

Tudományos Diákköri Konferencia

Parametrizált benapozásvizsgálat

Hajdu Árpád

Hegedűs Dániel László

Tóth Olivér

Építészmérnöki szak

3. évfolyam

Összefoglaló

Kutatásunk témája a benapozásvizsgálat parametrikus tervezési módszer alkalmazásával. Ennek a kutatásnak a keretében egy általunk tervezett családi ház parametrikus tervezési módszerrel létrehozott, különböző nyílászáró elrendezésekkel és nyílásméretekkel rendelkező alternatíváit vizsgáltuk, melynek során a Velux Daylight Visualizer-rel lefuttatott vizsgálatok számszerűsített adatait kívántuk összevetni és kielemezni benapozási, fény mennyiségi és komfortérzeti szempontok mintája alapján. továbbá a létrehozott variációkat szeretnénk volna esztétikai szempontok szerint megvizsgálni és egyeztetni a saját szubjektív véleményünkkel a VR-ban kialakított látvány alapján. Továbbá szeretnénk volna megbizonyosodni arról, hogy a parametrizálás akár már kisebb léptékben is hasznára lehet a tervezőknek és meggyorsíthatja a munkájukat, illetve, hogy a VR segítheti a hozzá nem értő személyek számára a könnyebb értelmezhetőséget és segítséget nyújthat a döntéshozásban a látvánnyal és a mellé kapott számadatok összevetésével. Jelen kutatásunkban kitértünk volna a benapozás általi szoláris hőnyereségre, de a téma megfelelő kifejtésének érdekében úgy döntöttünk, hogy ez a kutatás további időráfordítást igényel még, amit szeretnénk egy jövőbeli kutatásban kifejtetni.

A kutatásunk témája szorosan kapcsolódik az előző dolgozatunk témájához, amely a „VR alkalmazása az építészetben” címet kapta, az abban megtervezett házra építettük ezt a kutatásunkat, mivel az előző dolgozatunkban érintettük a jelenlegi munka témáját, de a kereteibe már nem fért bele a téma alapos körbejárása, ezért ebben az írásban igyekeztünk részletesen kifejtetni azt. Az épületen csak a bevilágítók parametrizált változtatásait eszközöltük, ugyanis a fő kutatási témánk a benapozásvizsgálat, ezért nem volt szükség az épület teljes parametrizálására. A helyiségek funkciójához igazítottuk a benapozási időtartamot, a benapozottságot, törekedtünk a szoláris hőnyereség optimalizálására, illetve a szükségletekhez mérten javasoltunk árnyékolókat, ezzel megakadályozva a túlzott felmelegedést és a zavaró káprázást (olyan káprázás, amely látási kényelmetlenségérzetet okoz anélkül, hogy szükségképpen rontaná a tárgyak látását.). A különböző variációkkal lefuttatott vizsgálatok eredményeként javaslatot tettünk az épület nyílászáró elrendezésére és nyílásméreteire a figyelembe vett szempontok alapján. A kutatás során arra a következtetésre jutottunk, hogy egy helyiség használatához érdemes megvizsgálni a nyílászárók optimális méretét és elhelyezkedését. Továbbá fontos figyelembe venni a bent tartózkodás időintervallumát és a helyiségekben lévő tevékenységek fényigényét.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. Az épületek természetes megvilágítására vonatkozó előírások.....	6
2.1 Természetes fény.....	7
2.2 Vizuális kapcsolat	9
2.3 Benapozás.....	10
3. Parametrikus tervezés.....	15
3.1 A parametrikus tervezés definíciója.....	16
3.2 A parametrikus tervezés modern története.....	17
4. Benapozásvizsgálat parametrikus tervezéssel.....	20
4.1 Előzmények	20
4.2 Kutatási célok, kutatási kérdés.....	22
4.3 Használt programok	22
4.4 Benapozás vizsgálatok.....	27
4.5 A vizsgált variációk.....	32
5 Eredmények kiértékelése.....	39
5.1 Földszinti fürdőszoba kiértékelése	39
5.2 Földszinti hálósoba kiértékelése	42
5.3 Konyha-nappali-étkező kiértékelése	48
5.4 Vonatkoztatási felület vizsgálata.....	53
6. Az általunk javasolt alapszabályok	55
7. Konklúzió.....	56
8. Irodalomjegyzék.....	57

„A dolgok napfényes oldalát keressétek, ne az árnyékosat.”

Robert Baden-Powell [1]

Köszönetnyilvánítás

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 a benapozásvizsgálat során nyújtott segítséget, meglátásaival, javaslataival segítette dolgozatunk elkészültét.

Köszönet illeti külső konzulensünket, Szalai Dórát, a Széchenyi István Egyetem doktoranduszát, a TSPC szoftverfejlesztési csoportvezetőjét és BIM-menedzserét, aki a modellezésben és a parametrikus tervezésben nyújtott segítséget, továbbá köszönjük neki a csapatmunka szerverét.

Külön köszönet illeti Albert Flóriánt, szaktársunkat, aki előző kutatás társszerzőjeként hozzájárult a jelenlegi kutatás elkészüléséhez.

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 belsőépítészeti 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.

1. Bevezetés

A fény elengedhetetlen feltétele az életnek. A nappalok és éjszakák folyamatos ciklikussága határozza meg mindennapjainkat. A mesterséges fény feltalálása előtt a napfény volt a legfőbb fényforrás, melyhez az emberek alkalmazkodni tudtak. Ez határozta meg, mikor keljenek az emberek, mikor induljon a munka, mikor legyen vége a napnak.

A közérzetünket nagymértékben befolyásoló tényező a napközben minket érő fény mennyisége, ezért fontos a huzamos tartózkodásra szánt helyiségekbe a megfelelő mennyiségű fény beengedése. Mivel a napsütés az év különböző időszakaiban teljesen máshogy járja körbe 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, és az alkalmazott vizsgálati módszertől függően számos módon tud számszerű adatokat nyújtani nekünk. Futtathatunk egész napos szimulációkat, amelyek a nap mozgását vizsgálják napkeltétől napnyugtáig, vagy akár egy adott pillanatot is vizsgálhatunk. Ezeknek a szimulációknak az eredményeit megkaphatjuk számszerűsítve, szintériképpel, de egész napos szimuláció esetén kinyerhetjük az eredményeinket egy videóban is.

A benapozást vizsgáló programok 3D-s modelleket vizsgálnak. Az épülettervezés során jellemzően több időbe telik a nyílászárók pozíciójának és méretének kiválasztása, mert sok szempontot kell figyelembe venni (pl.: homlokzati kép, szerkezeti rendszerbe illesztés, épületszerkezeti kapcsolatok, minimális benapozás biztosítása, passzív szoláris hőnyereség, nyári túlmelegedés, szellőztetési igények stb.). A tervezés iteratív jellege miatt pedig ezzel a tervezési folyamat során többször szükséges foglalkozni. A nyílászárók elhelyezésének módosítása és az ezzel való kísérletezés időigényes és aprólékos feladat. Ennek megoldására alkalmazhatóak olyan kiegészítő programok, amelyekben valós idejű szinkronizációval tudjuk változtatni a modellen lévő nyílászárók méretét, elhelyezkedését, minőségét, és ezen kívül még rengeteg paramétert. Ezeket a programokat minden esetben az adott tervező programmal célszerű összekapcsolnunk. Ez azt jelenti, ha valaminek a paraméterét algoritmus segítségével változtatjuk a kiegészítő programban, azt a változást abban a pillanatban látjuk a tervező programban is. Ennek eredményeképp sokkal gyorsabban hozhatunk létre több variációt egy adott épületrészről, vagy jelen esetben nyílászáró elhelyezésről, amit aztán összevethetünk, és kiválaszthatjuk a legoptimálisabbat.

2. Az épületek természetes megvilágítására vonatkozó előírások

Az MSZ EN17037 Természetes világítás az épületekben szabványt [2] 2019. július 1-jén tették közzé angol nyelven. Ezt a szabványt 2020. október 1-jén publikálták magyar nyelven is. Az európai (EN) és nemzeti (MSZ) hatályú szabvány használata önkéntes alapú. Az önkéntesség választási lehetőséget biztosít a szabvány alkalmazása vagy mellőzése tekintetében. A szabvány közmegegyezéssel elfogadott műszaki dokumentum, amelynek révén általánosan elismert megoldás érhető el. A szabványtól való eltérés esetén megkövetelhető annak igazolása, hogy a választott megoldás is megfelel-e a jogszabályi követelményeknek. Ez a szabvány a természetes fénnel való tervezésben segíti az építészeket. Lehetőséget ad arra, hogy az építészek és az ingatlanfejlesztő szakemberek konkrét elvárásokat fogalmazzanak meg az épület természetes világításával kapcsolatban, továbbá megvizsgálják az ehhez kapcsolódó egyéb kérdéseket is, mint pl. vizuális kapcsolat biztosítása, káprázás elleni védelem, vagy a benapozás.

Minden nyílászárókkal és bevilágítókkal *(az épület külső térelhatároló felületén kialakított áttörés, mely transzparens felületű nyílásszárót vagy szerkezetet tartalmaz, és amely a természetes fényt beengedi)* ellátott belső tér világításának jelentős részét a természetes fény biztosítja. A természetes fény közkedvelt a belső terek esetén, mivel a megfelelő mennyiség meglétével jelentősen csökkenthető a villamos energia felhasználása. A természetes fény jelentősen hozzájárul a belső terek megvilágításához, nagyon jó színvisszaadást biztosít, de évszakoktól és napszakoktól függően változik a mennyisége. A bevilágítók egyik fő feladata a kapcsolatteremtés a külvilággal, továbbá biztosítják a bent tartózkodók jó közérzetét. A nyílászárók és bevilágítók lehetővé teszik a napfény bejutását a belső terekbe, ez rendkívül fontos, viszont a kialakítás nagyban függ az adott tér funkciójától (tárolás, pihenés, olvasás stb.). Továbbá a túlzott mennyiségű fény ellen védekezni kell valamilyen árnyékolószerkezettel (ezt a későbbiekben kategorizáljuk). A természetes fény hasznosításának lehetősége elsősorban az épület helyszínén rendelkezésre álló természetes fény mennyiségétől (azaz a helyszín földrajzi helyétől és éghajlatától) függ; másodsorban az épület közvetlen környezetének kialakításától, a bevilágítók beépítésétől, azok közvetlen környezetétől, szerkezeti kialakításától, továbbá a belső terek jellemzőitől függ.

A szabvány a természetes világítással kapcsolatosan azon tényezőket határozza meg, ami a látáshoz és a vizuális kapcsolat biztosításához szükséges és tartalmaz olyan ajánlásokat, amik a huzamosabb tartózkodásra kialakított helyiségek benapozási időtartamával kapcsolatosak. Továbbá segítséget nyújt a természetes bevilágítás optimalizálására és a káprázás *(a látás olyan állapota, amelyre jellemző a látás kényelmetlensége és a tárgyak vagy részletek felismerhetőségének a csökkenése, amelyet a fénysűrűség szokatlan eloszlása vagy szokatlan értéke, illetve a jelentős mértékű kontraszt okoz)* korlátozására. [2]

2.1 Természetes fény

A fény a $\lambda=380-780$ nm hullámhossz tartományba eső elektromágneses sugárzás látható része, energiahozamának mértékegysége a Watt ($W=J/s$). Az egyes hullámhosszoknak különböző színek felelnek meg. A kisebb hullámhosszoknak a hideg színek (kék), a hosszabb hullámhosszoknak a melegebb színek (piros). A világítás céljára úgynevezett fehér fényt használunk, mivel a természetes fény, ami mellett a látásunk kialakult szintén fehér. A fehér fény a teljes hullámhossz spektrumból tartalmaz sugárzást kiegyenlített mértékben. A természetes világítás primer fényforrása a Földön a Nap. Ennek fénye többféleképpen juthat be a belső tereinkbe. A gyakorlatban viszont a természetes világítás fényforrása a külső tér és a külső tér azon része, ami a Nap fényét átereszt, szórva vagy reflektálva a belső térbe juttatja. A belső tér természetes fényforrása a gyakorlat szerint tehát az a külső tér, amin keresztül a természetes fény jut a belső térbe. [3]

2.1.1 Természetes fény hasznosításának feltételei

Egy helyiség benapozottsága/ellátottsága akkor megfelelő, ha a méretezési megvilágítási szint az adott tér (helyiség) vonatkoztatási felületének *(adott sík adott pontjában, ismert vagy feltételezett fénysűrűség-eloszlású égbolt által, közvetlenül és közvetve létesített megvilágításnak, valamint ugyanennek a takaratlan égboltfélgömbnek a vízszintes síkban létesített megvilágításának az aránya, ahol a megvilágításnak a közvetlen napfénytől származó részét mindkét megvilágítás esetében figyelmen kívül kell hagyni)* meghatározott részén legalább a nappali órák felében biztosítva van. Az előbb említett vonatkoztatási felületnek a vizsgálat során 85 centiméterre (asztal magasság) kell elhelyezkednie a padlószinttől, abban az esetben, ha másképp nem határozták meg. [2]

2.1.2 Természetes fény hasznosításának számítási módszerei

A természetes fény hasznosításának számítására több módszer is rendelkezésünkre áll, de legtöbbször a jóváhagyott számítógépes programokkal végezzük el ezeket a számításokat. A továbbiakban két módszert fogunk ismertetni:

- 1) **módszer:** Olyan számítási módszer, ami a vonatkoztatási felületen mért világítási tényezőt veszi alapul [2] Az 1. táblázat tartalmazza a méretezési világítási tényezők (DT) és a legkisebb méretezési világítási tényezők (DTM) méretezési értékeit, melyeket egy adott hely esetében biztosítani kell.

1. táblázat Ajánlások a természetes fény hasznosítására a természetes fényt beeresztő, függőleges és döntött felületen kialakított bevilágítókkal [2]

Ajánlott besorolási szintek függőleges és döntött fényátersztő felületű bevilágítókra	Méretezési megvilágítás E_T (lux)	A vonatkoztatási felület hányad a méretezési szinthez viszonyítva $F_{plane, \%}$	Legkisebb méretezési megvilágítás E_{TM} (lux)	A vonatkoztatási felület hányada a legalacsonyabb méretezési szinthez viszonyítva $F_{plane, \%}$	A nappali órák hányada $F_{time, \%}$
Alacsony	300	50%	100	95%	50%
Közepes	500	50%	300	95%	50%
Magas	750	50%	500	95%	50%

- 2) **módszer:** Olyan számítási módszer, amely a vonatkoztatási felületen mért világítási szinteket veszi alapul az adott helyszín éghajlati jellemzőinek figyelembevételével és megfelelő időgyakorisággal. Az 1. táblázat tartalmazza az elérendő méretezési megvilágítás és legkisebb méretezési megvilágítás értékeit. [2]

A természetes fény hasznosításának alkalmasságát lehet ellenőrizni helyszíni mérésekkel és számítógépes programokkal egyaránt. A számítógépes ellenőrzéshez szükséges az adott épületet elkészíteni egy modellező szoftverben, olyan részletezettséggel, ami a valóságot tükrözi és tartalmazza az épület fényhasznosítás ellenőrzése céljából releváns paramétereit. Megvalósult

épület esetén megvilágításmérő műszerrel (1. ábra, Testo 540 – Light meter) a helyszínen lehetséges a világítási tényezők valós értékeinek ellenőrzése. [2]



1. ábra Testo 540 – Light meter
Professzionális fénymérő műszer [4]

2.2 Vizuális kapcsolat

A vizuális környezet szoros kapcsolatban van az emberi élettel. Az érzéki információink közel 90%-át a látásunkon keresztül szerezzük meg. A világítás legfőbb célja a megfelelő vizuális környezet / komfort létrehozása. A beltéri vizuális környezet a helyiség megvilágításával jön létre, ilyen módon a vizuális környezetnek két komponense van:

- Az egyik a fény nélküli, a fényt többé-kevésbé visszaverő felületekkel határolt és berendezett helyiség, amely lényegében egy passzív komponens.
- A másik a fény, amely, mint aktív komponens láthatóvá teszi a helyiséget [3].

A bevilágítókval lehet közvetetten kapcsolatot létesíteni a külső környezettel, ennek köszönhetően kaphatunk információkat a tájról és az időjárásról, mindez enyhíti a bent tartózkodás okozta fáradtságot és nyomottságot. A belső terekben tartózkodó személyek számára biztosítani kell a felfrissülés és pihenés lehetőségét, ami a szem fókuszának megváltoztatásával lehetséges a bevilágítók segítségével. A vizuális kapcsolatot a megfelelően kiválasztott vonatkoztatási pontok segítségével kell értékelni, a bent levő személyek lehetséges tartózkodási helyének függvényében. A vizuális kapcsolatot biztosító látótér három fő részből áll:

- égbolt,
- táj,
- terep.

Bármely vonatkozó pontból létesített vizuális kapcsolat minősége függ:

- a bevilágító(k) méretétől;
- a vizuális kapcsolat szélességétől (vízszintes látószög);
- a vizuális kapcsolat távolságától;
- a látótér részeinek számától;
- a vizuális kapcsolat révén a környezetről szerzett információ minőségétől.

A vizuális kapcsolat feltételeit az adottságokhoz és a helyszínhez kell igazítani, de vannak alapvető feltételek, amiknek minden esetben teljesülni kell a kiváló kapcsolat érdekében:

- a tartózkodási helyen legalább a látótér egy része látható legyen (égbolt, táj, terep);
- a bevilágító transzparens szerkezete nem torzíthatja a kilátást és a színezettséget;

- a tartózkodási hely vonatkoztatási pontjából látható, vizuális kapcsolatot biztosító bevilágító(k) transzparens felületének megfelelő vízszintes látószögük legyen. [[2]

2.3 Benapozás

A benapozás a belső tér fontos minőségi kritériuma, ami hozzájárulhat a helyiség pozitív megítéléséhez és az ott tartózkodók jó közérzetéhez. Olyan helyiségekben, ahol huzamosabb tartózkodás van (iskola, óvoda, kórházi betegszoba, nappali, hálósoba), ott biztosítani kell a minimális időtartamú benapozást. Az OTÉK 86. §-a [5] (1) bekezdése írja le: „(1) A lakás legalább egy lakószobája napfény által benapozott legyen. Benapozottnak tekinthető az a helyiség, ahol a benapozás lehetősége február 15-én legalább 60 percen át biztosított.” Ezt az időtartamot azzal a minimális óraszámmal lehet meghatározni, mely alatt a vizsgált helyiségbe közvetlen napfény jut az év egy meghatározott tiszta, felhőtlen napján. A benapozás értékeléséhez meg kell vizsgálni a nap állását a vizsgált időpontban, továbbá ki kell számítani a várható megvilágítás időtartamát órákban.

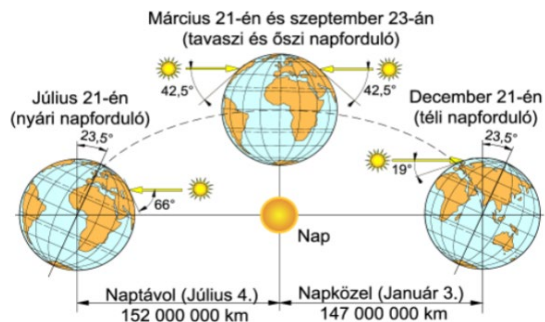
A napfény hasznosítása minden belső tér esetében függ a tér funkciójától. A napsugárzás időintervallumát figyelembe véve esetlegesen ki kell alakítani megfelelő árnyékolást, ami csökkenti a felmelegedést vagy vizuális kényelmetlenségeket. A napfény biztosításához figyelembe kell venni a tervezés folyamatában a tömegformálást, a tájolást, a homlokzati kialakítást, a helyiségek bevilágítóinak méretét és elhelyezkedését. A megfelelően megtervezett épületeknél a napsugárzási hőnyereség csökkentheti a téli időszakban a fűtési költségeket, a melegebb hónapokban figyelembe véve a napsugárzás magasabb beesési szögét, biztosítandó a megfelelő árnyékolás. A mozgáskorlátozott személyek otthonaiban a bevilágítók tájolásakor figyelembe kell venni a benttartózkodási időszakokat és egy adott napszakban a napfényre vonatkozó preferenciákat. [2]

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. Télen érdemes maximalizálni a hőnyereséget, mivel ez csökkentheti a fűtési költségeket, ezért tervezésnél érdemes figyelembe venni a környezet

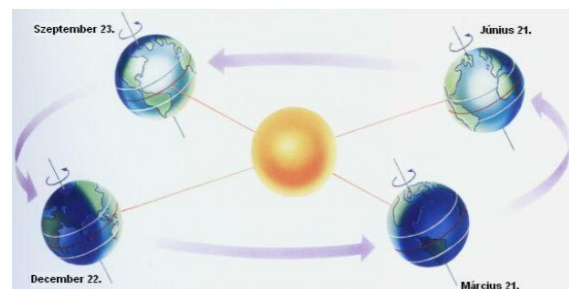
adottságait (pl.: örökzöld növényzet), mivel gátolhatja a benapozást. [6] Érdemes kihasználni a téli és a nyári napfény beesési szögének szignifikáns különbségét.

