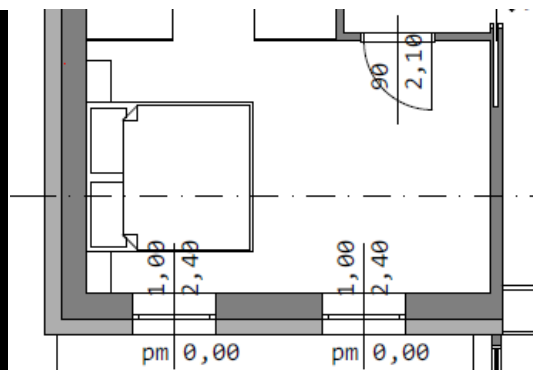
Mivel ez a terület a fő élettere a háznak, ezért ezt úgy terveztük, hogy minél több fényt tudjunk bejuttatni. Ez a helyiségkapcsolat megfelel a magyarországi normának. A nappali rész, mivel teljes mértékben üveggel van körbevéve eléri az általunk kívánt mennyiséget. Az épület ezen részén elengedhetetlen a megfelelő árnyékolás kialakítása, illetve mivel teljes mértékig üveggel van körülvéve, ezáltal a klimatizálása is költségesebb lehet, mint a ház többi részének. Továbbá a helyi-

ség benapozását növeli az étkező feletti átriumban elhelyezett sorolt tetősíklak, illetve a konyhában elhelyezett fénycsatorna. Utóbbinak köszönhető, hogy nem kellett megtörni a konyhabútor szekrénysorát.

Földszinti háló



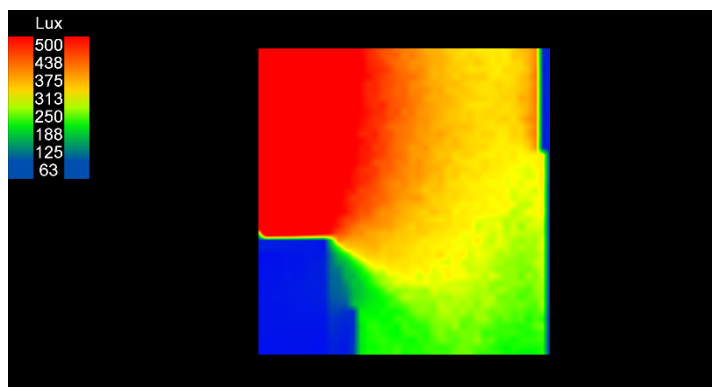
56. ábra Földszinti háló színtérkép (saját)



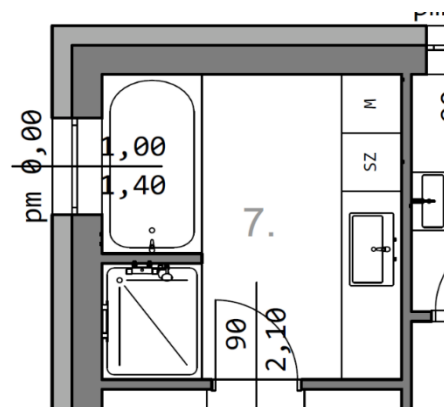
57. ábra alaprajz részlet (saját)

A földszinti hálósoba esetében már úgymond „túl fényes” életteret hoztunk létre. Ez egyéntől függően zavaró lehet, ezért érdemes a megfelelő árnyékolás biztosítása, vagy a nyílászárók méreteinek csökkentését eszközölni.

Földszinti fürdőszoba



58. ábra Földszinti fürdőszoba színtérkép



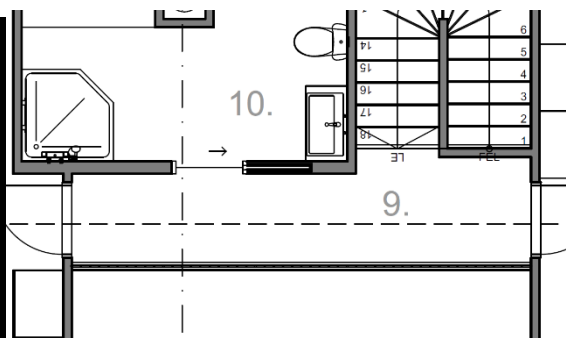
59. ábra alaprajz részlet (saját)

A földszinti fürdőszoba bevilágítási tényezője a funkciójához viszonyítva megfelelő. Itt is egy alárendelt helyiségről beszélünk, ezért nem szükséges a tényező értékének növelése. Ha szeretnénk több fényt beengedni, azt úgy tudjuk elérni, hogy megtükrözzük a helyiség berendezését, ezáltal plusz nyílást tudunk elhelyezni, vagy a meglévő nyílás méretét tudjuk növelni.

