

Dr. Filetóth Levente

Algoritmikus építészet és világítástervezés

Ez a cikk összefoglalást nyújt – a manapság sokat emlegetett – algoritmikus tervezés és hagyományos tervezés koncepcionális különbségeiről. Példákat sorol fel az algoritmikus tervezési munkafolyamatok építész tervezési felhasználására.

Gyakorlati tervezési példák segítségével szemlélteti azt, hogy ez a tervezési módszer – látványos építészeti formák kialakításán túl – jól alkalmazható sokszor egymással szemben álló épületenergetikai és világítás-technikai kérdések optimális megválaszolására; a tervezési és hatósági szabályok és előírások betartására és költséghatékony kiviteli tervek készítésére egyaránt.

Konkrét gyakorlati példán keresztül betekintést nyújt abba, hogy miként használható az algoritmikus tervezési munkamódszer kisebb energiaigényű épületek tervezésére és költséghatékony üzemeltetésére. Ismerteti azt, hogy miként használható a központi épületinformáció-adatbázis a belső terek természetes világításának optimalizálására és a természetes és mesterséges világítás illesztésére.

This paper provides short introduction to algorithmic design, displays the most important conceptual differences between algorithmic design and conventional design; it also lists and highlights the corresponding fields related to architectural and low-energy building design. It explains how algorithmic architecture can be used to design energy-conscious, cost-efficient buildings that fully respond to the location and climate, while complying with all codes, regulations and fully accommodating all required functions. This article also describes the benefits of building information modeling workflows provided for interdisciplinary design coordination between architects and engineers. Thanks to BIM all necessary design data is available in one, central database ready to be used to optimize artificial lighting design and provide adequate daylighting for the interiors. A case study presents real-life design scenario illustrated with actual design workflow steps using computer software applications.

MI AZ ALGORITMIKUS TERVEZÉS JELENTÉSE?

A frappáns válasz erre a kérdésre: „Az algoritmikus tervezés egy olyan technológiát jelöl, mely a természetben tapasztalható evolúció folyamatait alkalmazza a tervezés során.”

Courtesy of SOM, fotó: Robert Polidori, – Mumbai International Airport, India.

A címben feltett kérdés részletesebb megválaszolására érdekében idézhetjük Arturo Tedeschi építész: „Az algoritmusok által segített tervezés (Algorithms-Aided Design vagy AAD) egyrészt lehetővé teszi azt, hogy a tervezők precízen használjanak »free-form«, azaz szabad vonalvezetésű modellezési eljárásokat, illetve szabadon kísérletezzenek velük; másrészt olyan számítógépes munkakörnyezetet biztosít, mely használható összetett geometriával rendelkező tömegek és felületek létrehozására, módosítására és gyártására, környezeti és egyéb tényezők valós idejű és dinamikus elemzésére.”¹



1. ábra A mumbai repülőtér-terminál látszó teherhordó szerkezete algoritmikus tervezési munkamódszerrel készült: a szerkezetet a hagyományos indiai formavilágot igyekszik modern eszközökkel visszaadni

Talán a legjobban akkor érthetjük meg az algoritmikus tervezési koncepció lényegét, ha összehasonlítjuk ezt a mindenkori által jól ismert és használt „hagyományos” tervezési eljárásokkal (természetesen a „hagyományos” kifejezés nem minősíti, csupán jelen írományban megkülönbözteti a két tervezési munkamódszert).

A „hagyományos” tervezési munkamódszert a tudományos „egzakt” fogalommal is jellemezhetnénk. Az építész elképzelet, megvizsgálja, változtatja, átdolgozza, illetve végső soron megtervezi, azaz explicit módon leírja, dokumentálja a tervezés alatt álló épület minden egyes tömegét, terét és térkapcsolatát, szerkezeti elemeit és részleteit.