A benapozásvizsgálat legfontosabb része a nap mozgásának elemzése az adott földrajzi helyen.

A benapozás vizsgálatokat érdemes a napfordulók (2. ábra) (csillagászati kifejezés, amivel a Napnak a Föld egyenlítőjéhez való szélső helyzetét fejezzük ki. A téli napfordulónál van a legrövidebb nappal és a nyári napfordulónál van a leghosszabb nappal az évben) és a napéjegyenlőség napjain megvizsgálni. A mi tervezési területünk az északi félgömbön található (ez azért fontos mivel az északi és a déli féltekén ellentétesen játszódnak le a folyamatok (3. ábra). Abban az esetben, ha az északi félgömb mérsékelt égövén figyeljük a nap mozgását láthatjuk, hogy a Nap legmagasabb delelési magassága június 21-én van (4. ábra), mivel ilyenkor a Nap-Föld középpontokat összekötő egyenes és az egyenlítő síkja által

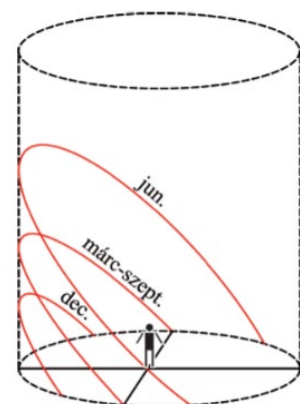


2. ábra Föld keringése a Nap körül [9]



3. ábra Föld pályája a Nap körül [10]

bezárt szög a legnagyobb értékét (kb. 23,5 fok) éri el a Nap északi félgömbön való elhelyezkedése mellett., Ekkor a leghosszabb a nappal és legrövidebb az éjszaka. Ezután a Nap egyre délebbre kel fel és egyre alacsonyabban delel, ezáltal a napi ív egyre rövidebb lesz és a napnyugta is egyre délebbre kerül. A következő jellegzetes napállás az őszi nap-éj egyenlőség vagy napforduló. Ilyenkor a Nap-Föld középpontokat összekötő egyenes és a földi egyenlítő síkja között bezárt szög elfogy, az egyenes a síkba illeszkedik. Szeptember 23-án (jellemzően 23, de a szökőévek befolyásolják) egyre rövidebb, a nappal és az éjszaka hossza megegyezik. A téli napforduló az a pillanat, amikor az előbbieken megemlített nyári napfordulónál a Nap-Föld középpontokat összekötő egyenes és az egyenlítő síkja által bezárt szög a legnagyobb értékét (kb. 23,5 fok) eléri a déli félgömbön, ilyenkor van a leghosszabb éjszaka és a legrövidebb nappal az északi félgömbön.



4. ábra Hengeres nappályadiagram [8]

Ezután minden nap kissé északabbra kel fel a Nap a látóhatáron és egyre magasabban delel,

ezáltal a napi ív egyre hosszabb és a napnyugta is egyre északabbra kerül, ennek köszönhetően a nappalok a tavaszi nap-éj egyenlőség (március 20. körül) után már hosszabbak lesznek, mint az éjszakák és a nappalok hossza egészen a nyári napfordulóig folyamatosan nő.

Ezen a jellegzetes napokon érdemes lefuttatni a vizsgálatokat, mivel a két szélső időpont mellett az átmeneti időszakról is kaphatunk egy átfogó képet a nap-éj egyenlőségek megvizsgálásával. A tökéletes benapozás, amikor a téli időszakban maximalizáljuk a benapozás időtartamát, ezzel növelve a szoláris hőnyereséget. A tavaszi és őszi időszakban praktikus kontrollálni a beérkező fény mennyiségét, mivel ezekben az időszakokban a szoláris hőnyereséggel lecsökkenthetjük a fűtési időszak időintervallumát, de a kora őszi, illetve a késő tavaszi időszakban már felléphet a káprázás jelensége és romolhat a jó közérzet a helyiségben tartózkodás alatt. A nyári időszakban a benapozás elleni védelem élvez prioritást. A túlzott mennyiségű fény beengedése rontja a komfort érzetet, növeli a káprázás esélyét és a hűtési költségeket. [7]

2.3.1 Káprázás

A zavaró káprázást *(olyan káprázás, amely látási kényelmetlenségérzetet okoz anélkül, hogy szükségképpen rontaná a tárgyak látását)* [2] a látómezőben lévő, nagy fénysűrűségű felületek okozhatják. A káprázás érzete a fénysűrűség látómezőben tapasztalható eloszlásától függ, ezt pedig alapvetően meghatározza a szemlélő térbeli helyzete és nézési iránya. A káprázás az egyén erre való érzékenységétől függ, mellék- és utóhatása lehet a fejfájás és a fáradtság. A káprázás érzete nő, ha a káprázást okozó forrás mérete vagy erőssége nő, továbbá, ha a szembe érkező fény mennyisége nő. A káprázás értékelését olyan helyiségekben érdemes elvégezni, ahol huzamosabb időt tartózkodunk, vagy olyan dolgokat végzünk, mint például olvasás, írás, vagy ahol képmegjelenítő eszközöket használunk (TV, laptop), és a felhasználó nem változtatja meg rendszeresen a nézési- és tartózkodási helyét. A káprázás elleni védelmet külön-külön állítható vagy leengedhető napsugárzás elleni védőeszközzel lehet biztosítani. A természetes káprázáskorlátozásnál a következő körülményeket kell figyelembe venni:

- A káprázás veszélye a használati időben csak egy bizonyos időszakig várható, abban az időszakban folyamatosan változik a mértéke
- A közvetett káprázás a benapozás eredménye
- A káprázásveszély valószínűsége sokkal magasabb az oldalbevilágítók esetében, mint a felülvilágítóknál

- Közvetlen káprázást a látótérben lévő nap, az égbolt vagy valamilyen nagy fénysűrűségű (benapozott) takarás okozhat.

A káprázás leggyakoribb oka a benapozás. A káprázás elleni védelmet benapozás vizsgálattal kell kezdeni, ahol a nappályadiagram alapján a szükséges alaprajzok és metszetek segítségével kell megállapítani, hogy a bevilágító vizsgált pontjából nézve az égbolt milyen része látható. Abban az esetben, ha káprázás elleni védelemre van szükség, az általában valamilyen kiegészítő szerkezettel megoldható. A káprázásvédelem eszközei az esetek nagyrésztében a bevilágítószervezetekhez kapcsolódnak. [3]

2.3.2 Benapozás védelmi eszközök

Az árnyékoló szerkezetek feladata az épület egyes tereinek, helyiségeinek vagy meghatározott részeinek védelme a nyári túlzott felmelegedés és annak kedvezőtlen vagy káros (szerkezeti, egészségügyi, gazdasági) kihatásai, következményei ellen. Tehát a nap sugárzási energiájából származó nyári hőterhelésnek a megkívánt (vagy előírt) mértékű csökkentése. Mindezek tudatában az ablakokat azért tervezik, hogy természetes fény jusson be a belső terekbe és vizuális kapcsolatot teremtsenek a külvilággal, de a bevilágító és az árnyékoló szerkezetek kapcsolatát csupán termikus szempontok alapján veszik figyelembe. Mivel általános esetben az árnyékolók kapcsolódnak a bevilágító szerkezetekhez, ezek mind a vizuális, mind pedig a termikus hatásokat is befolyásolják. Az árnyékoló szerkezetek beépítésével az a cél, hogy megfelelő komfortérzetet biztosítsunk. A korlátozó szerkezetek helyes megválasztása -esztétikai célokat is kiszolgálva- akkor teljesül, ha a belső térben előírt vagy kívánt igényeket egy külső hatás (adottság) esetén is képes kielégíteni. A korlátozás jellege kétféle lehet, annak megfelelően, hogy milyen eloszlást okoz a belső térben: ez lehet homogén és inhomogén:

- Homogén korlátozás: a fény mennyiségét és a fénysűrűségét is egyenletesen korlátozza
- Inhomogén korlátozás: csökkenti a fény mennyiségét, de esetenként zavaró káprázást okozhat.

Az árnyékoló szerkezeteket az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

- Ablak fóliák
- Mozgatható árnyékolószerkezetek
 - mozgatható, de nem forgatható: függönyök (vízszintes mozgítás)
 - mozgatható és forgatható: szalagfüggönyök (vízszintes mozgítás)

- mozgatható, de nem forgatható: redőnyök, rolók (függőleges mozgatás)
 - mozgatható és forgatható: relaxa (függőleges mozgatás)
- Anyagában sötétedő árnyékoló szerkezetek
- Kültéren elhelyezhető, de nem mozgatható (homlokzathoz fixen, vagy attól elkülönülten szerelt) árnyékolók. [11]

3. Parametrikus tervezés

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. A parametrikus tervezésben számos lehetőség rejlik a formatervezésen kívül is [12].

Szoftveres tervezés általánosságban

Az elmúlt években, évtizedekben jelentős előrelépés történt a számítógéppel segített (CAD: Computer Aided Design) tervezési módszerek terén, ami befolyásolta az építészek munkamódszereit is. Az ilyen szoftverekre égető szükség volt, mivel a tervezés digitalizációja után hosszú évekig nem volt olyan program, ami interaktív és egyszerű módon tud építészeti formákat generálni. Fontos megjegyezni, hogy az építészetben a formakeresés nem egy számítógépes folyamat eredménye, melyben logikai lépések megadott sorrendben történő végrehajtásával definiálható az optimális forma. A mai napig skiccekkel és tanulmány modellekkel próbáljuk kitalálni a megfelelő architektúrát. A tervezők elemzik a követelményeket és kritériumokat, de a forma megtalálásában jelentős szerepe van az intuíciónak. Ennek értelmében a számítógép csak egy olyan eszköz lehet, ami a már megtalált kreatív gondolat feldolgozására szolgál. Az építész tervez és vezérel, a gép az eszköz, aminek a segítségével egyszerűbben tervezhet.

Természetesen több olyan programot is találunk, ami kielégíti bizonyos igényeinket a tervezéssel kapcsolatban, ezekben lehet vonalasan rajzolni 2D-ben, lehet modellezni 3D-ben, lehet analíziseket futtatni, de minden ilyen programnak van egy nagy hátránya is, mégpedig a modellek folytonossága. Ez azt jelenti, hogy a már meglévő terveken nehéz a módosítás, nem lehet egyszerűen több verziót generálni, folyamatosan változtatnunk kell a programokban lévő eszközök segítségével.

Az mai építőiparban van egy másik égető tényező, ami befolyásolja a tervezési folyamatot, ez az idő, hiszen rendkívül gyorsan haladnak az építési munkálatok csak úgy, ahogy a tervezés is, ezért az oda-vissza javítás és korrigálás rengeteg időt von el a folyamattól. Lényegében ezek azok a legfontosabb aspektusok, amik sok esetben szükségessé teszik a parametrikus tervezés alkalmazását az építészetben is. [13,14]

3.1 A parametrikus tervezés definíciója

Ahhoz, hogy megértsük a parametrikus tervezést először foglalkozzunk magával a szóval. A parametrikus szó a paraméter kifejezés derivátuma. A paraméter két görög szóból áll össze, amik a para és a metron. A para jelentése tulajdonképpen segédként vagy kiegészítőként értelmezhető. A metron szó a mérést, illetve mérni valamit jelent. Matematikailag értelmezve a paraméter egy meghatározott mennyiséget jelent, amit különböző esetekben vizsgálunk. Más értelmezésben a paraméter egy olyan konstans elemet jelenthet, amely egy adott faktorhoz tartozik. Ebben is az elem egy mérhető mennyiség és a faktor egy speciális eset, amiben ezt a mennyiséget vizsgáljuk. Ezekből az értelmezésekből kiderül, hogy a paraméter egy olyan mérhető faktor, ami egy adott rendszerben vagy kontextusban van vizsgálva. [13]

A kifejezés másik fele a dizájn, azaz tervezés szót használja. A tervezés egy olyan cselekvés, amelyben egy személy valamilyen mérnöki, műszaki munka, gyártási folyamat terveit készíti el, legalábbis a műszaki nyelv esetében. Természetesen ez a szó jóval többre utal ennél, hiszen a mai világban már több kreatív folyamatra alkalmazhatjuk. A dizájn persze tovább is gondolható hiszen nemcsak materiális dolgokra használhatjuk már, hanem elméletben is, például különböző természettudományi területek előszeretettel használják. [13]

Építészetben a tervezés szó egy problémára való refleksiót jelent. A probléma nem feltétlenül egzakt, ezért a megoldását is és a tervezési módszert is magába foglalja. Több olyan mondat is elhangzott már a történelemben, amiben a tervezés fogalom jelentését fejtették ki. Ilyen például Lawson [13] kijelentése, miszerint a tervezés egy olyan folyamat, amiben keressük a problémát, hogy aztán megoldást nyújtsunk rá. A másik nevesebb jellemzés Gerotól származik, szerinte a tervezés magában foglalja a felfedezést és a különböző megfelelő opciók megvizsgálását. [13]

Ezekben az olvasatokban úgy tűnhet, hogy minden modell parametrikus. De a parametrikus tervezés inkább egy olyan módszerként jelenik meg, ami a formai és műszaki igények

módosításával rengeteg alternatívát kínál egy adott problémára, kihasználva a számítógépes feldolgozás kínálta számítási kapacitást. [15]

A computer aided design (CAD) gyakran felvértezett már egy application programming interface-szel (API-val), azaz alkalmazásprogramozási felülettel, ami egyfajta parametrikus funkciót ad a már megszokott tervező programoknak egy egyszerű felhasználói felület létrehozásával. Ezekben az addíciókban gyakran kapunk egy olyan felületet is, ami alkalmas lehet programozásra, ebben scriptekkel tudjuk meghatározni egy faktor adott helyzetben való vizsgálatát. Ezek a módosítások több lehetséges megoldást ajánlanak nekünk az általunk létrehozott algoritmusok alapján a felmerülő problémára. [13]

3.2 A parametrikus tervezés modern története

A parametrikus fogalom használata visszavezethető a 19. századra, ekkor főként a matematikában használták háromdimenziós modellekre. Ebben az időben sok folyóirat és újság publikált tanulmányokat, amik a természettudományos összefüggéseket használták fel parametrizálásra. [16]

A 20. század második felében a parametrikus fogalom az építészeti szférában is elfoglalta a helyét. 1960-ban Luigi Moretti foglalkozott a parametrikus tervezéssel, ebben az évben bemutatta egy parametrikus stadion nevű munkáját a nagyérdeműnek. 1965-ben, akkoriban elképzelhetetlen módon, megtervezte a Watergate komplexumot számítógép segítségével. Később egy írásában elmagyarázta ennek a komplexumnak a paramétereit és az azok közötti kapcsolatot. [16]

1960-ban Ivan Sutherland számítógépeket használt, hogy létrehozzon egy digitális modellt, amivel aztán egyszerűsíteni és gyorsítani tudta a különféle parametrikus egyenletek megoldását. Ő fejlesztette ki az első CAD programot, a Sketchpadot. Ő nem kimondottan parametrikus értelemben használt szoftvert, ő inkább a faktorok közötti kapcsolatot elemezte parametrikus kapcsolatok alapján. [16]

Az első ember Charles M. Eastman volt, aki az épületleíró rendszerrel (Building Description System - BDS) és a „Building Product Modeling” -gel (BPM) foglalkozott. Később ezt keresztelték át épületinformációs modellezésre. Ő hozta be az építőiparba a Building Information Modelling (BIM) fogalmát, ami egy 3D-s modellépítő módszertan lett.

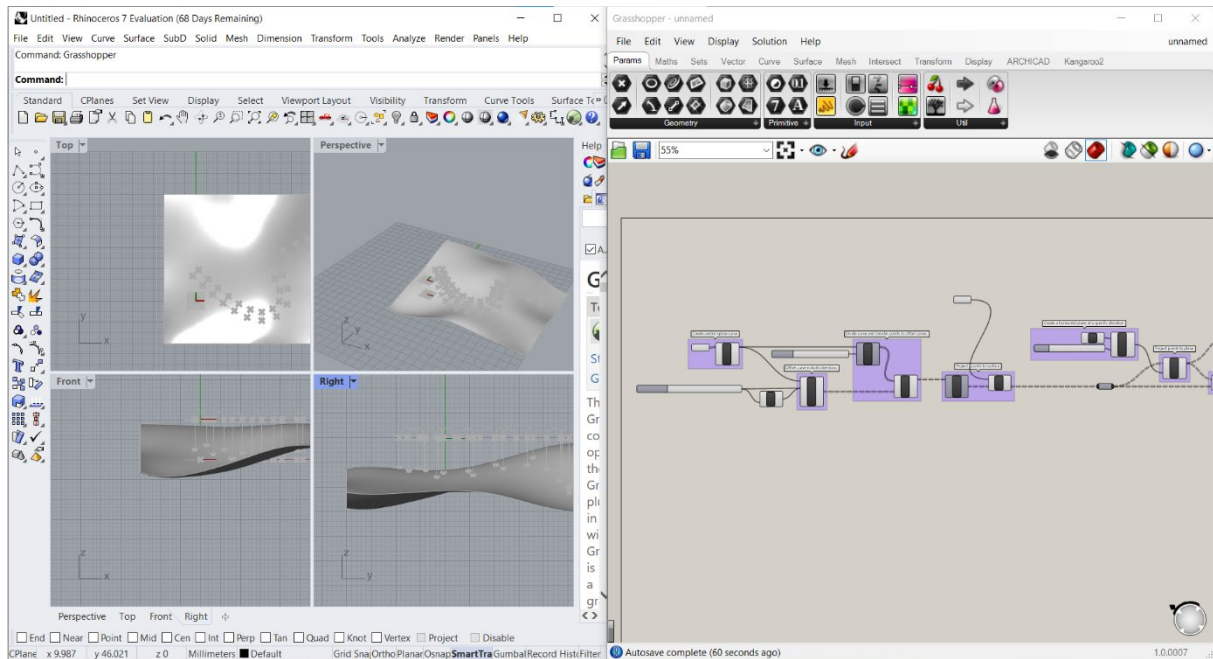
A CAD programok hajnalán nem volt megengedhető, hogy minden tervező számítógépet használjon. A nagy áttörés 1982-ben történt, amikor megjelent az AutoCAD nevű szoftver, ekkor már az átlagember is megtehetette, hogy számítógépet vásároljon magának. Ám ekkor még parametrikus funkciók nem voltak a programhoz rendelve, ezek csak később 2010-ben lettek hozzáadva. [16]

A legelső parametrikusan is használható mérnök program a Pro/Engineer volt, amit 1988-ban készített Samuel Geisberg. A SketchPad-dal ellentétben ez egy háromdimenziós tervező program, amit egyszerre több felhasználó is tud közösen használni. 1993-ban több olyan funkcióval bővült a Pro/Engineer, amelyet parametrikus tervezéshez lehet használni, ilyen például a CATIA, amit a Dassault Systèmes francia programozó cég fejlesztett ki. A Gehry Partners, Frank Gehry építészirodája maximálisan kihasználta a program adta lehetőségeket, többek között a Guggenheim Museumnál Bilbaoban a korai 90-es években. Ezek után az iroda egy fejlesztői osztállyal bővült, ami tovább fejlesztette a CATIA programot, aminek a Digital Project nevet adták 2004-ben. [16]

Ahogy beköszöntöttek a korai 2000-es évek, úgy következett egy robbanásszerű programfejlesztési hullám. Ekkor a parametrikus funkcióval rendelkező programok nagyobb teret nyertek, például az ArchiCAD és a Revit, illetve az AutoCAD, ami az egész AutoDesk termékcsaláddal kiegészülve volt használható. Ezeknek a tervező programoknak van külön integrált parametrikus tervezésre szolgáló felülete. Ezen a felületen a parametrikusan megtervezett objektumok tárgyként kerülnek a programba, amik ezek után csak lokálisan állíthatóak. Hasonló a kiegészítő szoftverekkel történő parametrizálás is, azzal a különbséggel, hogy ebben pedig globális, az elemek egymással való kapcsolata is, így az egész modell dinamikusán változtatható, ami az egyik legnagyobb előnyük.