Közlekedő



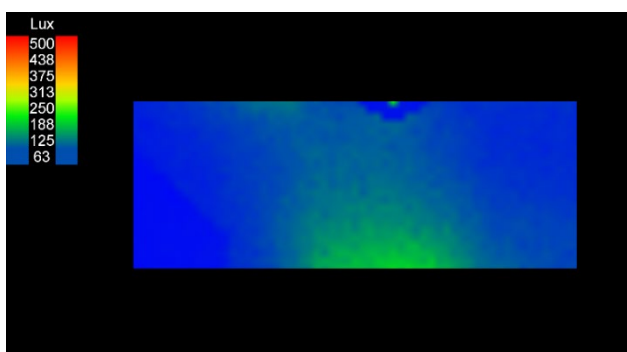
60. ábra Közlekedő szintérték (saját)



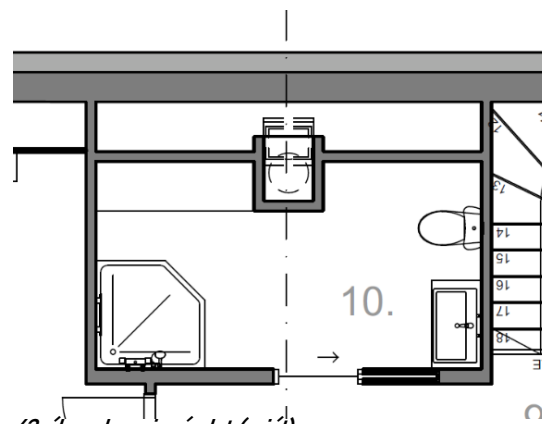
61. ábra alaprajz részlet (saját)

Az emeleti közlekedő bevilágítási tényezőjének növelése nem szükséges, mivel alárendelt helyiségről beszélünk. Abban az esetben lehetne növelni ezen az értéken, ha a mellette elhelyezkedő átriumba még több tetőablakot helyeznénk el, viszont ezt sem szerkezeti sem energetikai szempontokból nem tanácsoljuk.

Emeleti fürdőszoba



62. ábra Emeleti fürdőszoba (saját)

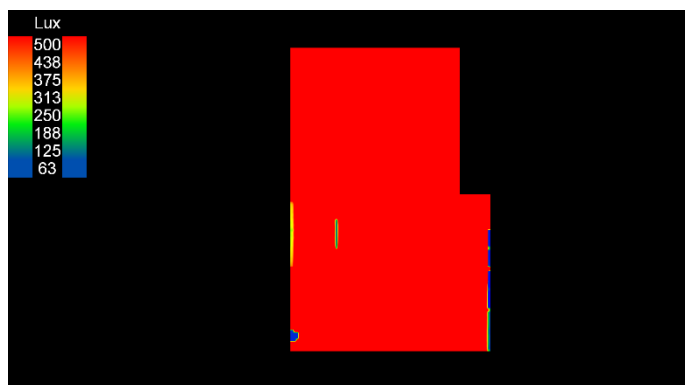


63. ábra alaprajz részlet (saját)

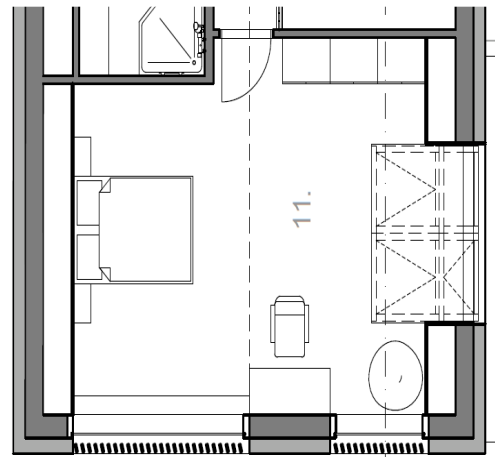
Az emeleti fürdőszoba nem rendelkezik természetes fény bebocsátására alkalmas nyílászáróval. Ebbe a helyiségbe úgy tudunk fényt bejuttatni, hogy nem átlátható, viszont fényáteresztő ajtót alkalmazunk. Másik megoldás a szellőzőablak beépítése lehetne, ami az oldalhatáros beépítési mód miatt körülményes.