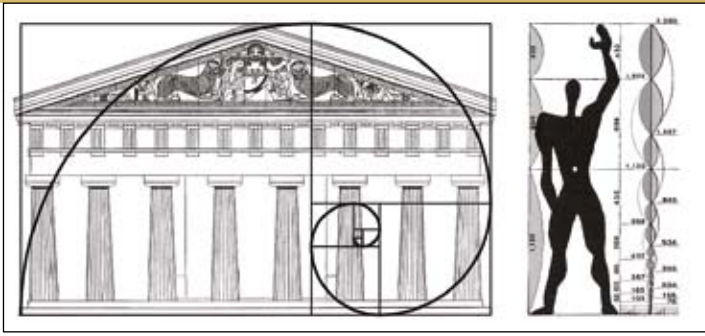
A „hagyományos” tervezés legtöbbször „klasszikus” geometriai elemeket, formákat használ, de emellett természetesen használhat természetben is megtalálható formákat, vagy akár a természetből vett szabályrendszereket (pl. aranymetszés) is. A tervezés során – a tervfeldolgozás és a tervdokumentáció segítségével – használható számítógép is, de ez nem befolyásolja azt a fontos kritériumot, miszerint a tervező saját maga dönt az épület minden egyes részletének megformálásáról és kidolgozásáról. Ez az „egzakt” tervezési eljárás valójában évezredek óta használatos az ember által alkotott tárgyak, épületek stb. megalkotása során. Az aranymetszést, illetve az egyéb természetben is megfigyelhető szabály- és arányrendszert a tervező a klasszikus tervezés során az egyes elemek, elemcsoportok létrehozása, megtervezése során alkalmazhatta.

Az ógörög alexandriai Eukleidész (i.e. 365–300) az aranymetszés fogalmát az Elemek művében alábbiak szerint írja le: „egy egyenes szakaszt úgy vágunk ketté, hogy a nagyobb szakasz aránya a teljes egyeneshez ugyanakkora, mint a kisebb szakasz aránya a nagyobbhoz.” Az ókori építészek gyakran alkalmazták az aranymetszés szabályait a tervezett épület egészére és részleteire annak érdekében, hogy szép, harmonikus és esztétikus, „szemet, elmét és szívet is gyönyörködtető” eredmény születessen. A középkori tervezők az aranymetszés szabályrendszerével definiált számsorokat és egzakt aránypárosorozatokat használtak a gótikus katedrálisok megalkotása során.

Leonardo da Vinci és Leon Battista Alberti az emberi test arányrendszerét felhasználva igyekeztek kidolgozni olyan matematikai összefüggéseket, melyeket az épületek tervezése során használhattak. Vitruvius „Tíz könyv az építészetről” című munkájában írja: „...Az arányosság minden műben a tagok mértékegységének és az egésznek egymáshoz való mérése, amelyből a szimmetriák rendje jön létre.”

Le Corbusier (1887–1965) svájci származású francia építész dolgozta ki az emberi arányokat az épület arányaival összhangba hozó „modulor” mértékrendszerét, melyet általános felhasználásra szánt.

A „hagyományos” tervezési folyamat során tehát a tervező feladata az, hogy mérlegelje a sokszor egymással szemben



2. ábra Az „arany metszés” és a „modulor”: mindkét szabályrendszer a természetből kölcsönzött. Ezeket egzakton alkalmazva használhatjuk a tervezett formák, arányok és részletek kidolgozása során

álló építészeti, szerkezeti és funkcionális követelményeket, energetikai előírásokat, kivitelezési költségeket, hatósági előírásokat és megrendelői elvárásokat. Ebben a tervezési folyamatban a számítógépes programok a tervezési adatok feldolgozására, szerkesztésére, kezelésére, megosztására és dokumentálására használhatóak. Minden tervezési döntés meghozása, minden részlet kidolgozása az építész feladata.

Az „**Algoritmikus**” tervezés – melyet nevezhetünk „parametrikus” vagy „generatív” tervezésnek is – matematikai összefüggések segítségével leírt szabályrendszert használ. Az építész tervező feladata az, hogy olyan tervezési szabályrendszert, illetve egymással kapcsolatban álló szabályrendszer-hálózatot alkosson meg, mely használható az adott tervezési feladat során. A konkrét, részleteiben kidolgozott „tervezési végeredményt” tehát nem az építész dolgozza ki, ő a szabályrendszer meghatározásáért felelős, mely aztán a végeredményt „generálja”. A végeredményt számítógépes eljárások hozzák létre az építész által kidolgozott szabályrendszert követve.

A „parametrikus” elnevezést akkor használhatjuk, ha a tervezési eljárás paramétereket használva ír le geometriai elemeket vagy elemelrendezési szabályokat. A parametrikus tervezési eljárás nagyszámú külső, változó paraméter figyelembevételével hoz létre összetett geometriai formákat, elemeket, elemelrendezéseket (pl. használható arra, hogy adott tető, illetve homlokzati geometria, hajlásszög, tájolás, benapozás stb. ismeretében kollektorok vagy napelemek kiosztását elvégezzük).