Az ilyen fajta kódokkal való tervezés továbbfejlesztése volt a különböző interfészek létrehozása, amelyek bizonyos kódnyelv befogadására lettek képesek. Ezeket aztán még tovább fejlesztették és létrejöttek a vizuálisan kódolható felületek, amik a nem programozó, illetve a kódnyelvekhez kevésbé értő közösséget is célozták. Természetesen ez volt az a fontos áttörés, amikor a leginkább kezdtek terjedni, hiszen ezeket vizuálisan már viszonylag egyszerű volt megérteni. Az építészek manapság már nem szorulnak be a tervező programok közé és bátran használnak olyan programokat, melyek nem igazán építészetre lettek kifejlesztve. Ilyen program például a 3D Studio Max, a Maya vagy a Rhino, amik mind parametrikusan, grafikus felület segítségével programozhatóak. Ezeknek a programoknak külön parametrikus programcsomagot adtak,

amelyben a vizuális vagy a scriptekkel való kódoláson volt a hangsúly. Ezek a csomagok a Rhinohoz a Grasshopper (5. ábra), a Mayához a Maya Embedded Language (MEL), az ArchiCADhez a param-O és a Max Creation Graph a 3DSMaxhoz. A Revithez mint tervező programhoz is kikerült egy ilyen programcsomag, amit Dynamonak neveztek el és vizuálisan programozható felületet nyújt, amit a Revittel tudunk használni, illetve tudunk Python scripteket is írni benne. [13, 16]



5. ábra Rhino Grasshopper (saját)

Parametrikus építészet

Habár a parametrikus gondolkodás már egy meglévő tervezési módszer volt a felmerülő formai problémák megoldására, a komplex parametrikus CAD programok vagy CAD segédprogramok az elmúlt két évtizedben annyira nagy fejlődésen mentek keresztül, hogy a problémák megoldásai mellett már komplex geometriai formák keresésére és kialakítására is alkalmassá váltak. Ezt hívhatjuk parametrikus tervezésnek vagy parametrikus építészetnek. Tehát ezek a már meglévő tervet fejlesztő vagy segítő programok odáig fejlődtek, hogy már önállóan használhatóak formakeresésre és kimondottan tervezésre is. [16]

A parametrikus építészetben egy olyan rendszert használunk, amelynek vázszerkezete saját magára reflektál olyan elemekkel, amelyek egymáshoz vannak rendelve matematikai egyenletekkel vagy egyenletrendszerekkel, ezzel egy hálózatot építünk fel, ahol minden elem kapcsolatban áll egymással, és a paramétereket általunk megadott intervallumokon belül változtathatjuk, így a teljes modell dinamikusan változik. Ezekben a rendszerekben nagyon kevés vagy egyáltalán nincs jelen olyan elem, ami egy valóságos változó lenne. Ezek a valóságos

változók olyan egységek, amelyek egy meghatározott értéket képviselnek. Szubjektív véleményünk szerint ez a jelenség az oka annak, hogy a modern építészet kezd elhatárolódni a természettől és a poétikus jelentéstartalmától és inkább gondolkodik matematikai egyenletekkel leírható, minél érdekesebb és extravagánsabb formák keresésében. Ennek ellenére természetesen az algoritmusok által generált formákban is keressük a jelentést, illetve a szellemi értéket, ha ez meghatározható. [16]

Felmerül a kérdés tehát, hogy ezek az előbb leírt generált formák, amelyek geometriailag rendkívül komplexek, de matematikailag korrektek, kell-e, hogy jelentést hordozzanak magukban? A válasz nagyon nehéz, hiszen ezek a formák komplexitásukból adódóan érzelmileg is hatnak ránk, de a mi olvasatunkban, az ilyesfajta formagenerálás leginkább a rohanó világra reflektál, illetve az egyre növekvő építészeti megfelelés kényszerére. [16]

4. Benapozásvizsgálat parametrikus tervezéssel

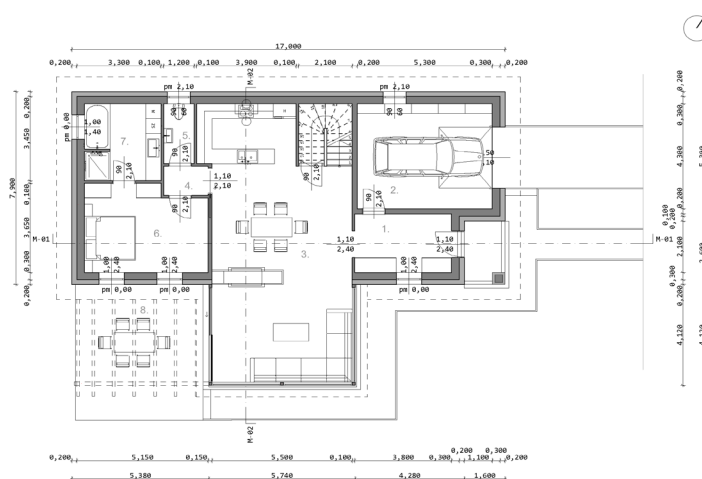
4.1 Előzmények

Ahogy korábban említettük, jelen dolgozatunk az előző féléves kutatásunk folytatása. Az előző pályamunkánk a „VR alkalmazása az építészetben” címet kapta. 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, utánanéztünk a legfontosabb történelmi mérföldköveinek. Számos szakirodalmat feldolgozva és a mérnökökkel való beszélgetésre hivatkozva egy átfogó képet kaptunk a VR és egy kicsit az AR használatáról, de mi magunk is szeretnénk volna meg tapasztalni és kipróbálni, ezért egy saját tervezésű épület modelljének készítésén keresztül próbáltuk ki a technológiát és vizsgáltuk annak felhasználhatóságát munkánk során (6. ábra). A modellezés közben a VR használata rendkívül hasznosnak bizonyult, az eleinte megjelenő problémák ellenére. Legnagyobb problémánk a megfelelő programok kiválasztása és az azok közötti kapcsolat létrehozása volt. Végül viszont akkori tudásunkkal nem tudtuk kielégítően használni, ezért a témát csak részlegesen érintettük. A tervezéshez és a modellezéshez egyaránt az ArchiCAD 24 szoftvert használtuk. Ebben a programban hoztuk létre a 3D-s modellünket, illetve a modell alapján generált építészeti dokumentációit az épületnek (7. ábra). Mivel az ArchiCAD nem alkalmas arra, hogy a 3D-s modellt megjelenítse VR módban, ezért

el kellett kezdenünk más alternatívák után kutatni. A modell további textúrázását, illetve a belsőépítészeti elemeinek elhelyezését már Twinmotion-ben végeztük el (8. ábra). A Twinmotion egy olyan látványtervező szoftver, aminek segítségével meg tudtuk jeleníteni az épületet VR-ban.



6. ábra Munkaközi látvány (saját)



7. ábra Földszinti alaprajz (saját)



8. ábra Utcai homlokzat (saját)

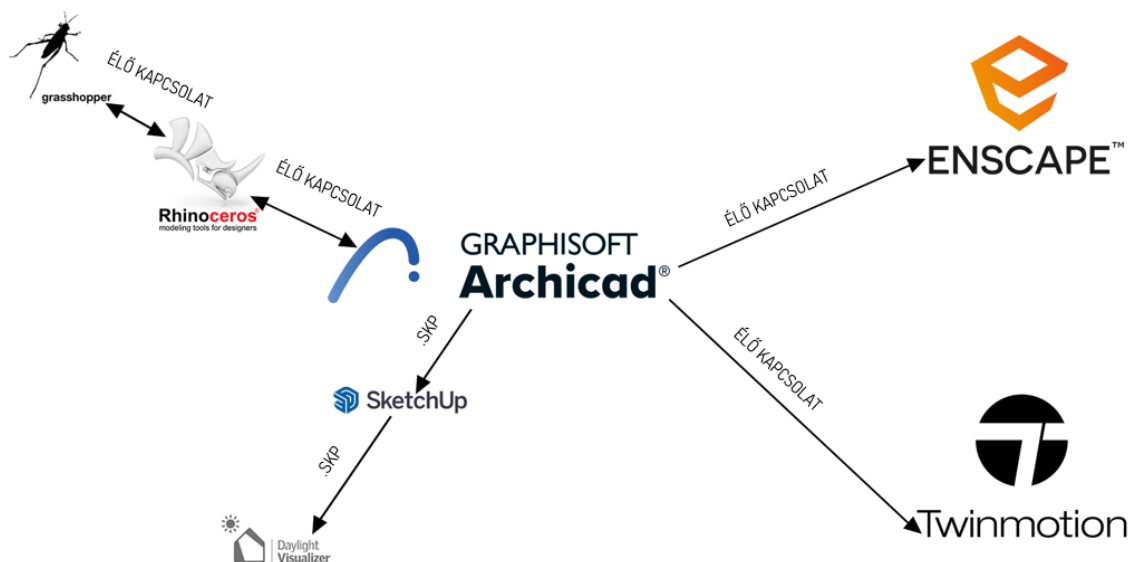
4.2 Kutatási célok, kutatási kérdés

Legfőbb kérdésünk az volt, hogy a nyílászárók méretének és elhelyezkedésének meghatározásával, tudjuk-e optimalizálni az épület energiahatékonyágát, illetve a belső tér megvilágításának mértékét és az ebből adódó komfortérzetet, ezzel egy átfogó képet adva a téma fontosságának. Kutatási célunk volt továbbá annak a vizsgálata, hogy egy családi ház léptéknél egy részprobléma, azaz a benapozottság vizsgálata esetén miként és mennyire hatékonyan lehet a segítségünkre a parametrikus tervezés. Céljaink közé tartozott, hogy a lehető legtöbb vizsgálatot végezzük el és ebből a legoptimálisabb variációkat térképezzük fel és válasszuk ki. Árnyaltabban, de céljaink közé tartozott a saját érdeklődési körünk kielégítése, azaz, hogy megtapasztaljuk milyen egy parametrikus programmal dolgozni. Továbbá ezzel a kutatással szerettünk volna reflektálni a jelenlegi gazdasági és szociális helyzetre.

4.3 Használt programok

Az előző kutatásunkban az épületmodell ArchiCAD-ben készült ezért döntöttünk úgy, hogy a modellt megtartjuk ArchiCAD-ben, és ezen keresztül végezzük el a parametrizálást. A parametrikus munkarészt a Grasshopper nevű programban végeztük el, ami jelenleg már a Rhinoba van integrálva. A programok közötti kommunikációt „élő kapcsolaton” keresztül tudtuk megoldani, ezáltal a különféle változásokat könnyedén tudtuk vizsgálni ArchiCAD-ben. Mivel gyakorlatilag három programot kellett összecsatlakoztatnunk folyamatos szinkronizálással, ezáltal ebben a kapcsolatban több zökkenővel és hibával találkoztunk, amiket a későbbiekben fogunk részletezni. A nyílászárók méretének, illetve elhelyezkedésének parametrizálását a Grasshopper segítségével végeztük el, majd a helyiségeket a Velux Daylight Visualizer benapozás vizsgáló programjával, illetve VR segítségével is megvizsgáltuk. A VR-on belül a cél az volt, hogy esztétikai szempontból is meg tudjuk vizsgálni az elhelyezett nyílászárókat, illetve ki tudjunk alakítani egy szubjektív véleményt a beérkező fény mennyiségéről. A Velux Daylight Visualizer pedig számszerű adatokat biztosított számunkra a megfelelő, objektív összehasonlításhoz. A modell VR-ban való megjelenítéséhez az Enscape nevű render programot használtuk. Előző kutatásunkban a Twinmotion látványtervező szoftvert használtuk, de az Enscape-nek alacsonyabb az erőforrásigénye. Mivel már 4 program folyamatos szinkronizálására van szükségünk ezért szempont volt, hogy kisebb erőforrás igénye legyen a megjelenítő programnak, mivel a hardver kapacitásunk az első próbálkozások alkalmakor nem tudta elkezdni a Twinmotion szoftver

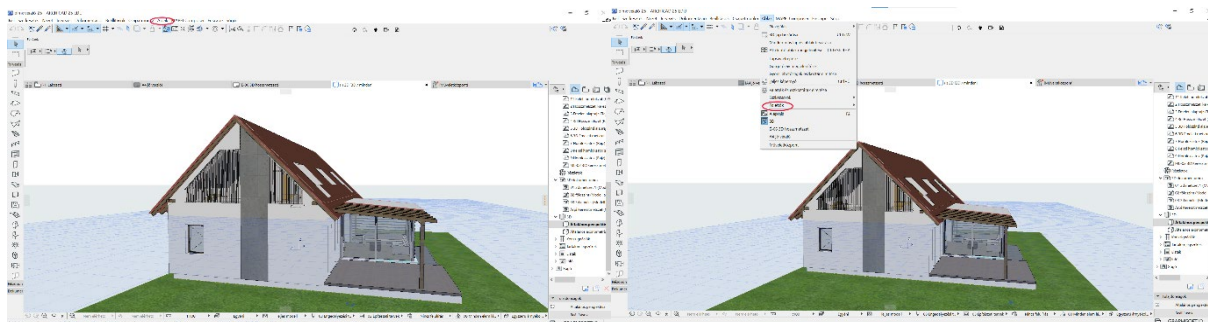
futtatását, illetve jelen kutatásunkban az sem volt cél, hogy élethű tereket hozzunk létre, ezáltal a gyengébb megjelenítő képességű Enscape is teljesen megfelelt céljainkra. Viszont a későbbiekben többszöri próbálkozás után sikerült kapcsolatot létesíteni a programok között, ezért a Twinmotion programot is tudtuk használni az Enscape mellett. Használt programok tehát a következők: Archicad 25; Rhino 7; Grasshopper 1.0.0007; Enscape 3.4.2. Twinmotion 2022.2 (9. ábra)



9. ábra Az általunk használt programok (saját)

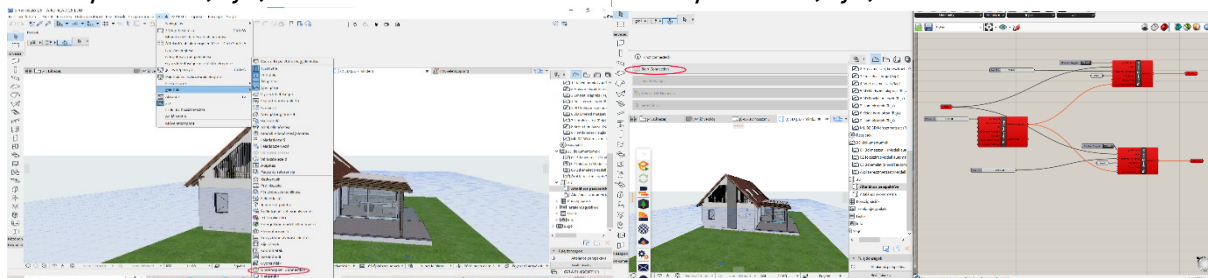
Programok összekapcsolása

A tervező programok (Archicad-Grasshopper-Enscape) összekapcsolását a 10-13. ábrákon mutatjuk be.



10. ábra Archicad-Grasshopper-Enscape összekapcsolása 1 (saját)

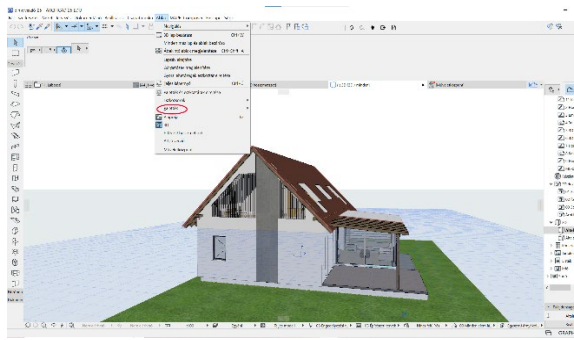
11. ábra Archicad-Grasshopper-Enscape összekapcsolása 2 (saját)



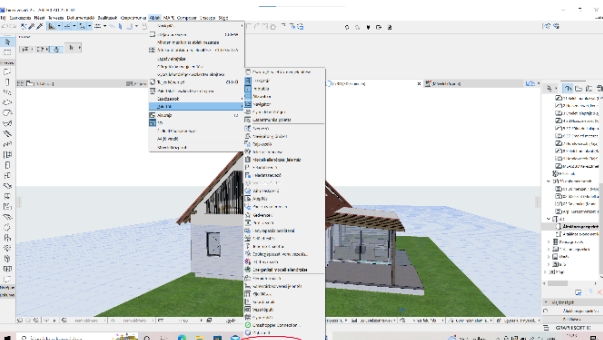
12. ábra Archicad-Grasshopper-Enscape összekapcsolása 3 (saját)

13. ábra Archicad-Grasshopper-Enscape összekapcsolása 4 (saját)

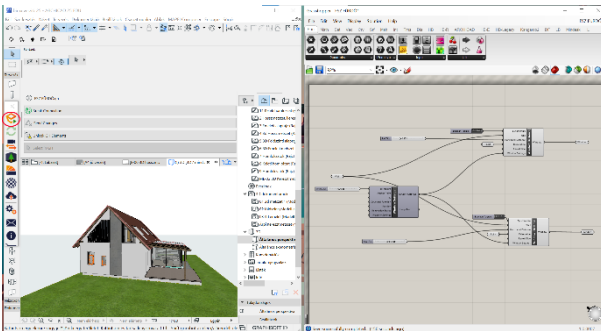
Következő ábrákon (14-17) keresztül szeretnénk bemutatni azt is, hogy a már parametrizált modellt hogyan lehet megjeleníteni VR-ban.