Az OTÉK 37. § 4. pontja szerint „Az épületnek a telek oldalhatárán vagy attól 3 m-en belül álló és a telekhatárral 60°-nál kisebb szöget bezáró homlokzati falában és a vízszintessel 30°-nál nagyobb szöget bezáró, a telekhatár felé lejtő tetőfelületén csak tároló-, közlekedő-, tisztálkodó-, főzőhelyiség és illemhely, legalább 1,80 m-es mellvédmagasságú és helyiségenként legfeljebb 1 db 0,40 m² nyíló felületű szellőzőablaka, szellőzőnyílása lehet.” [42]

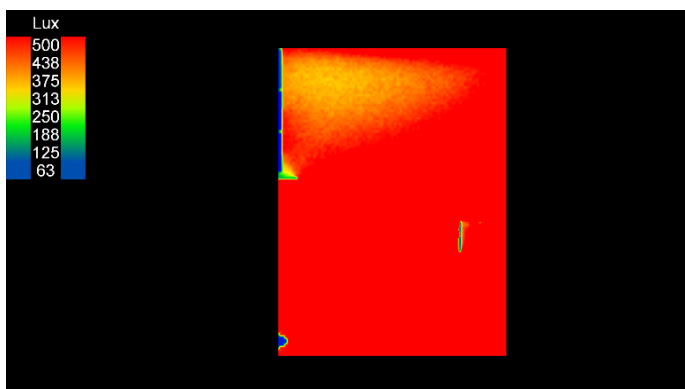
Emeleti szobák



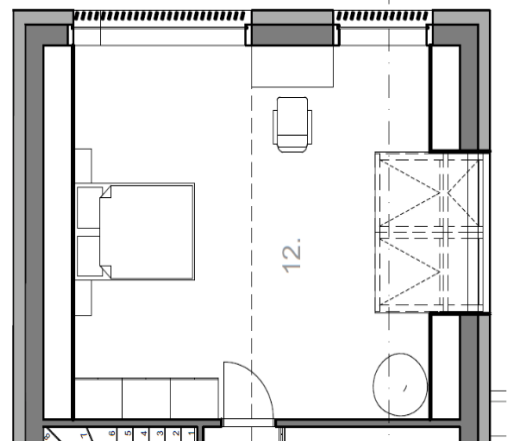
64. ábra Emeleti szoba színtérkép (saját)



65. ábra alaprajz részlet (saját)



66. ábra Emeleti szoba színtérkép (saját)



67. ábra alaprajz részlet (saját)

A két emeleti szobát egyben elemezzük, mivel elrendezésük közel azonos, és az alkalmazott nyílászáró méretek ugyanakkorák. Mindkét szoba megfelelő, ezáltal a benapozottság mértékének növelésére nincsen szükség, ugyanakkor megtehető további tetősíklablakok elhelyezésével, viszont ahogy az emeleti közlekedőnél, úgy itt sem javasoljuk energetikai, illetve szerkezeti szempontokból.