A „generatív” tervezés a természetben is megtalálható, összetett formák szabályait, szabályrendszerét alapul véve hivatott létrehozni formákat, felületeket, elemelrendezéseket. Ezek az építész-, illetve szerkezettervezés során is használhatók, például bonyolult, térbeli tartószerkezeti rendszerek elemeinek meghatározására. A generatív tervezési eljárás során felhasználható másod- vagy akár harmadfokú geometriai felületleírási szabályrendszer is.

„Nem a természetben megtalálható formákat kell lemásolnunk, hanem meg kell értenünk azokat a szabályrendszereket, melyek a természeti formák előállításáért felelősek. A természetben megtalálható szabályrendszerek tudatos használatával előállíthatunk olyan formákat, felületeket vagy akár épületeket is, melyek minden képzeletet túlszárnyalnak. A természet alapvető alkotó módszere a sejtek osztódása, az a folyamat, mely során egyetlen sejt két részre osztódik. Ez egy elemi, nagyon egyszerű módszer, mégis meglepően összetett eredményt nyújthat. A számítógép használatával tömegeket vagy felületeket milliószor gyorsabban tudunk kettéosztani – hajtogatni – és variációk ezreit állíthatjuk elő és követhetjük le villámgyorsan. A számítógép segítségével különféle hajtogatási szabályokat – algoritmusokat – határozhatunk meg. Ezeket a hajtogatási szabályokat egy egyszerű – három kockából épített – oszlop eltérő felületein alkalmazva olyan felületrendszert generálhatunk,



3. ábra Hajtogatott oszlopok: „Nem a formát terveztem meg, hanem azt a szabályrendszert alkottam meg, mely ezt a formát generálta.” – Michael Hansmeyer

melyek egyes részei akár mikroszkopikus méretűek is lehetnek. Olyan formákat, felületeket és tömegeket hozhatunk létre, melyeket nem hozhattunk volna létre a »hagyományos« tervezési eljárások használatával.”²

„Ha egy kocka felületeit 16-szor eltérő helyeken, eltérő arányok szerint kettéhajtjuk, akkor 400 000 felületet kapunk, melynek előállítását gyakorlatilag lehetetlen lenne a hagyományos tervezési eljárások használatával. Kérem, ne feledjék: nem a végső formát terveztem meg. Azt az eljárást hoztam létre, mely a végső formát eredményezte. A megfelelő eljárás megalkotása nem könnyű, ugyanis az esetek 99,9%-ban a végeredmény nem más, mint ami a »zaj« geometriai megfelelője.”³



4. ábra Egy kocka oldalait 16-szor hajtogatva minden képzeletet meghaladó formákat hozhatunk létre – Michael Hansmeyer

A szabályok, paraméterek és algoritmusok a végeredményként létrehozott forma, felület vagy geometria koncepcionális szabályrendszerének és az egyes részletek meghatározása során egyaránt használhatóak. Ha az algoritmusokat vagy az ehhez kapcsolódó matematikai szabályrendszert megváltoztatjuk, a létrehozott végeredmény is azonnal megváltozik. Ez az algoritmikus tervezési eljárás egyik nagy előnye a hagyományos tervezési eljáráshoz képest. A paramétereket, leíró szabályokat és algoritmusokat változtatva olyan összetett formákat hozhatunk létre, melyek minden szabályrendszerben vagy bemenő adatban történt változást képesek azonnal lekövetni. Tekintsük át azt, hogy miként használhatóak ezek a szabályrendszerek az építész gyakorlatban kis energiájú épületek tervezése során.

ALGORITMIKUS TERVEZÉS ÉS ÉPÍTÉS

Algoritmikus (vagy parametrikus, esetleg generatív) tervezési folyamatokat és eljárásokat az 1990-es évektől – a személyi számítógépek elterjedése óta – használnak az építész tervezési gyakorlatban. A számítógépek használata segítségével könnyebben követhetőek azok az összetett, gyakran hierarchikus szabályrendszerek, melyek matematikai eszközök és összefüggések felhasználásával írják le különféle tervezési szabályokat és elvárásokat.