14. ábra Megjelenítés VR-ban 1 (saját)



15. ábra Megjelenítés VR-ban 2 (saját)



16. ábra Megjelenítés VR-ban 3 (saját)



17. ábra Megjelenítés VR-ban 4 (saját)

Továbbá egy videó (18. ábra) segítségével szeretnénk bemutatni, ahogyan VR-on keresztül vizsgáljuk a modellt, és a nyílászárókat parametrikusan változtatjuk:



18. ábra Parametrikus nyílászáró változtatás VR-ban (saját)

<https://youtu.be/cJd7SljTtJE>

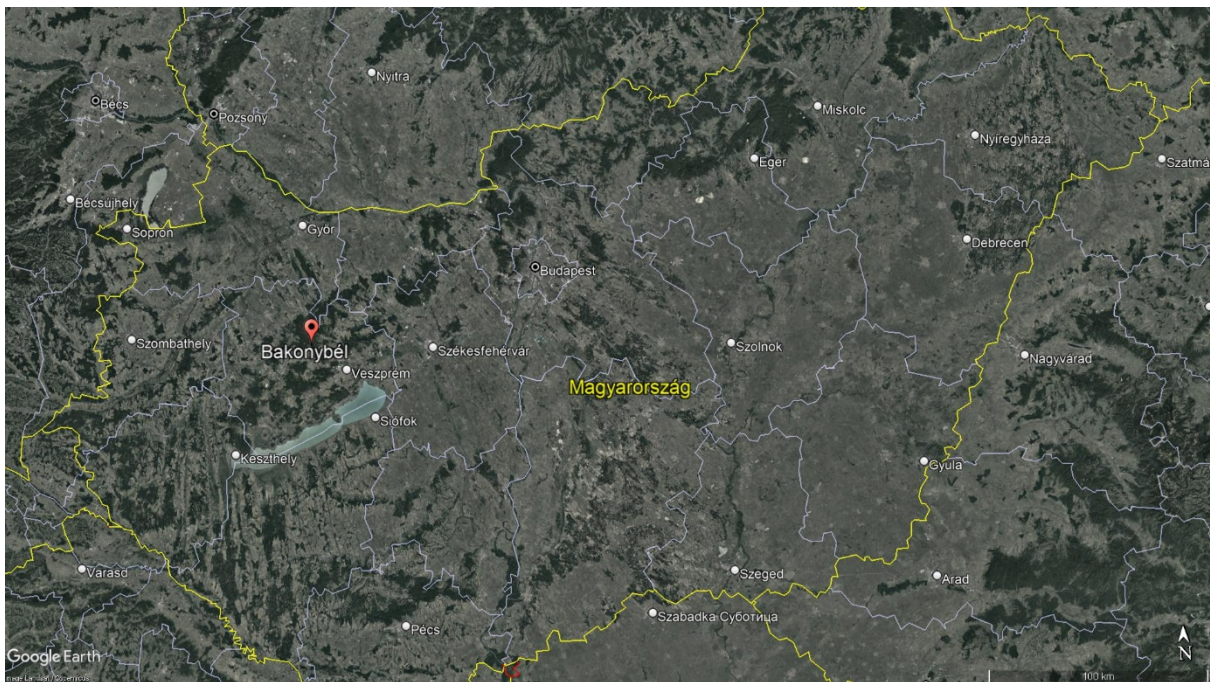
A programok összekapcsolása során számos hibával találkoztunk az élő szinkronizálás létrehozása közben. Ezek elsőként akkor tűntek fel, amikor az ArchiCAD-et a Grasshopper-rel szerettük volna összekapcsolni. Az Archicad többször is összeomlott, illetve olyan problémák is felmerültek, hogy hiába volt elindítva a Grasshopper, az Archicad-en belüli szinkronizáló ablak nem érzékelte. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy ezek a problémák főként csak indításkor jelentek meg, az első összekapcsoláskor. Amennyiben egy Archicad fájlt sikerült összekapcsolnunk a Grasshopper fájljal, onnantól kezdve ezeknek az összeomlásoknak, illetve szinkronizálási hibáknak a száma elenyésző volt. Ezeknek a problémáknak a fő oka a nem megfelelő optimalizáció, mivel ezt a fajta tervezési metódust viszonylag szűk körben használják még, ezáltal a szoftverfejlesztő cégeknek valószínűleg nem is prioritás a programkapcsolatok zökkenőmentes működésének fejlesztése.

Az összekapcsoláson kívül még fontos kitérni a használatból következő problémákra. Kutatásunk célja az volt, hogy meghatározzuk az általunk tervezett ház nyílászáróinak ideális méretét és elhelyezkedését parametrikus eszközök és az azok segítségével végzett benapozásvizsgálatok és VR szimulációk segítségével. Első körben az volt az elképzelésünk, hogy a Grasshopperen belül állítjuk az ablakok méretét, elhelyezkedését. Viszont amikor elkezdtük felépíteni Grasshopperen belül az algoritmust, azzal szembesültünk, hogy nincs arra lehetőség, hogy egy Archicad-ből átvett ablaknak a szélességét, illetve magasságát állítsuk, pusztán az elhelyezkedését, illetve parapetmagasságát tudjuk állítani. Hosszas utánaolvasás után derült ki számunkra, hogy a két program korábbi verzióiban volt lehetőség arra, hogy egy ablaknak vagy ajtónak a magasságát, illetve szélességét tudjuk állítani Grasshopperen keresztül. Egy fórumon találtunk róla információt, miszerint az Archicad 22 (~2018) idején egy frissítés során került ki. [19] Ennek a funkciónak a hiánya problémát jelentett számunkra, orvosolni pedig úgy tudtuk, hogy az Archicad könyvtárkezelőjében hoztunk létre ablakokat GDL fájlként (ez az Archicad tárgyainak a fájlformátuma). Ezek az ablakok fix mérettel rendelkeztek, méretüket úgy határoztuk meg, hogy szokványosak legyenek és ne kelljen egyedi méretű ablakokat alkalmaznunk, ezáltal is próbáltunk megmaradni a realitás talaján, illetve így nem csupán a benapozottságot tudjuk optimalizálni, hanem valamelyest az építési költségeket is. Ezáltal Grasshopperen belül manuális módon ki tudtuk választani, hogy melyik ablakot szeretnénk használni, és a további tulajdonságait az ablaknak (parapetmagasság, elhelyezkedés a falon) már Grasshopperen belül tudtuk parametrizálni, ezáltal létrehozva különböző verziókat, amiket a későbbiekben tudtunk vizsgálni benapozottsági szempontokból. További problémát jelentett számunkra az, hogy a Grasshopper

semmilyen formában nem ismeri fel a tetőablakokat, ezáltal a parametrizálásuk ebben a formában lehetetlenné vált. Ezt a problémát is fontos volt megoldani, mivel a ház fő életterében (nappali-konyha-étkező) a tetőablakok meghatározó szerepet játszanak a benapozottság terén. Ezt úgy oldottuk meg, hogy a tetőszerkezettel azonos vastagságú falat hoztunk létre, amit megdöntöttünk olyan szögben, mint a tető hajlásszöge, ezáltal ebbe a falba tudtunk elhelyezni ablakokat, amiket már tudtunk parametrizálni Grasshopperen keresztül. Így úgymond a tetőablakokat kiváltva tudtuk elérni, hogy a homlokzati nyílászárókhoz hasonlóan tudjuk parametrizálni a tetőablakokat.

Ezeknek a hibáknak a kiküszöbölésével, illetve a programok megfelelő optimalizáltságával ez a tervezési módszer lényegesen felhasználóbarátabb lenne, illetve használata is gördülékenyebb lenne, ezáltal elterjedtsége is nagyobb lehetne.

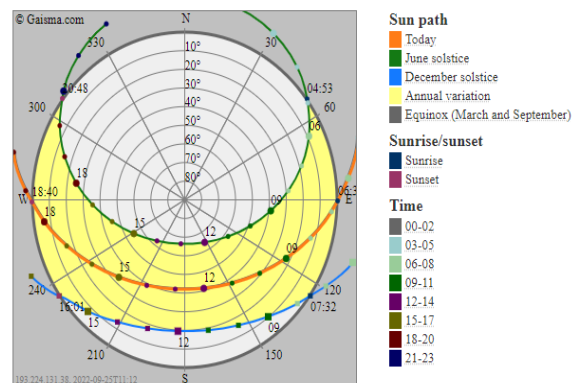
4.4 Benapozás vizsgálatok



19. ábra Bakonybél elhelyezkedése (saját)

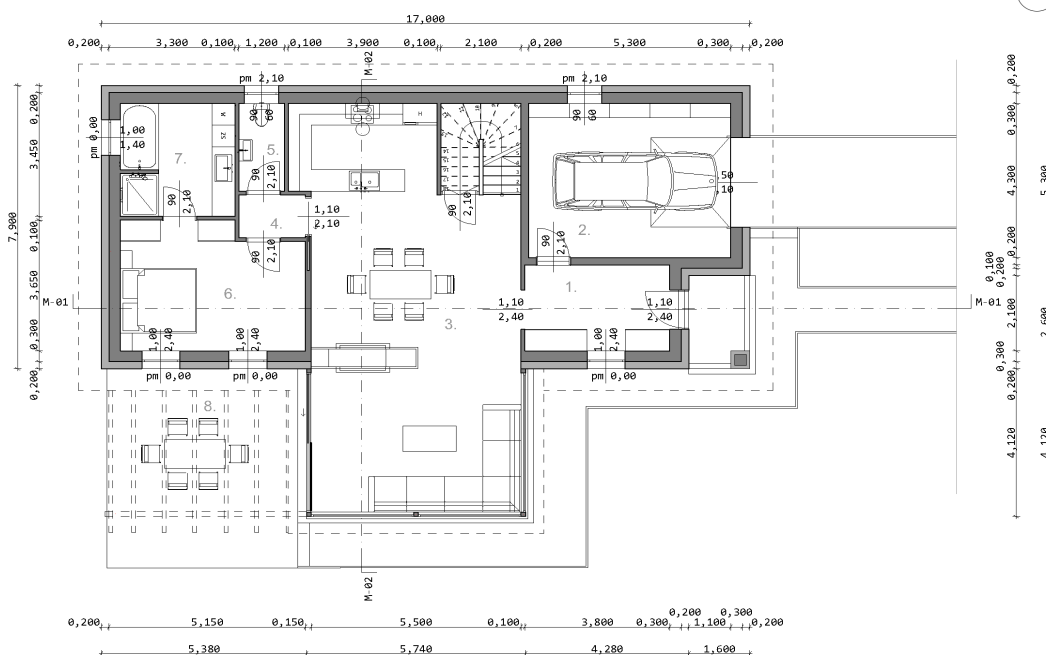
Benapozás vizsgálatnál az elsődleges szempontok, amiket figyelembe kell venni az a helyszín földrajzi elhelyezkedése és a tájolás. A tervezési helyszínünk Bakonybél (19. ábra), ami egy kis idilli község Veszprém megyében, a Zirci járásban. Ez a földrajzi hely miatt fontos, mert a szélességi és a hosszúsági körön való elhelyezkedés határozza meg a nap beesési szögét. A legközelebb fekvő település, amire lekérdezhetőek ezek az adatok Veszprém volt. A tervezési helyszínünkön június 21-én a napsütés maximális beesési szöge 66 fok, míg december 21-én ez az érték visszaesik 19 fokra (20. ábra) [20].

Veszprém, Hungary - Sun path diagram

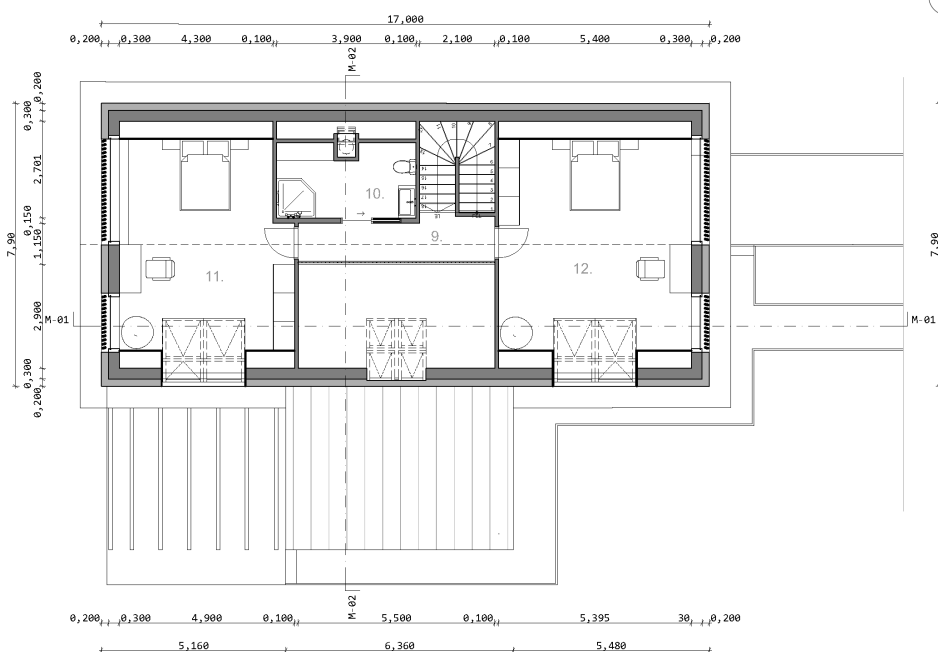


20. ábra Nap beesési szöge [20]

Az épületet úgy terveztük meg, hogy mintaház jelleggel apróbb változtatásokkal adaptálható legyen az ország bármely pontján az oldalhatáron álló beépítésű területeken, viszont merőben eltérjen a szokásos hosszházas elrendezéstől és kiszolgálja a jelenlegi lakhatási igényeket (21-22. ábra). Az általunk kiválasztott telek határozta meg a tájolást. A telek oldalhatáros beépítést tesz lehetővé keleti utcai homlokzattal és déli fő tájolással, ami benapozás szempontjából „ideális”.

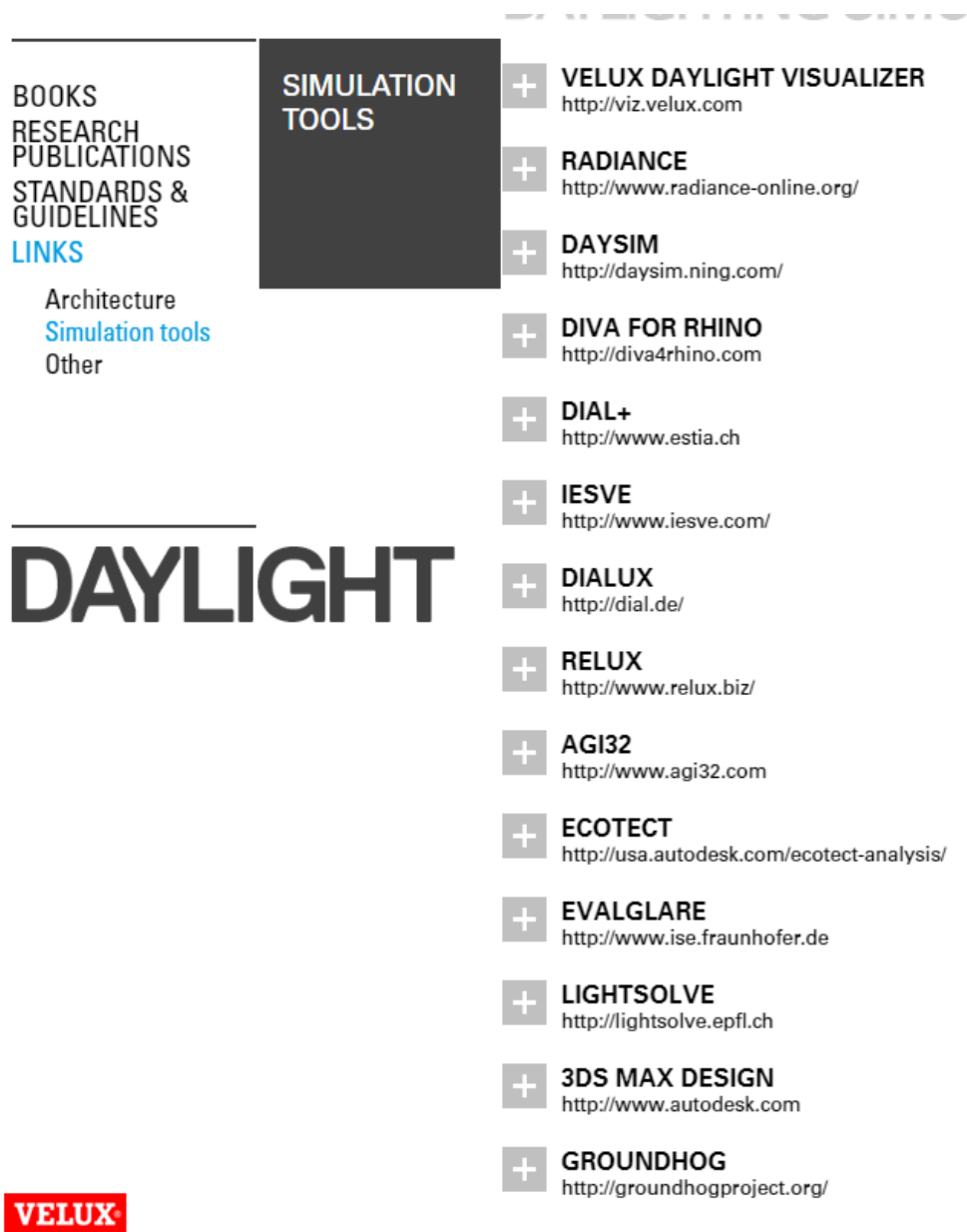


21. ábra Földszinti alaprajz (saját)



22. ábra Emeleti alaprajz (saját)

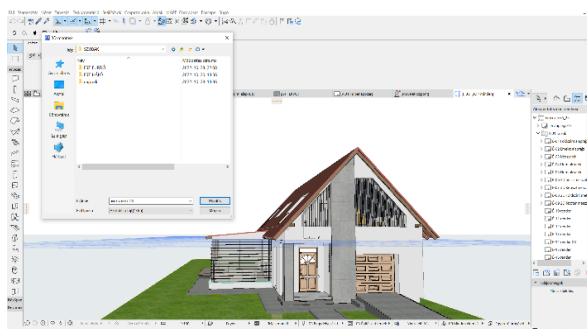
A benapozás vizsgálatok elkészítéséhez elsődleges feladatunk volt megtalálni a megfelelő szoftvert. Az internetes kutatás során körülbelül egy tucatnyi a témánkhoz kapcsolódó programot találtunk (23. ábra), viszont alaposabb körbejárás után a vizsgálatokra való kilátásunk nem volt a legfényesebb. A következő ábrán (23. ábra) látható, hogy a talált felsorolásból alig pár darab működő szoftver volt.



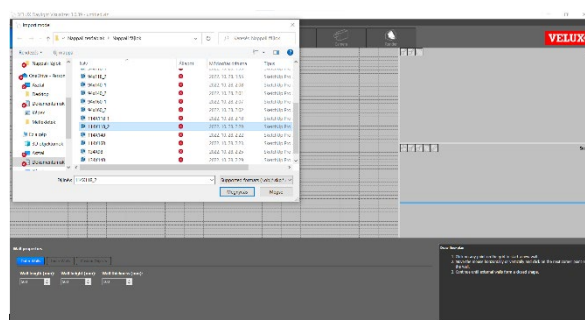
23. ábra Benapozás vizsgáló szoftverek [21]

Számunkra elsöre legalkalmasabbnak bizonyuló szoftver a RADIANCE volt. Ez a program az elmondások alapján VR-ban futtatja le a benapozás vizsgálatot, viszont az utolsó frissítés 2016 környékén jött ki. Megpróbáltuk letölteni és használni, de sajnos nem jártunk sikerrel. Ezek után még utána néztünk pár programnak és végül a Velux Daylight Visualizer mellett maradtunk, mert

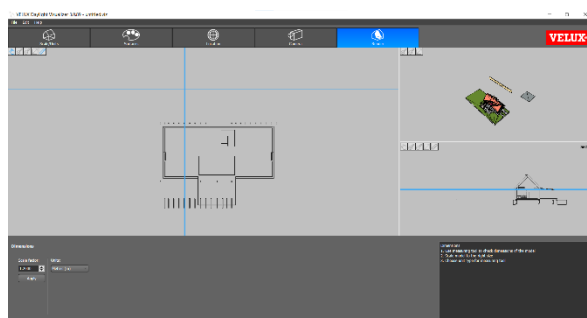
ezt a programot használtuk az előző munkánk során is. Az következő ábrasorozattal (24-31. ábra) mutatjuk meg a benapozás vizsgálat beállítási folyamatát.