7.4 Eredmények összevetése a VR-ban tapasztaltakkal

Az épület különböző helyiségeit egyesével megvizsgáltuk VR segítségével is, oly módon, hogy szemrevételeztük milyen fény mennyiséget érzékelünk a különböző szobákban, a nap 3 különböző napszakában (napkeltekor, délben és késő este). Míg a benapozásvizsgálat egy felületen vizsgálja a bejutó fény mennyiségét, addig a szimulált környezetben a szórt fényeket is érzékeljük. Továbbá a megjelenítés javára olyan helyiségekben is tapasztalhatunk természetes fényt, ahol akár nyílászáró sem került elhelyezésre. Ezt a valóságtól való eltérést a sugárkövetéssel készült renderképek azonban ki tudják küszöbölni. Ehhez viszont komoly hardveres háttér szükséges. A következő képek szemléltetik a renderkép és a VR-ban tapasztalható megjelenítés közötti különbség



68. ábra VR-ban látható látvány (saját)



69. ábra Renderelt látvány (saját)

Arra az eredményre jutottunk, hogy a VR-ban tapasztalt eredmények nem minden esetben fedik a Velux szoftver által kapott adatokat, mivel a napközbeni világítás tervezésénél nagy mértékben függünk a vizuális visszajelzéstől, és a megjelenített információtól, és ezért a grafikai és megjelenítési korlátok félrevezető vizuális képekhez vezethetnek (pl.: garázs, emeleti fürdőszoba-itt fényesebbnek érzékeljük a teret, mint a program által kapott számadatok, és amit logika kíván). A valós idejű sugárkövetési módszerek (a Velux Daylight Visualizer program csupán direkt sugárzást szimulál, pedig a napfény jelentős része diffúz sugárzás) megvalósítása a virtuális valóságban a hagyományos hardverek jelenlegi grafikus feldolgozási korlátjai miatt kihívást jelentenek, ez azt eredményezte, hogy nem lehet fizikailag helyes, nagyfrekvenciás renderelést készíteni az ilyen

rendszerekkel. Amennyiben a számítás eredményeit akarjuk VR-ban vizualizálni, akkor ugyanazokkal a módszerekkel kellene renderelni a VR-ban megjelenített képet, mint a vizsgálat alatt. Mivel a két szoftver nem azonos módszerekkel dolgozik, ezért a VR pusztán tájékoztató jellegű lehet. Ezért a vizuális kimenetekre való támaszkodás félrevezető, és kontraproduktív lehet a nap-pali világítás tervezési folyamatai szempontjából. [48]

7.5 Saját tapasztalatok a VR használatáról

A modellépítés során számos alkalommal és tervezési fázisban használtuk a VR technológiát, mely alapján a következő tapasztalatokat foglalmaztuk meg:

A VR előnyei:

A VR technológiával már 100%-an élethű terek létrehozására vagyunk képesek. A technikának köszönhetően többféle megjelenítési mód áll rendelkezésünkre az igények függvényében. Van lehetőség egy pontból történő 360°-os körbetekintésre, illetve a tér teljeskörű körbejárására. A virtuális térben a berendezéseket és a tereket valós arányban és méretben érzékeljük. Minden berendezési tárgyat és felületet elláthatunk végleges struktúrával és színvilággal. Egyes modern eszközök lehetővé teszik, hogy a kontrollerek segítségével interakcióba lépjünk a környezetünkkel. Akár egy fiók kihúzásában, vagy egy ajtó kinyitásában tud segítségünkre lenni. Továbbá a szemüveg segítségével a programtól függően tudjuk érzékelni egy adott tér fényviszonyait is, ami a mi esetünkben nélkülözhetetlen volt a benapozás vizsgálatához.

A tervezés bármely fázisában megjeleníthető VR-ban a modell, ezáltal folyamatosan tudtuk ellenőrizni a térszerkezetünket. A tervező-, és látványtervező programok széleskörű kompatibilitásuknak köszönhetően egyszerűvé tették a modellek megjelenítését a hozzá nem értő emberek számára is. Számunkra az elején fellépett egy kisebb megakadás ezzel kapcsolatban, mivel két VR program volt jelen a számítógépen és ezek blokkolták egymást, de egy kisebb kutatómunka után kiküszöböltük a hibát. Ennek köszönhetően most már 3 kattintással képesek vagyunk megjeleníteni VR-ban a modellt. Továbbá dolgoztunk olyan szemüvegekkel, amik egyszerűen hordozhatóak, ennek köszönhetően bárhol tudtuk használni és könnyen tudtunk prezentálni a barátainknak is, akiknek a szemüvegek használata egy még általuk sosem tapasztalt élményt nyújtott. Az eszköz használatával nem csak prezentálni tudunk, hanem különböző

módosításokat is tudunk végrehajtani a modellen (textúrák megváltoztatása, évszak és napszak megválasztása, berendezések módosítása).