„A parametrikus terminológia – számomra – egy olyan új, globális tervezési gondolkodásmódot jelöl, mely nemcsak az építész tervezésre, de minden kapcsolódó területre, illetve szakágra is egyaránt kiterjed: várostervezők, bútor- és formatervezők,

szerkezettervezők, energetikusok stb. egyaránt osztják ezt a gondolkodásmódot és aktívan használják ezeket az eljárásokat. Az épület minden alkotóelemének meghatározása során használható ez a munkafolyamat; mely a természet bonyolult, szerteágazó, mégis harmonikus és egységes szabályrendszerét veszi alapul.”⁴

A parametrikus tervezés a hatás-kölcsönhatás elvét használja az egymás alá- és mellérendelt rendszerek és elemek létrehozása során. A tervezési stratégia nem egyetlen elszigetelt elem megtervezésére összpontosít, hanem arra a rendszerre figyel, melynek részét képezi a kérdéses elem. Tehát például nem egy konkrét árnyékoló komponens meghatározása a cél, hanem egy olyan épület létrehozása, melynek külső épületburka szoros kapcsolatban áll a teherhordó szerkezettel, a transzparens szerkezet kiosztásával, a földrajzi és meteoroló-



5. ábra Algoritmikus urbanizmus: Kartal városrészének rehabilitációja, Isztambul, Törökország – Zaha Hadid Architects

gia adottságokkal stb. A kérdéses árnyékoló szerkezet – egy sejthez hasonlóan – részét képezi olyan összetett és bonyolult hierarchikus rendszereknek, melyek kölcsönhatásban állnak egymással.

Például egy magas épület teherhordó vázszerkezetének kialakítása függ attól, hogy a nagyobb terhet hordó alsó szintekről vagy kisebb terhet hordó felsőbb szintekről van-e szó. A szerkezettervező mérnökök használhatnak olyan algoritmusokat, melyek nemcsak a statikai elvárásoknak felelnek meg, de – a természeti formákat követve – optimálisan leírják a befoglaló geometriát is. Az algoritmikus módszerekkel létrehozott teherhordó szerkezethez hasonlóan az épület formája, tömegkapcsolatai, tájolása, továbbá az üvegezett szerkezetek stb. is kialakíthatók. Az egyes födémelek helyzete, kialakítása, mérete és bordázata az adott terhelési viszonyok alapján kerül meghatározásra.

A rendszereket, alrendszereket és elemeket a hatás-ellenhatás elve alapján lehet meghatározni. Ez a passzív és aktív szolárrendszerek esetében is jól használható. A falak, ablakok tájolása szorosan összefügg az árnyékoló rendszerek kialakításával, a környező épületek elhelyezkedésével és a helyi időjárási jellemzőkkel egyaránt.

Az algoritmikus tervezési módszerek jól használhatóak az épület energetikai jellemzőinek követésére és optimalizálására egyaránt. Számos eltérő jelentéssel bíró külső paraméter megadható (hőmérséklet, benapozás, mikroklíma jellemzői, környező épületek geometriája, helyszín jellemzői stb.), melyek eltérő módon befolyásolják majd az épület egészének és részeinek kialakítását, optimalizálását.

A parametrikus tervezési eljárás a természetben is megfigyelhető szabályrendszert veszi alapul. A természetes vegetációt figyelve képesek vagyunk pl. tájékozódni és akár ivóvízhez is jutni, hiszen a természetes vegetáció nemcsak a topográfia változásait tükrözi, de következtetni lehet a mikroklíma alakulására és észrevehetjük azt, ha egy folyó van a



6. ábra A parametrikus tervezési eljárás a természetben is megfigyelhető szabályrendszert veszi alapul – Patrik Schumacher



7. ábra Heydar Aliyev Center, Baku, Azerbajdzsán – Zaha Hadid Architects, fotó: Hufton+Crow

közeliünkben. A természet egyszerre csodálatosan szép és csodálatosan szervezett összhangot is alkot. Ugyanezt a szervezethez, összhangot és szépséget hivatott megvalósítani az algoritmikus tervezés is a természetben megfigyelhető szabályrendszerek tudatos és alázatos alkalmazásával.

Zaha Hadid (1950–2016) világhírű, iraki születésű angol építész az algoritmikus építészet egyik első és minden bizonnyal legfontosabb úttörőjének tekinthetjük. Az 1980-as évektől kezdődően szigorú tervezési alapelveket követve igyekezett elhagyni épületeiből a merev formákat és az elemek egyszerű, egymástól független elhelyezését és ismétlését. Számos megvalósult épülete hűen szemlélteti tervezési alapelveit: szabad vonalvezetéssel megformált épületek, melyek differenciált, mégis korrelált – azaz egymással kölcsönhatásban álló – térkapcsolatokat valósítanak meg. Egyedi, látványos, de soha nem unalmas, rendezett, érthető, energia-tudatos szemlélettel megvalósított épületeket és városterveket alkotott (pl. isztambuli Kartal városnegyed rehabilitáció, bakui Heydar Aliyev kulturális központ, lipcsei BMW központi épület vagy Chanel kortárs, mobil kiállítókonténer stb.).