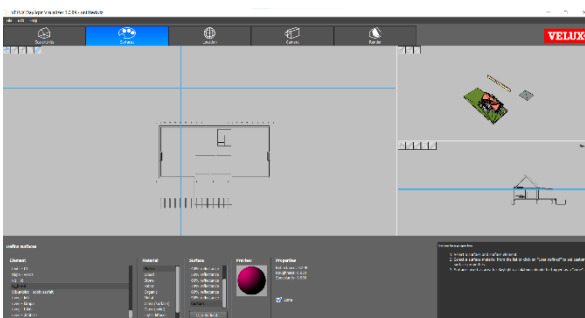
24. ábra Épület mentése skp-ba 1 (saját)



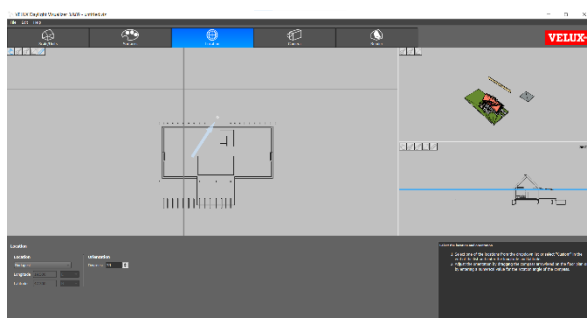
25. ábra Modell importálása 2 (saját)



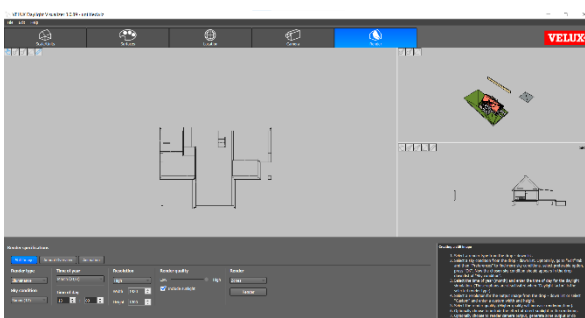
26. ábra Modell átméretezése 3 (saját)



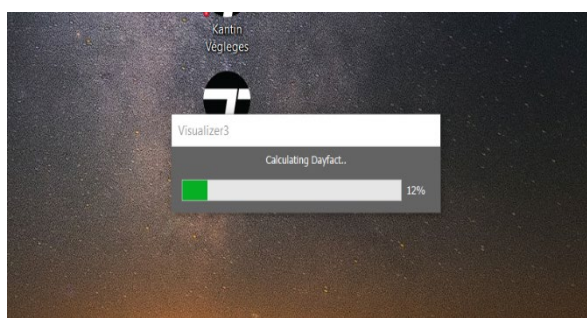
27. ábra Zóna kiválasztása 4 (saját)



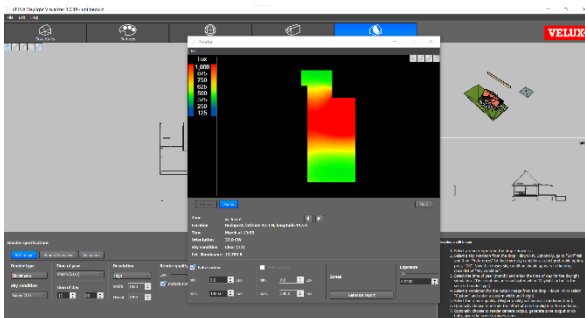
28. ábra Helyszín és tájolás állítása 5 (saját)



29. ábra Időjárás és dátum beállítása 6 (saját)

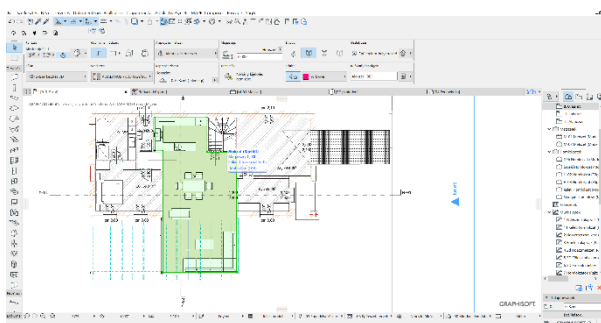


30. ábra Renderelés 7 (saját)

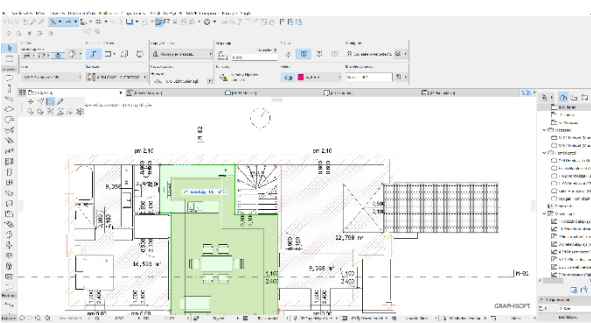


31. ábra Eredmény és szintérkép 8 (saját)

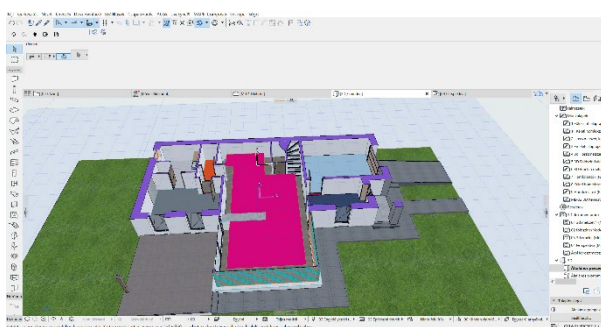
Először alakzatból létre kell hozni a modellben a vizsgálandó felületet, ami 85 centiméterre van a padlószinttől és 50 centiméterre minden határoló szerkezettől [2] majd ezután az ArchiCAD-es modellünket le kell menteni skp (Sketchup) formátumba, mivel a Daylight Visualizer nem támogat túl sok fájlkiterjesztést (skp, dwg). A következő ábrasorozaton (32.-35. ábra) mutatjuk be ezt a folyamatot:



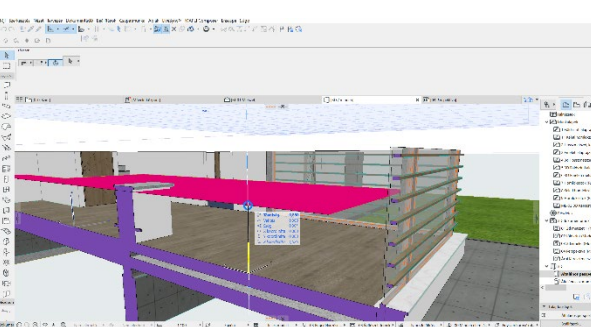
32. ábra Alakzat elhelyezése a vizsgálandó helyiségbe (saját)



33. ábra Alakzat éleinek visszaskálázása 50 centiméterre minden határoló szerkezettől (saját)

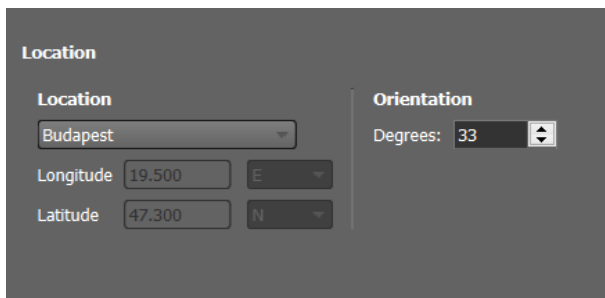


34. ábra Elhelyezett alakzat (saját)



35. ábra A vonatkoztatási felület elemelése 85 centiméterre (saját)

A lementés után tudjuk beemelni a modellünket a programba. A beemelés után vissza kell ellenőrizni a méretezést, mivel az skp formátum lementése után általában elcsúszik a méretezés. A program irányíthatósága nem teljesen felhasználóbarát, mivel nincsenek billentyűparancsok. Mindent, ami irányítással vagy méréssel kapcsolatos azt a parancssorból lehet csak elérni. Ahhoz, hogy pontosan tudjuk lemérni a modellt nagyon rá kell közelíteni, mivel nem dolgozik fogópontokkal. Ezután ki kell számolni hány százalékos nagyítással szeretnénk átméretezni a modellünket. Az átméretezés után a program nem marad az origó pontban, hanem arrébb ugrik, ami rendkívül zavaró. Miután visszaellenőriztük a modellünk méretpontosságát, elkezdhetjük a beállításokat eszközölni. Ki kell választani mit szeretnénk vizsgálni. A mi esetünkben a beérkező fény mennyiségét vizsgáljuk, ezért csak az általunk létrehozott alakzatot választjuk ki, mint vizsgálandó felület, utána beállítjuk Budapestet, mint pontos helyszín (az egyetlen Magyarországi



36. ábra Pontos helyszín beállítása a Velux Daylight Visualizer-ben (saját)

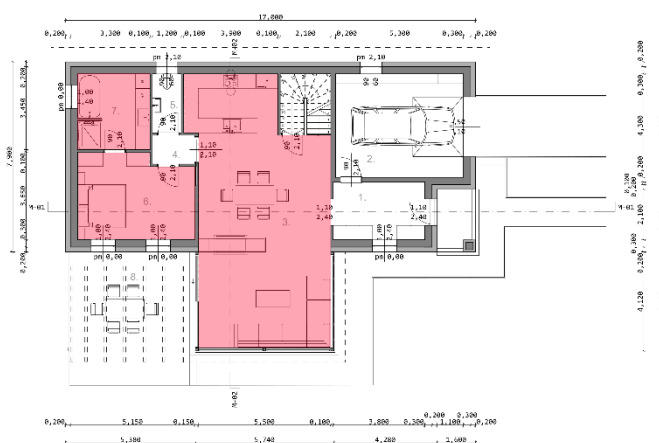
helyszín) és a tájolást, ami a mi esetünkben 33 fok (36. ábra). Végül az utolsó panelon beállítjuk, hogy napos időben délután egykor futtassa le a vizsgálatot a kiválasztott időpontban (március, június, december) magas minőségen az általunk megadott zónában.

Rámegyünk a render parancsra és megvárjuk,

hogy a program kiszámolja az általunk megadott paraméterek alapján. Amikor a vizsgálat elkészült egy panel ugrik fel, ahol kiválasztjuk a „false colour”, azaz hamis színviSSzaadási fület és beállítjuk a skálát az általunk kiválasztott értékre (1000 lux), majd legeneráljuk az eredményeket. Lementés után 2 fájl áll a rendelkezésünkre, egy html fájl, ahol látjuk a vizsgálat számszerű adatait és egy képet a helyiség szintériképével. Itt szeretnénk még kiemelni a program azon hiányosságát, hogy a kinyert számadatokat pusztán html fájlba lehet menteni, illetve a beérkező fény mennyiségről tudunk lementeni egy szintériképet, holott későbbi dokumentációk során egyszerűsíthetné a felhasználást, ha az adatokat ki tudnánk menteni Excel fájlba. Illetve szintén lényeges probléma az adatok mentésénél, hogy alapvetően a vizsgálat után a html fájlban még látjuk a szintériképet, viszont lementés után ez eltűnik, ezáltal az adatokat csak úgy tudjuk vizsgálni, hogy megnyitjuk a html fájlt, amiben találhatóak a számszerű adatok, és mellé megnyitjuk a képfájlt, amin láthatjuk a fény mennyiségeket a szobában.

4.5 A vizsgált variációk

A bevezetésben említett benapozási vizsgálatok közül a pillanat vizsgálatot választottuk, mivel a szimulációs vizsgálathoz a háttéreszközünk kapacitása nem elegendő (magas gépigényű vizsgálat) és emiatt a futtatási időintervallum is magas. A kutatás során az épület alábbi helyiségeit vizsgáltuk részletesen: hálószoba, fürdőszoba, nappali-konyha-étkező (37. ábra).



37. ábra Vizsgált helyiségek

Az általunk kigondolt vizsgálati koncepció körülbelül 200 futtatást (2.-, 3.-, 4.- táblázat) igényelt. Minden opciót 3-szor futtatunk le 3 különböző időpontban: december, március, június. Ezeknek a vizsgálatoknak a futtatási ideje függött a vizsgált helyiség nagyságától, illetve a vizsgálatot futtató hardver paramétereitől. Átlagosan egy futtatás 5-20 percet vett igénybe, utána a mentés és a rendszerezés is 5-10 percet emésztett fel vizsgálatonként. Ezekhez hozzáadódnak a próbafuttatások, illetve a majd későbbiekben említett hiba megtalálásáért futtatott vizsgálatok.

Amikor új otthont épít valaki, vagy a régit újíttja fel, a legtöbb esetben standard ablakméretekkel találkozunk. Az egyedi méretek néha hasznosak ugyan, ám egy felújítás vagy építkezés során, ideális esetben szabvány ablakkeretekkel van dolgunk. Érthető is hiszen sokkal kényelmesebb szabványméretekkel dolgozni, mint az egyedi tervezésűekkel. Persze az egyedinek is megvan a maga előnye, de a gyakori méretű ablakok cseréje egészen egyszerű és két ember akár egy óra leforgása alatt képes lehet kicserélni, ha megfelelően felkészül rá. A gyakori méretű ablakok árban is kedvezőbbek az egyedi tervezésűekhez képest. Ezt azért is jó észben tartani, mert az egyéni méretezésű nyílászárók drágábbak lehetnek a már előre legyártott standard méretű kereteknél. Ha házat építünk, akkor előnyösebb, ha a standard méretekben gondolkodunk. Sokan szeretik, ha a hálósobában is nagy az ablak, bár ezt a valamivel gyengébb hőszigetelés miatt régen nem javasolták. Természetesen manapság olyan professzionális ablakok léteznek, hogy a méret nem ront a hőszigetelési együtthatón sem. Egy hálósoba ablakot nem érdemes 90×120 alá tervezni, de jobban járunk, ha ennél is nagyobb egy picit. Az ennél kisebbek gyakorlatilag mellékhelyiség, fürdő és konyhaablaknak a legelőnyösebbek. A 90×150-es pedig már inkább nappaliba illő méret, már ha természetes fénnel bevilágított nappalit szeretnénk.

Az általunk használt nyílászárók méretei (szélesség × magasság):

- | | | |
|----------|-----------|-----------|
| • 60×120 | • 90×210 | • 120×240 |
| • 60×150 | • 90×210 | • 150×60 |
| • 60×180 | • 90×240 | • 150×90 |
| • 60×210 | • 120×60 | • 150×180 |
| • 60×240 | • 120×90 | • 180×120 |
| • 90×120 | • 120×150 | • 180×150 |
| • 90×150 | • 120×180 | |
| • 90×180 | • 120×210 | |

Ahogy a méretekből látható a nyílászáróknál használt 30-as méretlépcsőt használtuk (Építész tervezők lakóparkok, társasházak esetében költségoptimalizálási okokból, valamint a korábbi korlátozottabb gyártástechnológiai lehetőségek miatt gyakran alkalmaztak járatos vagy szabvány ablak méreteket). Az ablak magasságoknál leggyakrabban a 240-es magasságúaknál 0 centiméteres parapetet használtunk, a 210-es magasságúaknál 30-as parapetet, a 180-as magasságúaknál 60-as parapetet, az ezeknél alacsonyabb szerkezeteknél pedig 100-as parapetet. A fentiekben említettektől kizárólag a fürdőszoba esetén tértünk el, mivel az egy speciális eset. Az ott használt parapetmagasságok: 100, 120, 150 cm.

Az általunk használt tetőtéri ablakok méretei (szélesség × magasság):

- | | | |
|----------|-----------|-----------|
| • 78×98 | • 94×140 | • 134×98 |
| • 78×118 | • 94×160 | • 134×140 |
| • 78×140 | • 114×118 | • 134×160 |
| • 78×160 | • 114×140 | |
| • 94×118 | • 114×160 | |

A tetőtéri ablakok méreteit a Velux gyártó által használt paraméterek alapján modelleztük. Minden tetőtéri ablak esetén 40 centiméteres parapetet használtunk.

A nappali esetén eltértünk a szabvány méretektől, mivel a közvetlen kertkapcsolatot, mint építészeti gesztust fontosabbnak tartottuk. A nappali esetében kizárólag a parapetmagasság lett variálva. A nappalinál 0-ás, 30-as, 60-as, 90-es és 120-as parapetmagassággal futtattunk vizsgálatokat.

2. táblázat Földszinti fürdőszoba futtatási variációi (saját)

FÖLDSZINTI FÜRDŐSZOBA				
VIZSGÁLT ABLAKMÉRETEK (CM)	PARAPETMAGASSÁG (CM)	ELHELYEZKEDÉS	VIZSGÁLT IDŐPONTOK	VIZSGÁLT VARIÁCIÓK SZÁMA (DB)
60X120	100	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC	6
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
60X150	100	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC	6
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
60X180	100	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC	6
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
90X120	100	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
90X150	100	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
120X60	150	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
120X90	150	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
120X150	100	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
150X60	150	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
150X90	150	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
150X120	120	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
VIZSGÁLT VARIÁCIÓK ÖSSZESEN				42

3. táblázat Földszinti hálószoza futtatási variációi (saját)

FÖLDSZINTI HÁLÓSZOBA				
VIZSGÁLT ABLAKMÉRETEK (CM)	PARAPETMAGASSÁG (CM)	ELHELYEZKEDÉS	VIZSGÁLT IDŐPONTOK	VIZSGÁLT VARIÁCIÓK SZÁMA (DB)
60X210	0	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	6
60X240	0	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	6
90X150	0	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	6
90X210	0	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	6
90X240	0	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	6
120X210	0	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	6
120X240	0	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	6
150X180	60	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	3
180X120	100	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	3
180X150	100	1 ABLAK KÖZÉPEN	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	3
VIZSGÁLT ERESZKILÓGÁSOK (CM)	PÁROSÍTOTT NYÍLÁSZÁRÓ	PÁROSÍTOTT ELHELYEZKEDÉS	VIZSGÁLT IDŐPONTOK	VIZSGÁLT VARIÁCIÓK SZÁMA (DB)
40	90X240	2 ABLAK SZÉTO SZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	3
50	90X240	2 ABLAK SZÉTO SZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	3
60	90X240	2 ABLAK SZÉTO SZTVA	1) DEC 2) MÁRC 3) JÚN	3
VIZSGÁLT VARIÁCIÓK ÖSSZESEN				60

4. táblázat Nappali tetősíklablakok mérete és sorolása (saját)

NAPPALI			
VIZSGÁLT ABLAKMÉRETEK (CM)	ELHELYEZKEDÉS	VIZSGÁLT IDŐPONTOK	VIZSGÁLT VARIÁCIÓK SZÁMA (DB)
78X98	1) 4 ABLAK SOROLVA 2) 6 ABLAK SOROLVA	1) DEC	6
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
78X118	1) 2 ABLAK SOROLVA 2) 3 ABLAK SOROLVA	1) DEC	6
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
78X140	1) 2 ABLAK SOROLVA 2) 3 ABLAK SOROLVA	1) DEC	6
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
78X160	1) 2 ABLAK SOROLVA 2) 3 ABLAK SOROLVA	1) DEC	6
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
94X118	1) 4 ABLAK SOROLVA 2) 6 ABLAK SOROLVA	1) DEC	6
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
94X140	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC	6
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
94X160	1) 2 SZÉLSŐ ABLAK 2) 2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC	6
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
114X118	1) 2 ABLAK SOROLVA 2) 4 ABLAK SOROLVA	1) DEC	6
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
114X140	2 ABLAK SOROLVA	1) DEC	3
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
114X160	2 ABLAK SOROLVA	1) DEC	3
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
134X98	2 ABLAK EGYMÁSRA SOROLVA	1) DEC	3
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
134X140	2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC	3
		2) MÁRC	
		3) JÚN	
134X160	2 ABLAK ELOSZTVA	1) DEC	3
		2) MÁRC	
		3) JÚN	

4. táblázat Nappali transzparens felület parapetmagassága (saját)

VIZSGÁLT PARAPETMAGASSÁGOK	VIZSGÁLT IDŐPONTOK	VIZSGÁLT VARIÁCIÓK SZÁMA (DB)
0	1) DEC	3
	2) MÁRC	
	3) JÚN	
30	1) DEC	3
	2) MÁRC	
	3) JÚN	
60	1) DEC	3
	2) MÁRC	
	3) JÚN	
90	1) DEC	3
	2) MÁRC	
	3) JÚN	
120	1) DEC	3
	2) MÁRC	
	3) JÚN	

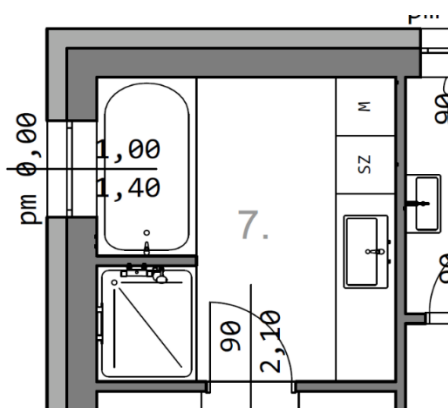
4. táblázat Nappali kiválasztott kombinációk vizsgálatai (saját)

KOMBINÁLT VIZSGÁLATOK				
PARAPETMAGASSÁG	TETŐABLAK MÉRETE	ELHELYEZKEDÉS	VIZSGÁLT IDŐPONTOK	VIZSGÁLT VARIÁCIÓK SZÁMA (DB)
0	114X140	2 ABLAK SOROLVA	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
0	78X98	4 ABLAK SOROLVA	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
90	94X118	6 ABLAK SOROLVA	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
90	114X118	4 ABLAK SOROLVA	1) DEC	3
			2) MÁRC	
			3) JÚN	
VIZSGÁLT VARIÁCIÓK ÖSSZESEN				90

A nappali a transzparens felületek komplexitását tekintve a legösszetettebb volt. Az egyszerűbb átláthatóság érdekében a vizsgálatokat három fő részre bontottuk szét (4. táblázat).