Végül, de nem utolsó sorban a VR használatát érdemes megemlíteni a szemüveges felhasználók szempontjából. Az újabb modellek úgy vannak kialakítva, hogy a szemüvegeseknek ne kelljen levenni használat közben, ami a mi esetünkben is rendkívül hasznosnak bizonyult.

A VR hátrányai:

A mi esetünkben az volt a cél, hogy egy minél nagyobb felbontású, illetve, hogy egy minél élethűbb teret hozzunk létre, aminek a hátránya az, hogy nagyon magas a munkaigény vonzata az élethű megjelenítésnek. Ez emésztí fel a legtöbb időt, ami nem feltétlen tudna megtérülni egy munka esetén. Ez az élethű megjelenítés leginkább a felsőkategóriás termékekre igaz. A könnyen hordozható kisebb eszközök kompatibilitásuknak köszönhetően rosszabb képminőség megjelenítésére alkalmasak. A jobb képminőségű eszközök nehezebben hordozhatóak. Továbbá minél élethűbb képmegjelenítésre alkalmas egy VR szemüveg, annál nagyobb a hardver igénye.

Mivel a VR headsetek csak egy érzékszervünkre vannak hatással, ezért sokszor a szervezetünk nem képes feldolgozni ezt a helyzetet, ezáltal a valóságból teljesen ki tudunk szakadni akár egy rövid időintervallumú használatról is. Ebben az állapotban nem tartozunk egyik „valóságba” sem, valahol a kettő között „lebegünk”. Hosszú ideig történő használata kényelmetlenné válhat. Ezen felül a hosszú használatnak magas a függőség kockázata. Mivel a képernyő nagyon közel van a szemünkhöz, ennek köszönhetően túl sokáig koncentrálnunk egy pontba, miközben rengeteg inger ér minket. Ennek következtében a szemünk és az agyunk gyors fáradása következik be. Mivel a képernyőn keresztül nem azt a teret látjuk, amiben tartózkodunk, így nem vesszük észre a körülöttünk lévő berendezési tárgyakat. Ennek köszönhetően mindig magában hordozza a baleset veszélyét. Továbbá egyeseknek okozhat tengeri betegséghez hasonló tüneteket (hányinger, émelygés, rossz közérzet). Ez személyenként eltér, volt amelyikünkénél azonnal jelentkezett, volt, akinél körülbelül negyedóra után. Ezen felül pedig kellemetlen érzés tud lenni, amikor akadozik a kép. Sokaknak olyankor kezd el kialakulni.

Hozzá nem értőként a számítógép és a headset összekapcsolása a különböző programokon keresztül, hosszadalmas és bonyolult folyamat lehet.

7.6 Konklúzió

Kutatásunk végén összességében nézve az egész témakört, viszonylag vegyes érzések keringenek bennünk. Az interjú kapcsán a legtöbb megkérdezett alany végső válasza az volt, hogy ez nem lehet az építészet jövője, viszont saját tapasztalatainkra és az elolvasott irodalmakra támaszkodva rengeteg előnyét láttuk meg, amik lehetséges hátránya a szűk körben való elterjedtsége. Kutatásunk során betekintést nyertük a VR technológia elméleti hátterébe és gyakorlati alkalmazásába. Hasznos tapasztalatokat gyűjtöttünk a természetes fény minél nagyobb arányú, épületbe történő beengedését szem előtt tartó tervezési módszerekről. A modellépítés tekintetében figyelembe kellett vennünk a vizualizációs célokra kiválasztott szoftver működését, és a megfelelő megjelenítéshez szükséges bemenő adatokat. A VR technológia alkalmazása a mi esetünkben számos fázisban hasznosnak bizonyult: segítségünkre volt a megtervezett terek bejárásában, így azok használhatóságának megítélésében. Rendkívül hatékonynak találtuk az egyedi textúrák és felületelemek az adott térben való összehatásának vizsgálata során, valamint a textúrák változtatása kapcsán. A benapozásvizsgálat tekintetében pedig az évszakok és napszakok dinamikus változtatásával az adott tér benapozottsága könnyen vizsgálhatóvá vált. Véleményünk szerint a VR technológia alkalmazása az általunk felhasznált célokra alkalmas, sőt, részletesebb vizsgálatot tesz lehetővé és nagyobb felhasználói élményt nyújt. A téma azonban további kutatást igényel, melyre jó példa a VR technológia alapú benapozásvizsgálat és a parametrikus tervezés ötvözése. Ehhez a vizsgálathoz a Radiance program alkalmasabb, mint a Velux Daylight Visualizer. Ez számos új lehetőséget tartogat: az épület elrendezésének, tájolásának, a nyílászárók elhelyezkedésének és méretének dinamikus változtatásával több, különböző alternatív megoldás hozható létre. Ezen tényezők a helyiségek benapozottságára gyakorolt hatása pedig hatékonyan elemezhető a VR térben, és kiválasztható az optimális megoldás. Továbbá pedig az elmúlt 10 évben hihetetlen tendenciában fejlődik ez az iparág és azóta sem veszített a lendületéből. Az építőipar számos szegletében nyújt felülmúlhatatlan segítséget, ha nem is minden részében tud mindennapossá válni. Ez a technikai fejlődés vegyítve az AR technika hasonlóan feltörekvő potenciáljával alkotják az építőipar jövőjét.

8. Irodalomjegyzék

[1] Moholy-Nagy László- Az anyagtól az építészetig, Budapest Corvin kiadó 1972

[2] 8.2.1 A virtuális valóság fogalmának meghatározása:

http://okt.ektf.hu/data/szlahorek/file/kezek/06_blended_04_11/821a_virtulis_valsg_fogalmnak_meghatrozza.html Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[3] Dr. Engler Péter: A térlátás és a térfotogrammetria alapjai

https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzési_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/20_2241_010_100915.pdf Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[4] View master szemüveg: https://mobilarena.hu/teszt/view-master_vr_szemuveg_modern_nosztalgia/nyomtatobarat/teljes.html

Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[5] View Master: https://www-1939nyworldsfair-com.translate.goog/worlds_fair/viewmaster/index.htm?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=hu&_x_tr_hl=hu&_x_tr_pto=sc

Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[6] Sensorama szimulátor: https://www.engadget.com/2014-02-16-morton-heiligs-sensorama-simulator.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAE7pnW-P7yNIIPrDbNlcG-vygJbkvCRG0eaV5eDtqYFINN2k4c6yyHC8JxpXYaaUHe1HSGrKHvdPm_L6Plw40o-_tLinQS5y30PGQY93vQlXP1l66ASJTX16OoczNrS46PjUpFlwIKX79xrJqFUpdKqFuh2u1koSN4rD4mPaQTW9 Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[7] Sensorama: https://www-engadget-com.translate.goog/2014-02-16-morton-heiligs-sensorama-simulator.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=hu&_x_tr_hl=hu&_x_tr_pto=sc Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[8] Headsight sisak: <https://www.virtual-reality-shop.co.uk/philco-headsight-1961/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[9] Headsight: https://www-dcube-co-uk.translate.goog/news/virtual-reality-the-past-present-and-future/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=hu&_x_tr_hl=hu&_x_tr_pto=sc Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[10] Demoklész kardja: <https://blog.storyhunter.com/why-virtual-reality-finally-went-mainstream-7713340b97e5> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[11] Sword of Damocles: https://www-virtual--reality--shop-co-uk.translate.goog/the-sword-of-damocles-1968/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=hu&_x_tr_hl=hu&_x_tr_pto=sc Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

[15] Sega VR szemüveg: <https://www.wired.com/story/sega-vr-headset-video-game-preservation/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