5 Eredmények kiértékelése

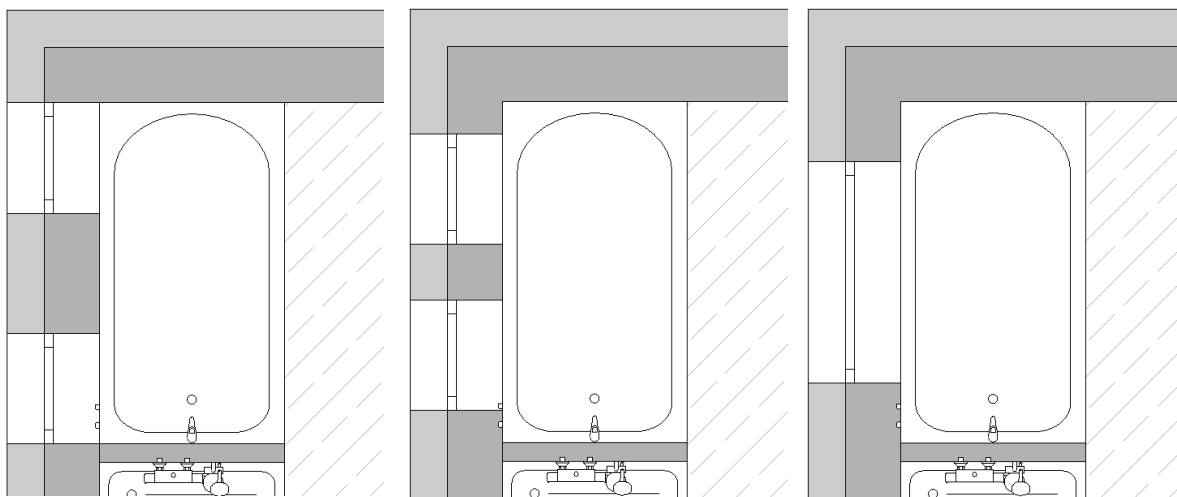
5.1 Földszinti fürdőszoba kiértékelése



38. ábra Földszinti fürdőszoba alaprajz részlet (saját)

A fürdőszoba észak-nyugati tájolású (38. ábra), viszont az oldalhatáros beépítési mód miatt, csak korlátozott méretű nyílászáró helyezhető el az északi homlokzatra, ezért az épület nyugati homlokzatát nyitjuk meg. Benapozás szempontjából a tájoláson kívül a helyiség használata elsődleges tervezési szempont. Egy fürdőszobával másodlagos helyiségként tervezhetünk, mivel nem huzamosabb tartózkodásra szolgáló belső tér. Egy családnormát figyelembe véve a fürdőszobát leginkább a

reggeli órákban (6–8 óra) használják az emberek munka előtti készülődéshez és a délutáni, de inkább esti időszakban (17–21 óra) a tisztálkodáshoz, illetve mosáshoz. Ennek tudatában nem feltétlen szükséges nagy mértékű benapozottságot (pl.: olvasáshoz) biztosítani, ezért kevesebb és kisebb mennyiségű nyílászáróval is könnyedén elérhetjük a kívánt fényességet. A fürdőszoba vizsgálata során 3 típusú nyílászáró elhelyezést vizsgáltunk (39. ábra). Kisebb mennyiségű nyílászáróval is könnyedén elérhetjük a kívánt fényességet.



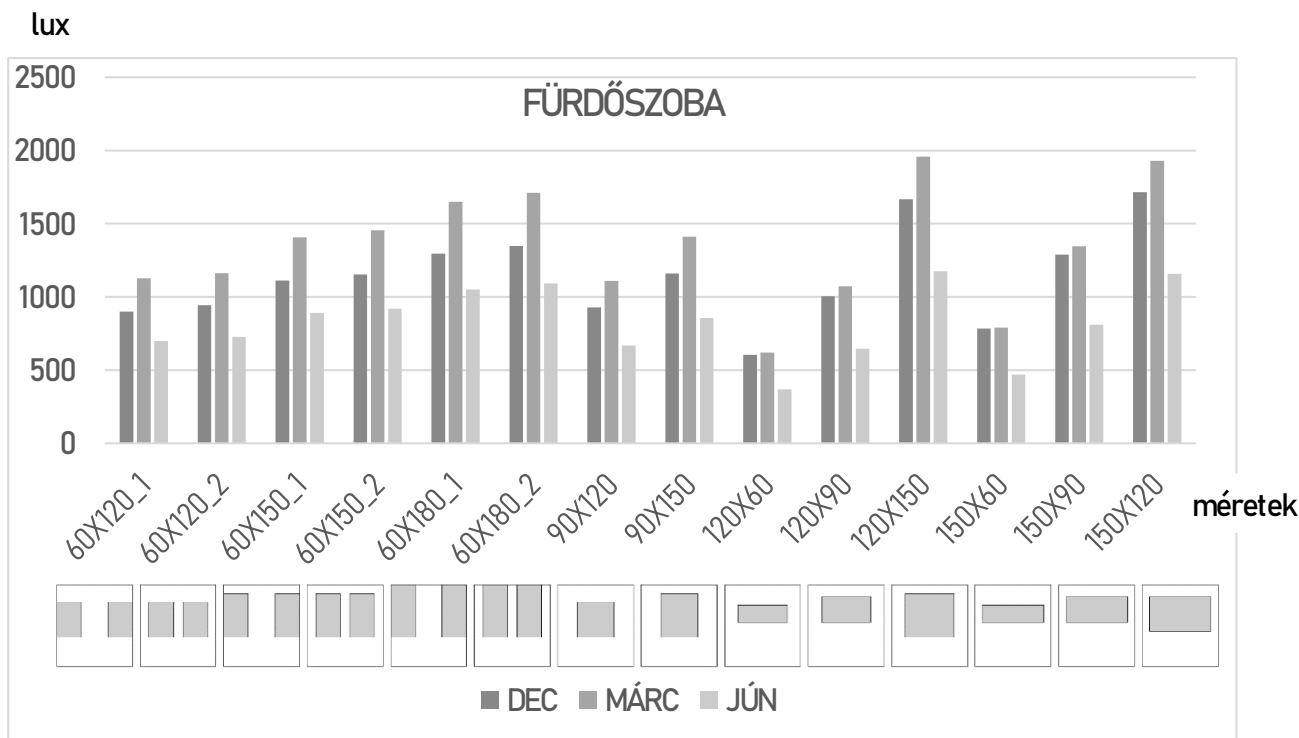
39. ábra Fürdőszoba futtatási variációi (saját)

Első opcióként dupla ablakokat (csak állóablakot) néztünk meg, normál 90 centiméteres parapetmagassággal, a fal két szélső pontjára helyezve. Másodszorra ugyanazokkal a nyílászárókkal futtattuk, annyi eltéréssel, hogy egyenlő távolságra helyeztük el a fal két

végpontjától, illetve egymástól. Legutoljára pedig fekvő tájolású és álló tájolású nyílászárókat helyeztünk el emelt, 100, 120 és 150 cm-es parapetmagassággal, a fal mértani közepére helyezve egy nagy egységes felületű transzparenszel. Elsőként a duplán elhelyezett nyílászárókat vetettük össze egymással, hogy meg tudjuk állapítani melyik elhelyezés az optimálisabb benapozás szempontjából. Az eredmények merőben eltértek a várttól, mivel a különbség 3-5% között mozog az egyenlő távolságra elhelyezett nyílászárók javára. A futtatás előtt ennél magasabb, körülbelül 7-10%-os eltérésre számítottunk (5. táblázat, 40. ábra). Az állóablakok esetén a transzparens felület növelésével egyenesen arányosan nőtt a beengedett fény mennyisége. Az álló ablakoknál a különböző időszakokban mért eredmények egymáshoz való viszonya megfelelő, mivel decemberben és márciusban a beérkező fény mennyisége nagyobb, mint júniusban, tehát optimálisabb a hűtés-fűtés mértéke. A szimpla ablakok egy transzparens felülettel rendelkeznek a fal közepén. A lefuttatott vizsgálatok évszakokra lebontva nagyon hasonlóan viszonyulnak egymáshoz, mint a dupla ablakoknál. A vizsgálat érdekessége, hogy a hasonló méretű transzparens felülettel rendelkező szimpla nyílászárók, körülbelül 50%-kal több fény beengedésére képesek, mint a hasonló transzparens felülettel rendelkező dupla nyílászárók, feltételezhetően az ablakkavák árnyékolása miatt. A szimpla 150×120-as nyílászáró 1666,42 luxot enged be decemberben, míg a nála egy elenyészően kisebb méretű 2×60×150-es dupla nyílászáró csupán 1111,74 lux beengedésére képes. Az azonos befoglaló mérettel rendelkező nyílászáró, de más tájolású ablak között is megfigyelhető egy minimális eltérés (120×150-1666,42 lux, 150×120-1715,51 lux). A fürdőszoba vizsgálatánál nem volt semmilyen takaró szerkezet, a nyeregteretős kialakítás miatt itt nem volt ereszkilógásból adódó árnyékolás.

5. táblázat Fürdőszoba benapozásvizsgálati eredményei luxban

FÜRDŐSZOBA										
ABLAK MÉRETEK		KÉT ABLAK A FAL SZÉLÉN			KÉT ABLAK ELOSZTVA			EGY ABLAK A FAL KÖZEPÉN		
		DEC	MÁRC	JÚN	DEC	MÁRC	JÚN	DEC	MÁRC	JÚN
	60X120	898,75	1126,52	699,18	943,73	1161,86	725,84			
	60X150	1111,74	1406,36	890,13	1153,62	1453,99	918,88			
	60X180	1294,44	1649,67	1049,57	1347,34	1710,98	1092,72			
	90X120							927,59	1108,98	668,16
	90X150							1160,29	1411,19	855,17
	120X60							603,58	620,41	367,75
	120X90							1004,13	1071,39	645,99
	120X150							1666,42	1957,52	1174,09
	150X60							784,63	789,94	469,3
	150X90							1288,83	1345,86	810,26
	150X120							1715,51	1930,1	1156,86



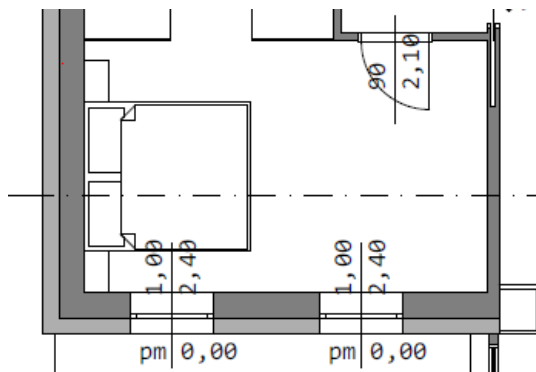
40. ábra Fürdőszoba benapozás mértéke lux-ban (saját)

Vizsgálatunk kiértékelése után kétfajta javaslatot szeretnénk tenni. Az egyik fő szempontja az esztétika, a másikkal pedig a legideálisabb benapozottság. Esztétika szempontjából a 90×120-as nyílászárót találtuk a megfelelőnek, mivel ez illeszkedik a legjobban a homlokzati struktúra kialakításába. Ezzel ellentétben benapozás szempontjából egy fekvő ablakot találtunk a legoptimálisabbnak, a 120×90-et (41. ábra), mivel a decemberi és márciusi benapozottsága közel azonos, ami segít a fűtési költségek mérséklésében és a közérzet javításában, míg júniusban a benapozottság alacsonyabb, ami enyhíti a nyári felmelegedést. Árnyékolás szempontjából nem szükséges radikális megoldásokat eszközölni, a helyiségben alacsony a felmelegedés és a káprázás kockázata, egyedül funkcionális (belátás gátlás) indokból helyeznénk el valamilyen relaxát vagy rolót.



41. ábra Végleges látvány a kiválasztott nyílászáróval (saját)

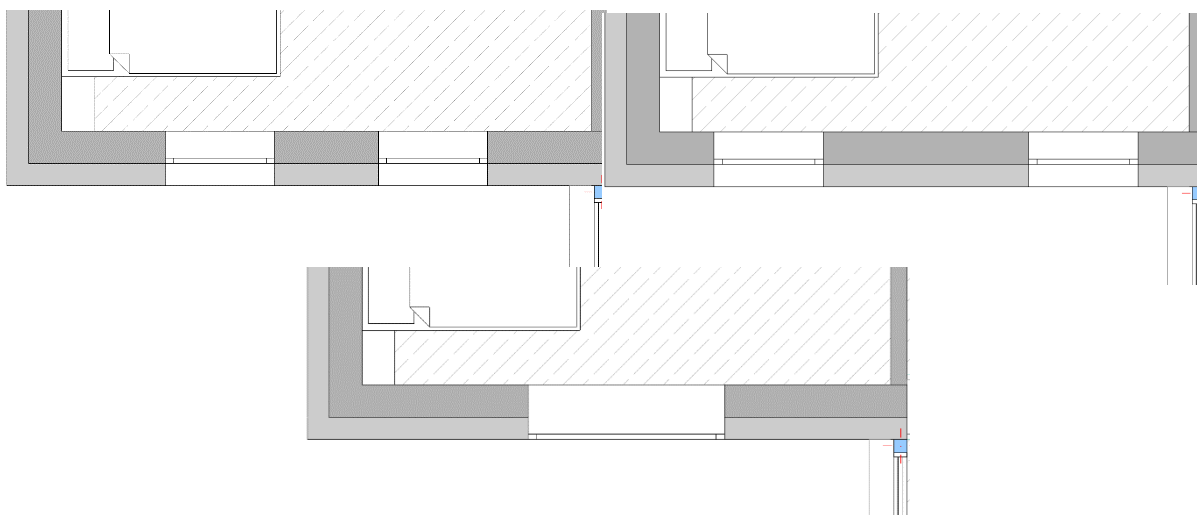
5.2 Földszinti hálószoba kiértékelése



42. ábra Földszinti hálószoba alaprajz részlet (saját)

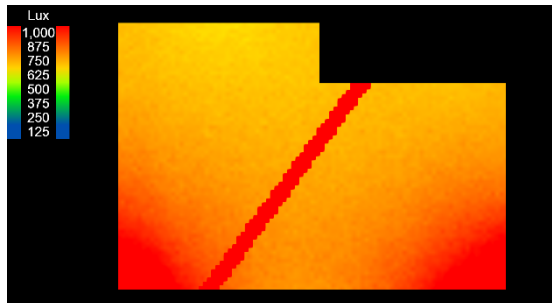
A földszinti hálószoba (42. ábra) déli és nyugati tájolású határoló falakkal rendelkezik. A nyílászárókat bútorozhatósági, homlokzatkialakítási és benapozási szempontok miatt kizárólag déli irányba nyitottuk meg. A hálószoba esetében már beszélhetünk elsődleges funkcióról és betöltött szerepről, mivel az emberek sokkal tágabb időintervallumban vannak a

hálószobájukban az alváson kívül is, de természetesen ez egyén függő. A barátaink és ismerőseink között elvégeztünk egy nem reprezentatív kérdőívet az ő alvási és hálószobában tartózkodási szokásaikról. Az eredmények erősen elmozdultak a két szélsőség irányába. A társaság több mint fele azt mondta, hogy szinte csak aludni jár fel a szobájába, a többi idejét, amíg otthon tartózkodik inkább a közösségi terekben tölti el. A másik csoport már sokkal szélesebb időintervallumot mondott. Ők átlagosan 3-5 órát töltenek a saját szobájukban az alvási időszakon kívül. Mindkét csoportnál hasonló volt az alvás időtartama (6-9 óra). Majdnem minden megkérdezett a beszélgetés során kitért a Covid járvány alatti időszakra, amikor a kialakult helyzet miatt, a megszokottnál több időt töltöttünk otthon, ezáltal lényegesen megnőtt a szobában való tartózkodás időtartama mindegyik válaszoló esetében. Mivel a benapozottság erősen befolyásoló hatással van a közérzetünkre, megkérdeztük az alanyainkat, hogy mekkora szobájuk van és az milyen tájolással rendelkezik. A válaszok alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a szoba mérete és a benapozás erősen befolyásolta a Covid alatti depresszió esélyét. A legtöbb alanyunk keleti tájolású kicsi, vagy normális méretű szobája van és általánosan elmondható, hogy a szobájuk a délután folyamára egyre elsötétült, ezáltal a közérzetük is egyre nyomottabb volt. Ezért is döntöttünk úgy, hogy az általunk tervezett házban dél felé nyitjuk meg a helyiséget ugyanazzal az elrendezéssel, mint a fürdőszobánál (43. ábra).

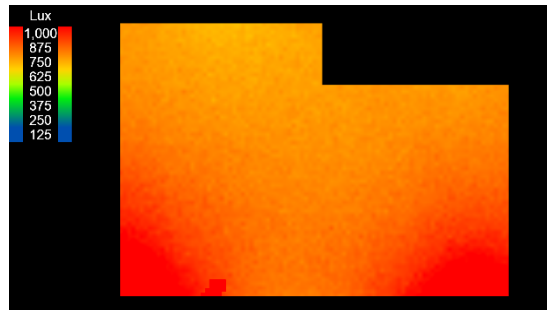


43. ábra Földszinti hálószoza futtatási variációi (saját)

A vizsgálatok során kapott számadatok megegyeztek a vártakkal, viszont a vizsgálatból kinyert színtérképekkel kapcsolatosan komoly aggályaink voltak. Egyedül a 90×240-es nyílászárónál kaptunk egy kiemelkedő számadatot, de a kivizsgálás és újra futtatás után kijavítottuk a hibánkat. A színtérképekkel egy olyan problémánk volt, hogy egy erősen fényes sáv szelte keresztbe a helyiségünket (44. ábra). Ez ellehetetlenítette számunkra az értelmezést és másfél hetes kutatással járt, mire meg tudtuk oldani a problémánkat.



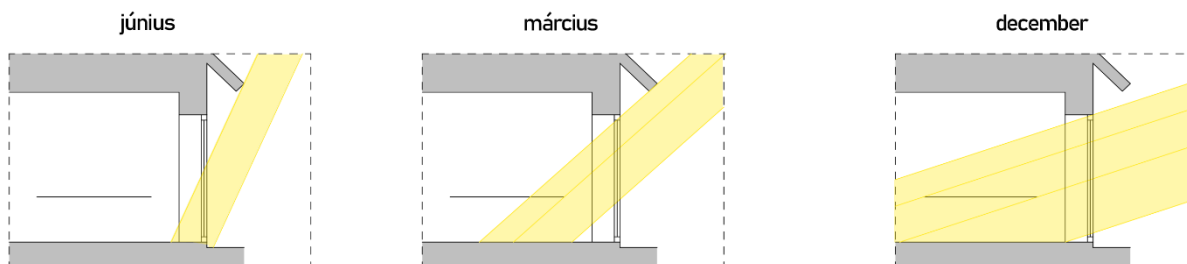
44. ábra Földszinti szoba 60×240_1 december (saját)



45. ábra Földszinti szoba 60×240_1 március (saját)

Elsődleges dolgunk volt visszaellenőrizni az addigi futtatásainkat (45. ábra), ami a fürdőszobát és a szoba másik két hónapos vizsgálatait jelentette. Első pillantásra sehol máshol nem fordult elő ez a jelenség. Az általunk gondolt hibalehetőség elsőként a modellel és a modellkonvertálással kapcsolatosan lépett fel, viszont a konzulenseinkkel átvizsgáltuk és hibátlanak találtuk mind az ArchiCAD-es modellt, mind a Sketchup modellt, ennek köszönhetően kiszűrtük, hogy nem ezek a programok okozták a problémát. Ezután gondoltunk arra, hogy a Grasshopper-Rhino kapcsolat miatt jöhet létre egy olyan modellhiba, ami nem látható, de a vizsgálat eredményét tudja befolyásolni. Ennek a felülvizsgálatára létrehoztunk egy új ArchiCAD modellt, amit nem

kapcsoltunk össze a Rhino-Grasshopper programmal, viszont a probléma továbbra is fent állt. Ebből arra következtettünk, hogy maga a Velux Daylight Visualizer rendelkezik egy hiányossággal, ami okozza a mérési hibánkat, de ezt a felvetést nem tudtuk teljes mértékben elfogadni. Másfél hét gondolkodás után egy véletlen folyamán jöttünk rá a megoldásra, miközben egyikünk egy metszetet szerkesztett. A metszetekre rászerkesztettük (46. ábra) a nap beesési szögeit a különböző futtatási időpontokban és ezzel igazolódott be az a felvetésünk, hogy az a fényes sáv a direkt fényt jelzi a futtatás pillanatában.