- [16] **Sega VR:** https://segaretro-org.translate.goog/Sega_VR?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=hu&_x_tr_hl=hu&_x_tr_pto=sc Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [17] **Nintendo által gyártott Virtual Boy konzol:** <https://www.techspot.com/article/1085-nintendo-virtual-boy/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [18] **Virtual Nintendo Boy:** <https://www.businessinsider.com/nintendo-virtual-boy-reality-3d-video-games-super-mario-2018-3> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [20] **3D VR szemüveg:** <https://www.conrad.hu/p/3d-vr-szemueveg-virtualis-valosag-szemueveg-renkforce-rf-vr1-rf-4388499-1462833> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [21] **Mobilos VR:** https://www.vrhir.hu/leirasok/melyik-mobil-vr-szemueveget-vegyem-meg/?fbclid=IwAR3VWHGkpa13x_l5UbpnsPLcxvDlupfdBNOB6yfPHJfS7YDL--RIkztDzVQ Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [22] **HTC Vive Flow** <https://www.vive.com/us/product/vive-flow/overview/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [23] **HTC Vive Flow:** <https://vr-expert.com/htc-announces-new-vr-headset-htc-vive-flow/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [24] **A „ténylegesen vezeték nélküli” VR:** <https://www.oculus.com/quest-2/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [25] **OCULUS Quest 2:** <https://www.mall.hu/virtualis-valosag/oculus-quest-2-256-gb> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [26] **Az „átlátszó” VR:** <https://www.vive.com/us/product/vive-pro-eye/overview/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [27] **HTC Vive Pro Eye:** <https://business.vive.com/us/product/vive-pro-eye-office/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [28] **A VR melyre mindenki gondol:** <https://www.vive.com/us/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [29] **HTC VIVE:** <https://www.ubuy.hu/en/search/index/view/product/b00vf5nt4i/s/htc-vive-virtual-reality-system> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [30] **VR használata az építőiparban:** https://info-vercator-com.translate.goog/blog/embracing-vr-in-the-construction-industry?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=hu&_x_tr_hl=hu&_x_tr_pto=sc Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [31] **3D ingatlan túra:** <https://www.3dingatlan.com/3d-virtualis-tura-keszítése-71-lepesben/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [32] **Matterport Pro 2:** https://www.bhphotovideo.com/c/product/1554016-REG/matterport_mc250_us_mc250_pro2_professional_3d.html Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [33] **Hogyan működik az AR:** <https://lakasgeneral.com/2022/03/12/a-kiterjesztett-valosag-ar-alkalmazasai-az-epitoiparban/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.

- [34] **Hogyan használják az AR-t az építőiparban:** https://www-procore-com.translate.goog/jobsite/5-real-uses-for-augmented-reality-in-construction-today/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=hu&_x_tr_hl=hu&_x_tr_pto=sc Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [35] **Kiterjesztett valóság:** <https://lakasgeneral.com/2022/03/12/a-kiterjesztett-valosag-ar-alkalmazasai-az-epitoiparban/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [36] **Virtuális terv:** https://www.architectmagazine.com/technology/products/three-augmented-and-virtual-reality-apps-for-design-and-construction_o
- [37] **AR használata kivitelezésben:** <https://www.alpinme.com/the-role-of-augmented-reality-in-the-construction-industry/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [38] **Biztonsági képzés AR segítségével:** <https://program-ace.com/blog/augmented-reality-training/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [39] **TSPC benapozottság:** <https://www.tspc.hu/amikor-kirajzolodik-a-3d-modell-azert-szokott-lenni-tiz-masodperc-csond-nagyinterju-huszar-attila-bim-csoportvezetovel/> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [40] **HTC Vive:** <https://www.ubuy.hu/en/search/index/view/product/b00vf5nt4i/s/htc-vive-virtual-reality-system> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [41] **ArchiCAD VR kompatibilis programok:** <https://graphisoft.com/hu> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [42] **OTÉK:** <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700253.kor> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [43] **Benapozottság:** <http://www.hazkatalogus.hu/otlettar/187-benapozas-vizsgalat-keszites.html> Megtekintés dátuma: 2022.04.07.
- [44] **Nap beesési szög:** <https://www.gaisma.com/en/location/veszprem.html> megtekintés: 2022.09.28
- [45] **VR Daylight Analysis Tool:** Mohammad Keshavarzi, Luisa Caldas , Luis Santos:RadVR: A 6DOF Virtual Reality Daylighting Analysis Tool
- [46] **VR Daylight Analysis Tool:** Worawan Natephra Ali Motamedi, Tomohiro Fukuda and Nobuyoshi Yabuki: Integrating building information modeling and virtual reality development engines for building indoor lighting design
- [47] **CEN European daylight Standard (EN 17037)**