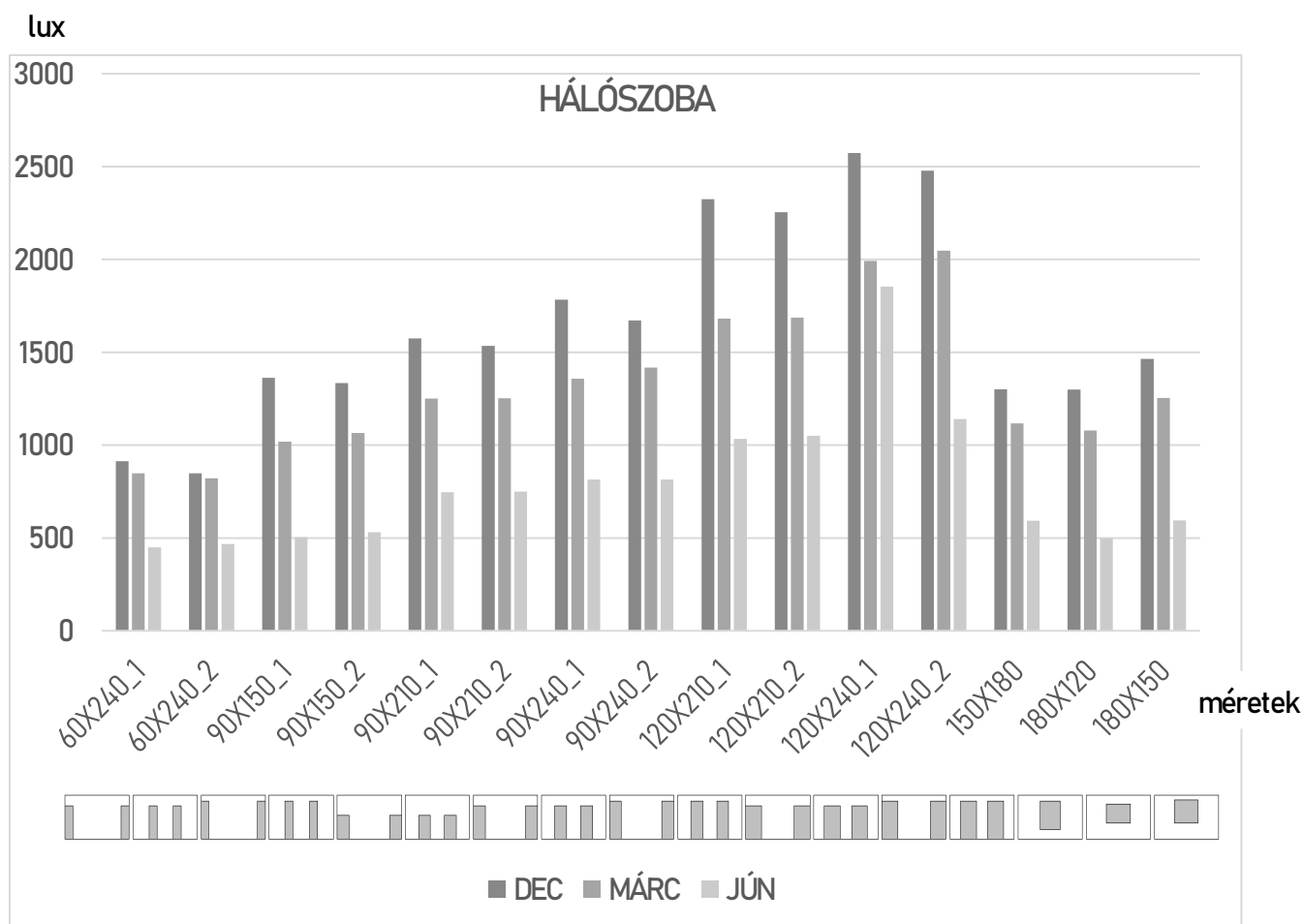
46. ábra A metszetekre szerkesztett beesési szögek (saját)

A hálószoba esetében a mérleg nyelve most a fal szélén elhelyezett nyílászárók felé billen (6. táblázat). A vizsgálatok egymáshoz való viszonya itt is egyenesen arányosak egymáshoz, sehol nincs kiemelkedő eredmény. A szobánál fontos kiemelni, hogy a benapozás mértékét jelen esetben a tető ereszkilógása befolyásolja. A táblázatban feltüntetett összes eredmény 60-as tetőkilógással készült. Az ereszkilógásra, mint befolyásoló tényező a későbbiekben térünk ki. Mind a benapozottság, mind a bútorozás és mind az esztétika szempontjából is a 90×240-es egyenlően elosztott nyílászárót ajánlanánk. A decemberi benapozottsága ennek az opciónak kellően magas, a márciusi érték talán már egy kicsit magas is, de a júniusi érték megfelel az általunk elvártaknak. Ennél nagyobb nyílás is elhelyezhető, ebben az esetben természetesen nagyobb a benapozottság értéke, viszont sokkal nagyobb a túlmelegedés lehetősége.

6. táblázat Hálószoza benapozás vizsgálati eredményei lux-ban (saját)

HÁLÓSZOBA

ABLAK MÉRETEK		KÉT ABLAK A FAL SZÉLÉN			KÉT ABLAK ELOSZTVA			KÖZÉPEN EGY ABLAK		
		DEC	MÁRC	JÚN	DEC	MÁRC	JÚN	DEC	MÁRC	JÚN
	60×210	802,99	782,4	408,06	778,33	741,9	430,46			
	60×240	914	848,15	449,16	847,76	822,3	467,31			
	90×150	1361,78	1019,16	504,64	1333,62	1065,93	530,24			
	90×210	1574,21	1249,91	745,58	1534,25	1252,58	749,06			
	90×240	1783,75	1358,32	814,86	1671,15	1417,12	814,79			
	120×210	2324,06	1682	1034,22	2253,94	1686,15	1050,1			
	120×240	2573,4	1992,12	1854,29	2477,97	2047,93	1140,43			
	150×180							1300,77	1116,32	593,24
	180×120							1298,39	1079,49	497,88
	180×150							1464,33	1254,02	594,67



47. ábra Hálószoza benapozás mértéke lux-ban (saját)

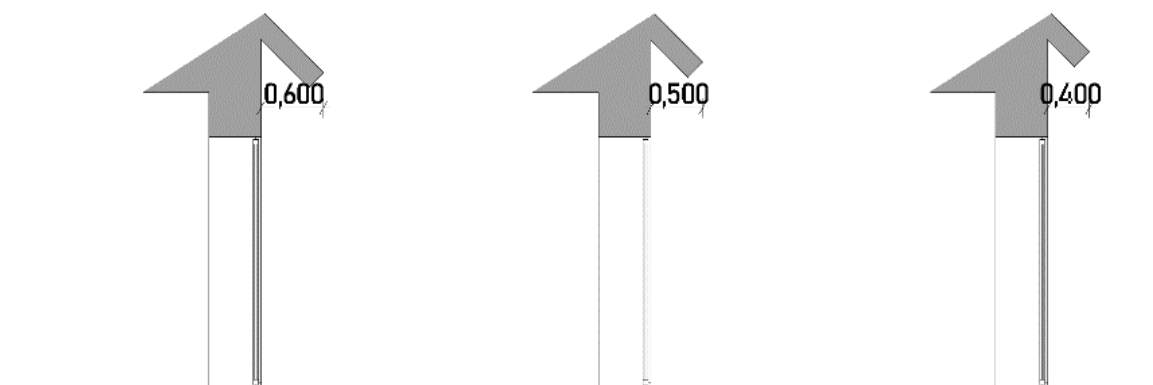
A 90×240 nyílászáró biztosítja számunkra azt a mennyiségű fényt, ami elegendő a mindennapokban végzendő tevékenységekhez (47. ábra), mint például az olvasás. Továbbá a 90×240-es lehetővé teszi a közvetlen közlekedést a teraszra, ami egy sokkal komfortosabb érzetet adhat a helyiségben tartózkodó személynek. Ezen okokból kifolyólag javasoljuk a 90×240-es nyílászárót a falon egyenletesen elosztva (49. ábra).

A hálósobánál szeretnénk kitérni az eresztúlnyúlás mértékének a fontosságára. A kiválasztott nyílászárónál az elosztott elhelyezésben lefuttattunk háromféle vizsgálatot a különböző mértékű eresztúlnyúlásokkal (48. ábra). Ezek a méretek: 40 cm, 50 cm, 60 cm (ezt alkalmaztuk az eddigi vizsgálataink során is. Az alábbi táblázatban láthatóak a vizsgálatunk eredményei.

7. táblázat Az eresztúlnyúlásának összehasonlítása lux-ban (saját)

ERESZTÚLNYÚLÁSOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA			
	DEC	MÁRC	JÚN
40 CM	1677,92	1839,84	1093,85
50 CM	1682,88	1840,21	984,53
60 CM	1671,15	1417,12	814,79

Megfigyelhető, hogy a téli időszakban az eredményeknél nem tapasztalható nagy eltérés, ezáltal nem befolyásolja a fűtési költségeinket nagy mértékben. A márciusi futtatásoknál már érzékelhető a különbség. Az 50 és 60 centiméteres eresztúlnyúlás között már több mint 400 lux-os eltérés jelentkezik, ami több mint 25%-os emelkedést jelent. Viszont a 40 és 50 centiméteres eresztúlnyúlás között már elenyésző a különbség, mivel ebben az esetben a beesési szöveget figyelembe véve az eresztúlnyúlás már nem befolyásoló tényező, mint árnyékoló eszköz, hanem ezen mennyiségű fény árnyékoló pontját a 240 magas nyílászáró szemöldökmagassága határozza meg. A nyári időszakban már egy-egy lux is rengeteget számít, mivel a program csupán a beérkező fény mennyiségét mutatja, a sugárzás erősségét nem tudja kiszámítani, ezáltal a közel 300 lux-os eltérés radikálisan érezhető különbséget eredményez.

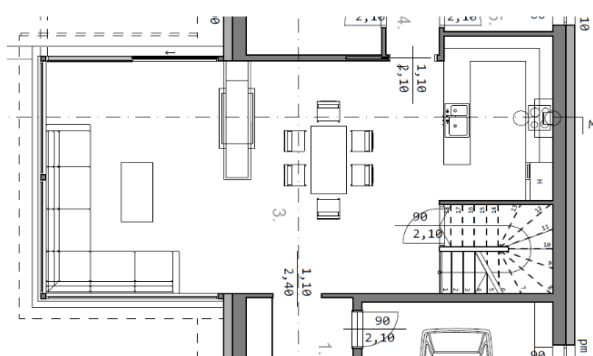


48. ábra Ereszkilógások falmetszete (saját)



49 ábra A választott nyílászáró végleges látványa (saját)

5.3 Konyha-nappali-étkező kiértékelése

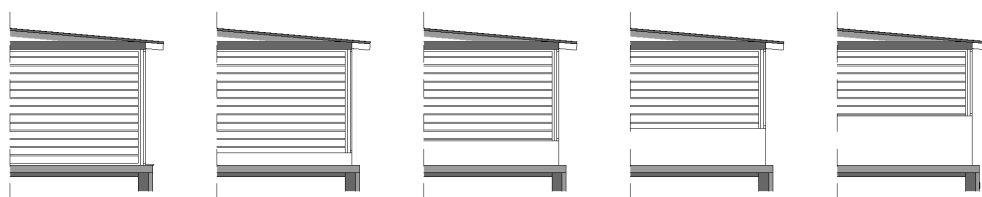


50. ábra alaprajz részlet (saját)

A nappali a legkomplexebb helyiségünk benapozás szempontjából (50. ábra), mivel a nappali-étkező-konyha egy nagy légtér. A nappali egy kiugratott tömeg az épületből, ezáltal a benapozása egyszerűen megoldható, mivel rendelkezik keleti, déli és nyugati homlokzattal is. A nappali esetében megoldható, hogy a nap járására folyamatosan

reflektáljunk transzparens felületekkel. A közepső térrész az étkező. Ennek a közvetlen megvilágítása, még eszközölhető azzal az építészeti megoldással, hogy megemeljük a belmagasságot, ezzel kialakítva egy átriumot. Ez rengeteg kompromisszummal jár (az emeletet ketté osztja, sokkal jobban terjed a hang, a főzésből adódó szagok/illatok terjengeni fognak a lakásban), de ez egyéni értékeléstől függ, hogy bevállalják-e. Számos előnnyel is jár. Sokkal több légköbméter a közösségi térben, komfortosabb az ott tartózkodás, optikailag nagyobbnak érzékelhető és ami számunkra a legfontosabb, hogy jelentősen lehet növelni a benapozást. A konyha tere a legnehezebben megoldható. Egyedül északi határoló falszerkezettel rendelkezik, így az oldalhatáros beépítési mód miatt csak minimális méretű nyílás helyezhető el. Ezeknek tudatában a konyha benapozását úgy kell megoldani, hogy az étkező benapozását túltervezzük, ezáltal elegendő napfény jut a konyhába a mindennapi tevékenységekhez (pl.: főzés, mosogatás).

A közösségi tér vizsgálatát a szokásostól eltérően végeztük el, mivel külön futtattuk le a nappali teret határoló ablakokat és a tetőablakokat (variációk a 52.-57. ábrán). Abban az esetben, hogyha egyben szeretnénk volna lefuttatni, akkor több száz benapozás vizsgálatot kellett volna lefuttatnunk, ami az időkeretünkbe nem fért volna bele. Ahogyan a fenti táblázatban is látszódik, a tetőablakokat Velux méretek és sorolhatóság szerint határoztuk meg (4.5 bekezdés), a nappalit



51. ábra Nappali üvegfelületének opciói (saját)

határoló ablakoknak pedig kizárólag a parapetmagasságát állítottuk (51. ábra). A nappali ablakainak esetében minden opció a födémig tart.



52. ábra két különálló szimpla tetőablak (saját)

53. ábra 1x2 osztású tetőablak (saját)



54. ábra 2x2 osztású tetőablak (saját)

55. ábra 3x2 osztású tetőablak (saját)

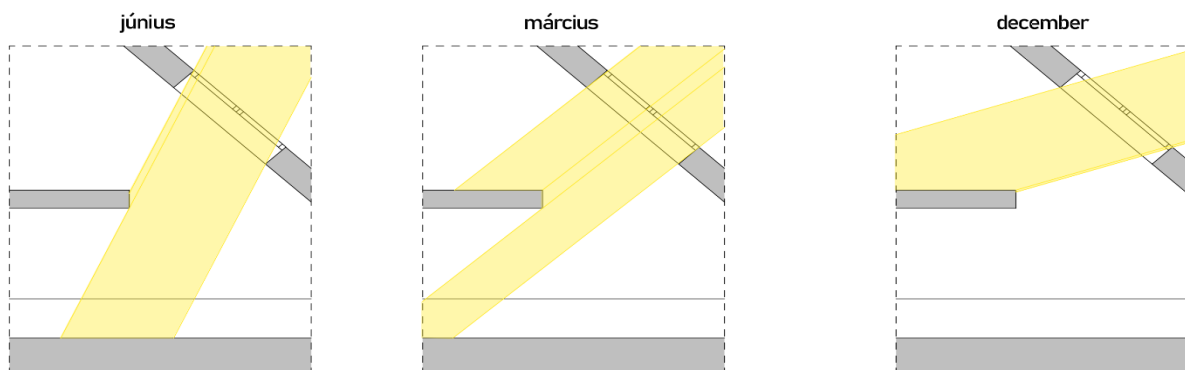


56. ábra 3x1 osztású tetőablak (saját)

57. ábra 2x1 osztású tetőablak (saját)

A nappali-étkező-konyha tér a legtöbbet használt helyiség a lakásban. Ennél a helyiségnél a legfontosabb a megfelelő benapozottság. Ennél a helyiségnél még a túlzott mértékű benapozáson is el lehet gondolkozni és bevállalni a felmelegedést. A nappalinál a lapostető csak a minimális kilógással rendelkezik ezért az nem sokat árnyékol jelen esetben. A nappalinál a parapetmagasságok variálásával sokkal kisebb eltérések jöttek ki a vártnál. A 0, 30, 60 és 90-es parapetmagasságoknál az eltérés minimális és elhanyagolható. A 120-as parapetmagasságnál ez az eltérés már 10% körüli a 0-ás parapethez képest decemberben. Ez a különbség márciusra tájékan még stagnál, viszont júniusra 34% fölé duzzad, ami egy nagyon impozáns eredmény (8. táblázat, 57. ábra). Az átriumban elhelyezett nyílászárók a várt eredményeket hozták. Mivel a padlószint és az ablak parapetmagassága között több, mint 3 méter van, ezért ebben az esetben sehol nem lesz igaz, ami az előző futtatásokra igen. Jelen esetben minden futtatásnál a decemberi érték messze a legalacsonyabb, mivel a nap beesési szöge 19 fok, ami azt jelenti, hogy a téli időszakban közvetlen fény kizárólag csak az átriumban elhelyezett folyosó fog kapni (58. ábra).

Márciusnál látszódik, hogy bárhogy vannak sorolva az ablakok, az álló tájolású nyílászáróink sokkal jobb eredményeket produkáltak, mint a fekvő tájolásúak. A hasonló transzparens felülettel rendelkező kapcsolt nyílászárók majdnem azonos eredményt hoztak (hat ablakos 78×98-két

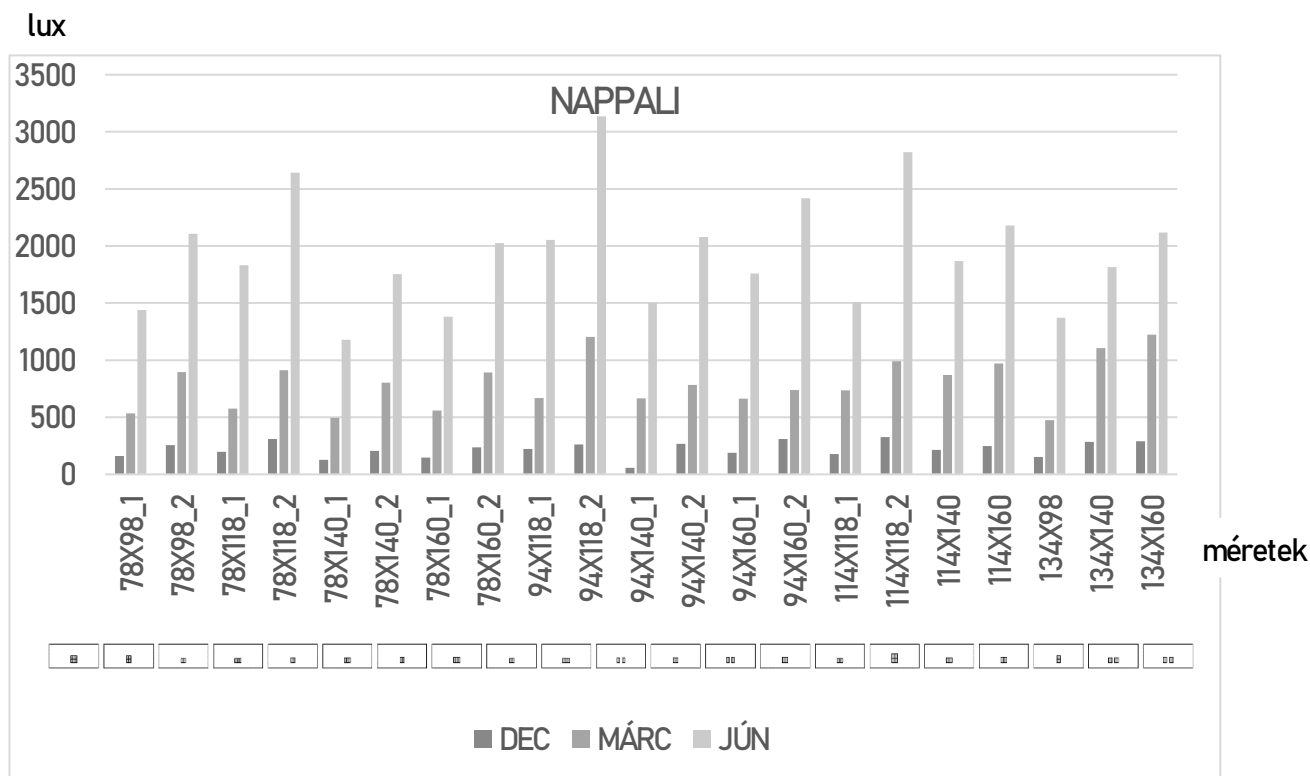


58. ábra Nap beesési szögének szerkesztése az átriumban (saját)

ablakos 134×160), viszont kivitelezhetőségi szempontokat is figyelembe véve cserépfedésnél a cserép súlyától függően, de maximális 100 centiméteres szarufa tengelytávolságot szoktak javasolni 10 cm széles szarufák esetén, ami azt jelenti, hogy a szarufák közötti szélesség 90 centiméter körüli. Ez alatti nyílászárók beépítése lehetne javasolt, de kiváltásokkal és egyéb megoldásokkal egy bizonyos szélességig könnyen megoldható, viszont a nyílászáróink sem sorolhatóak a végtelenségig. A nehezebb tetőfedéseknél ezek a szélességek csak tovább bonyolódnak a megnövekedett tömeg miatt. Ezeket a vizsgálatokat pont azért csináltuk meg szabvány méretekkel, mivel az valamivel alacsonyabb áron kapható meg a piacon, mint az egyedileg gyártott méretek, ami a jelenlegi gazdasági helyzetre reflektálva segítséget tudna nyújtani annak, aki jelenleg újjépítésű lakhatásban gondolkodik.

8. táblázat Nappali benapozás vizsgálati eredményei lux-ban (saját)

NAPPALI TETŐABLAK												
	KÉT ABLAK			HÁROM ABLAK			NÉGY ABLAK			HAT ABLAK		
	DEC	MÁRC	JÚN	DEC	MÁRC	JÚN	DEC	MÁRC	JÚN	DEC	MÁRC	JÚN
ABLAK MÉRETEK	78X98						161,72	533,06	1439,96	256,32	895,55	2106,19
	78X118						197,14	574,53	1830,96	308,97	912,76	2643,11
	78X140	126,66	494,4	1180,09	204,92	802,54	1753,96					
	78X160	146,24	557,81	1380,93	235,94	892,05	2024,68					
	94X118						222,17	668,19	2054,62	263,03	1204,39	3136,18
	94X140	57,78	665,6	1502,75	267,18	783,52	2078,93					
	94X160	189,42	663,13	1758,97	308,81	739,56	2418,13					
	114X118	177,79	734,72	1507,23				327,62	990,69	2822,95		
	114X140	214,72	870,73	1869,36								
	114X160	248,26	970,14	2179,41								
	134X98	152,38	475,82	1371,83								
	134X140	283,3	1106,99	1816,1								
	134X160	289,8	1224,22	2117,63								
PARAMET MAGASSÁG	ABLAKOK											
		DEC	MÁRC	JÚN								
	0	3955,14	3985,94	2635,88								
	30	3910,25	3874,7	2506,78								
	60	3859,96	3796,84	2377,32								
	90	3787,47	3657,44	2212,86								
	120	3237,56	3255,63	1965,63								



59. ábra Nappal-konyha-étkező benapozási mértéke lux-ban (saját)

9. táblázat Nappali kombinált vizsgálatai lux-ban (saját)

NAPPALI KOMBINÁLT VIZSGÁLATAI					
NAPPALI ABLAKÁNAK PARAPETJE	TETŐABLAK MÉRETE	TETŐABLAKOK SZÁMA	DEC	MÁR	JÚN
0	114×140	2	4115,58	4726,27	4400,13
0	78×98	4	4072,64	4435,34	4006,3
90	94×118	6	4097,78	4701,96	5190,32
90	114×118	4	4046,74	4474,89	4909,51

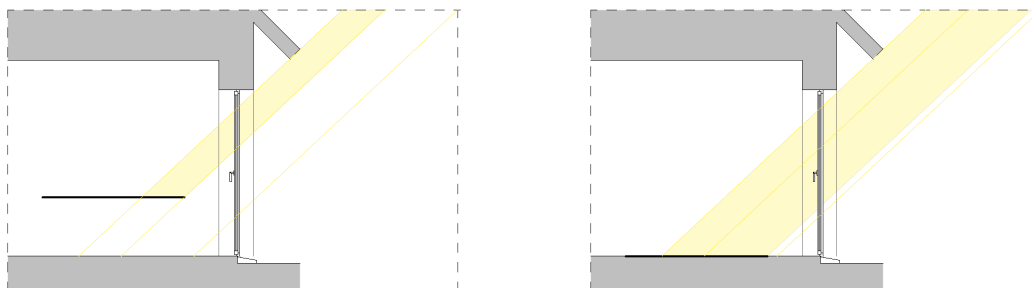
A nappali esetében a rengeteg vizsgálat elkerüléséért utólag párosítottunk általunk járható megoldásnak vélt opciókat. A párosításokat úgy döntöttük el, hogy a 0 parapetmagassághoz kisebb transzparens felületű tetőablakokat választottunk, a 90-es parapetmagassághoz, pedig nagyobbakat (9. táblázat). A 0-ás parapetet azért választottuk, mert ez engedi be a legtöbb fényt, esztétikailag is kiemelkedő, a 90-es parapetet pedig azért, mert a beengedett fény mennyisége nem sokkal kevesebb, viszont bútorozhatóság szempontjából sokkal előnyösebb. Az eredmények között radikális eltérések vannak számadatokból kiindulva, de ennél a helyzetnél a fény eloszlása jelenik meg, mint érdekesség. A 0-ás parapetnél, mivel kisebb tetőablakokat helyeztünk el a konyha rész egy kicsivel sötétebb, viszont a nappali rész körülbelül ugyanannyival benapozottabb. Fontos megjegyezni, hogy a benapozás vizsgálatokat bútorozás nélkül futtattuk. Jelen esetben a

0-ás parapetnél egy sarokkanapé elhelyezése nem sokkal, de rontaná a vizsgálat eredményeit. A tetőablakok miatt, illetve a nappali szalagablakos kialakítása miatt feltétlen szükséges valamilyen árnyékolószerkezet telepítése bármelyik kombináció esetén. A közösségi tér esetén magas a felmelegedés és a káprázás kockázata. A tetőablakok esetén minden opciónál távvezérlésű fényzáró rolót javasolnánk, a nappali esetében minden opció esetén valamilyen zsaluzia kialakítását javasolnánk. A zsaluzia kifejezetten sokrétű eszköz. Számos funkciója egyedülállóvá teszi az árnyékolók világában. Nem pusztán árnyékol. A lamellák mögötti felszálló légáramlattal hűti az árnyékolt üvegfelületet. A napfény beesési szögének megfelelően elforgatott lamellák pedig hatékonyan visszaverik a napsugarakat. Gátolják a szabad belátást, azonban az épületből akár így is figyelemmel kísérhető mindaz, ami kint történik. (Lamella beállítástól függően.) A lamellák teljes zárása esetén még közvetlen közelről sem látható az eltakart helyiség, azonban némi fény továbbra is beszűrődik, melynek mértéke a lamella típusával változik. Megvezetéstől függően a lamellák bal és jobb oldalán is beszűrődik valamennyi fény. Az előzőekben felsoroltakat figyelembe véve esztétikai szempontból a 0 parapetmagasságot javasolnánk a 78×98-as tetőablakkal, viszont minden más szempontból (benapozottság, bútorozhatóság) a 90-es parapetmagasságú 94×118-as tetőablakokkal párosított opciót ajánlanánk.



60. ábra Végleges látványa a nappalinak és a tetőablakoknak (saját)

5.4 Vonatkoztatási felület vizsgálata



61. ábra Vonatkoztatási felületek benapozottsága közti eltérés (saját)

Az irodalomkutatás elején sokszor találkoztunk azzal a ténnyel, hogy 850 milliméterre kell/javasolt elhelyezni ezt a képzeletbeli „ponyvát” a padlószinttől. Az MSZ EN 17037:2019 [2] így írja le: „Az adott belsőtér (helyiség) vonatkoztatási felülete a padló felülete felett 0,85 m-re helyezkedjen el, hacsak másképp nem határozták meg. A vonatkoztatási felület kis hányada figyelmen kívül hagyható rendhagyó esetekben.” [2] Itt fogalmazódott meg bennünk az a kérdés, hogy a benapozás vizsgálat értékeit mennyire befolyásolja az, ha ezt a ponyvát nem emeljük el a padlószinttől. A fenti táblázatban (10. táblázat) látható, hogy ugyanazzal a beállításokkal (0 parapetmagasság) lefuttattunk két vizsgálatot az előbbiekre hivatkozva. Decemberben és júniusban az értékek különbsége nem meghatározó, viszont márciusi értékek jelentősen eltérnek. Több, mint 50%-os növekedés látható, aminek az oka a nap beesési szöge.

10. táblázat vonatkoztatási felület összehasonlítása lux-ban (saját)

VONATKOZTATÁSI FELÜLET ÖSSZEHAJONLÍTÁSA			
	DEC	MÁRC	JÚN
850 MM	1671,15	1417,12	814,79
0 MM	1983,99	2254,28	953,9

5.5 Szoftverfejlesztési javaslataink

A kutatás során sikerült alaposan megismerni az alkalmazott szoftvereket, így az esetleges hiányosságait, határait is felfedeztük. Ezek alapján az alábbi fejlesztési javaslatokat fogalmaznánk meg, hogy még jobban, könnyebben használhatók legyenek ezek a szoftverek:

Velux:

- Kezelhetőség felhasználóbarátabbá formálása
- Beolvasható fájlformátumok bővítése
- Dokumentálás egyszerűsítése
- Kimenthető fájlformátumok bővítése
- Több vizsgálat futtatásának lehetősége sorba rendezéssel (előre programozás)
- Kép egységesítése – a futtatás elindítása után megjelenik egy futtatási százalék sáv. Hogyha letesszük tálcára a programot ez a sáv nem tűnik el, illetve, ha újra megnyitjuk a programot ez a sáv ugyanúgy az asztalon marad
- Méretezési pontatlanság kiküszöbölése
- A jelenlegi lementési formátum optimalizálása – a lementés után a html fájlban még látható a színtérkép, viszont bezárás és újra nyitás után ez a kép eltűnik és csak a helye marad

Rhino-Grasshopper:

- Az élő kapcsolat optimalizálása
- Az ablak paraméterek változtatásának kiszélesítése
- A tetőablakok integrálása

6. Az általunk javasolt alapszabályok

Ahogy a fentiekben is említettük és ahogy a konklúzióban is leírjuk a téma nem kap megfelelő figyelmet, az OTÉK-ban [5] a 86§ mindössze 3 alpontjában említi meg, nem indulnak képzések, oktatások ilyen irányba és a használható programok száma is csekély, ezért szerettünk volna összegyűjteni néhány alapvető dolgot, amit a saját tapasztalataink és az MSZ 17037 szabvány [2] alapján állítottunk össze:

- A benapozás értékelését a szolár nyereségek vizsgálatával együtt célszerű elvégezni. Ez egyrészt segítséget nyújt a szolár rendszerek kiválasztásához, másrészt bemenő adatot szolgáltat a belsőtéri vizuális komfort (káprázás elleni védelem) értékeléséhez is.
- Egy helyiség akkor benapozott, hogyha a benapozás várható időtartamának legalább 15%-ban benapozott
- A benapozás értékelését (alacsony, közepes vagy magas) a benapozás várható napi időtartama alapján lehet elvégezni.
- Egy helyiség benapozási besorolását azzal az időtartammal lehet meghatározni, amely során a helyiségbe a bevilágítókön keresztül közvetlenül napfény jut be (tiszta, felhőtlen napon) február 1 és március 21 között.
- A káprázás kockázatának vizsgálatát olyan helyiségekben kell elvégezni/megelőzni, ahol olvasáshoz vagy íráshoz hasonló tevékenységet végzünk, esetleg valamilyen képmegjelenítő elektronikai eszközt nézünk huzamosabb időtartamig és a személy ez idő alatt nem változtatja meg a tartózkodási helyét. Ahogy a dolgozatban javasoltuk, ilyen esetekben érdemes valamilyen árnyékoló szerkezetet elhelyezni

7. Konklúzió

Kutatásunk végén összességében nézve az egész témakört hatalmas úttal jártuk be. Ennek a dolgozatnak köszönhetően beleláthattunk a parametrikus tervezésbe és a benapozás vizsgálatok világába. Az elsődleges kutatási témánk a benapozás volt, ami már a dolgozat elkezdésekor megfogalmazódott bennünk. Ez különösen aktuális a jelen időszakban, amikor is éppen kilábalunk a Covid-járványból és az abból adódó megnövekedett otthoni tartózkodásból, amiben észrevettük, hogy mennyire fontos a fény megléte az otthonunkban. De amint ez tudatosult bennünk megjelent a jelenleg induló gazdasági válság, ami az épületenergetikai költségek megnövekedésével jár. Mi ezekre a globális problémákra szerettünk volna reflektálni azzal, hogy megmutatjuk, hogy mekkora előnye van a nyílászárók ideális megválasztásának és elhelyezésének, hiszen nem csak fényt engedünk be, hanem a fénnel együtt megjelenik a szoláris hőnyereség. A szoláris hőnyereséggel jelen dolgozatunkban nem szerettünk volna foglalkozni, mivel a téma mélysége miatt ez külön kutatást igényel, melybe újabb szoftverek bevonása válna szükségessé az energetikai számítások elvégzéséhez. Minél átfogóbban szerettünk volna megvizsgálni, hogy hogyan juthatunk sokkal több fényhez az épületben sztenderd nyílászárókkal. A vizsgálatokhoz szükséges modellek generálása manuális beállításokkal azonban rengeteg időt emésztett volna fel. Ennek megkönnyítése érdekében nyúltunk parametrikus eszközökhöz. Szerettünk volna megvizsgálni, hogy akár már kisebb lépték esetén is hasznára válhat-e a tervezőknek vagy a megrendelőknek ez a tervezési módszer. A parametrikus tervezésnek köszönhetően sokkal hatékonyabban tudtunk eszközölni változtatásokat a modellünkön ezzel időt spórolva, ennek köszönhetően növelni tudtuk a vizsgálatok számát, ezzel növelve a kutatás színvonalát és pontosságát. Továbbá a vizsgálatok idejének csökkenése magával vonta az elemzések kiértékelésének mélységét. Mindent egybe véve a dolgozatunkkal azt szeretnénk volna összefoglalni, hogy az általunk kutatott témában sokkal nagyobb a potenciál, mint amit a jelenlegi affinitás mutat. Ez alatt értjük azt, hogy nem csak az esztétikai megfelelést tudjuk sokkal átfogóbban vizsgálni, hanem az épület fenntartási költségeit is tudjuk csökkenteni a tudatos tervezéssel. Végszóként szeretnénk javasolni a jelenleg használt MSZ 17037:2019 szabvány szigorítását és az OTÉK bővítését a témáról. Ezen felül hasznosnak tartanánk, ha különböző képzések indulnának az építészek körében ilyen témában. Abban az esetben, ha a tervezők jobban tisztában lennének a benapozással, akkor ár-érték arányban sokkal jobb épületeket lehetne tervezni.

8. Irodalomjegyzék

[1] Robert Baden-Powell: https://www.citatum.hu/szerzo/Robert_Baden-Powell?r=4 Megtekintés dátuma: 2022.11.03

[2] Magyar Szabvány EN17037 Természetes világítás épületekben 2019

[3] Majoros András: Belsőterek világítása: 1998 Műszaki könyvkiadó Budapest

[4] Professzionális fénymérő műszer: <https://www.testo.com/en-VN/testo-540/p/0560-0540>
Megtekintés dátuma: 2022.10.28

[5] Országos Településrendezési és Építési Követelmények:
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700253.kor> Megtekintés dátuma: 2022.10.22

[6] Benapozottság: <http://www.hazkatalogus.hu/otlettar/187-benapozas-vizsgalat-keszites.html>
Megtekintés dátuma: 2022.10.22

[7] Barlai Katalin: Csillagászat és Kultúra: <http://real-eod.mtak.hu/2919/1/m7.pdf> Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest, 2010. Megtekintés dátuma: 2022.10.22.

[8] Hengeres nappályadiagram, Föld keringése a Nap körül, Föld pályája a Nap körül:
<https://docplayer.hu/35111010-Benapozas-vizsgalat-dr-szalay-zsuzsa-es-a-naplopo-anyagainak-felhasznalasaval.html> Megtekintés dátuma: 2022.10.22

[9] Szabó Gergely: Benapozásvédelmi eszközök komplex jellemzése – Előadás, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, <https://docplayer.hu/12323936-Benapozasvedelmi-eszkozok-komplex-jellemzese.html> megtekintés dátuma: 2022.10.15

[10] Szalai Dóra – Parametrikus tervezés (2022): <https://www.tspc.hu/parametrikus-tervezes/>
Megtekintés dátuma: 2022.10.128

[11] Roland Hudson: Strategies for parametric design in architecture – Doktori értekezés, University of Bath, 2010. – https://www.researchgate.net/profile/Roland-Hudson/publication/334521298_Strategies_for_parametric_design_in_architecture_An_application_of_practice_led_research/links/5d2f5045a6fdcc2462e85903/Strategies-for-parametric-design-in-architecture-An-application-of-practice-led-research.pdf

- [12] **Kis Ádám: Szerkezetek tervezése parametrikus környezetben** -XXV. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia – ÉPKO, 2021.- <https://ojs.emt.ro/EPKO/article/view/552>
- [13] **Javier Monedero: Parametric design: a review and some experiences** – Automation in Construction, 9, 2000. pp. 369-377 – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580599000205>
- [14] **Reza ASSASI, Ph.D.: Parametric Design, A Historical and Theoretical Overview** – Proceedings of International Conference on Emerging Technologies In Architectural Design (ICETAD2019) 17 – 18 October 2019, Ryerson University, Toronto, Canada https://www.academia.edu/41325381/Parametric_Design_A_Historical_and_Theoretical_Overview
- [15] **Charles M. Eastman: General purpose building description systems** – Computer-Aided Design, Vol. 8 (1), 1976. pp. 17-26. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010448576900051>
- [16] **Grasshopper frissítés:** <https://community.graphisoft.com/t5/Design-forum/Windows-Doors-Width-input-not-available-in-Settings-Component/td-p/242655> Megtekintés dátuma: 2022.10.22.
- [17] **Nap beesési szöge:** <https://www.gaisma.com/en/location/veszprem.html> Megtekintés dátuma: 2022.10.22.
- [18] **Benapozást vizsgáló szoftverek:** <http://thedaylightsite.com/library-3/links/simulation-tools-2/> Megtekintés dátuma: 2022.10.22.