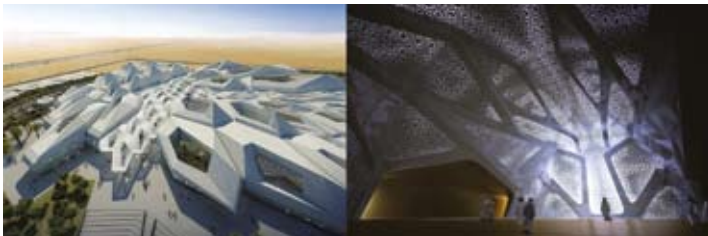
KIS ENERGIAIGÉNYŰ ÉPÜLETEK TERVEZÉSE ALGORITMIKUS MÓDSZEREKKEL

A természetben megfigyelhető szabályrendszereket is hasznosító algoritmikus tervezési módszer látványos formák, épületek és városrendezési tervek előállításával mellett a társtervezők munkája során is jól hasznosítható, gyakorlati alkalmazási lehetőségeket kínál. A generatív tervezési munkamódszer első lépéseként meg kell fogalmazni és le kell írni azokat a konkrét célokat, melyeket el kell érni az épület tervezése során, továbbá definiálni szükséges az összes olyan előírást, szabályt és minden egyéb kritériumot, melyet figyelembe kell venni vagy be kell tartani. Ilyen tervezéshez szükséges bemenő adat, illetve szabály lehet pl. a helyszín meteorológiai jellemzői (hőmérséklet, pára, szél, benapozás stb.), környező épületek geometriai és felületi jellemzői, a tervezési program részletei, a bekerülési, illetve üzemeltetési költség mértéke, a helyi építési szabályozási, tűzvédelmi, energetikai előírások részletei.

„Fontos az, hogy csúcstechnológiát használjunk a tervezési, kivitelezési és üzemeltetési folyamatok során. Ez komoly be-

fektetést igényel ugyan, de ennek megtérülése is garantált: a tervezés során olyan digitális modellt építünk, mely nemcsak látványterveket és tervdokumentációt biztosít, de a dinamikus épületenergetika elemzések, gyártmánytervek és költségkimutatások során is elengedhetetlenül szükséges. A számítógépek használata egyrészt segít abban, hogy könnyen kezelni tudjuk az épületszerkezetek és elemek geometriai kialakítását; másrészt lehetővé teszi azt is, hogy megfelelő tervezési döntéseket hozva nemcsak szép, de jól működő és költségtakarékosan üzemeltethető épületek születhessenek.”⁵

„Ha fontos számunkra a jövő, akkor nem hagyhatjuk figyelmen kívül a fenntartható fejlődés irányelveit. Építésztünk is kifejezi a fenntartható jövőt szem előtt tartó törekvéseinket. Ez nem azt jelenti, hogy felrakunk néhány kollektort vagy napelemet a tetőre, hanem azt, hogy az egész épületet – a kezdeti, koncepcionális tervfázistól kezdődően – úgy formáljuk meg, hogy az híven tükrözze és kihasználja a helyszín és az éghajlat adottságait, teljesítse a funkcionális és használati elvárásokat és előírásokat és figyelembe vegye a költséghatékony üzemeltetési kritériumokat is. A KAPSARC intézet esetében a fenti tervezési irányelveknek és munkafolyamatoknak köszönhetően 42%-kal sikerült csökkentenünk az épület éves energiafogyasztását.”⁶



8. ábra KAPSARC Energia Kutató Intézet, Riyadh, Szaúd-Arábia – Zaha Hadid Architects

A KAPSARC intézet egy olyan élő, fejlődő organizmushoz hasonlít, mely sejtek osztódásaként keletkezett. Térbeli, hexagonális kiindulási formát használva, térbeli kristályszerű elemeket generálva, a helyi éghajlati és környezeti adottságokat figyelembe véve állítottuk elő az épületet a sivatagban, az Arab-félszigeten. A hatszögletű térkapcsolatok lehetővé teszik azt, hogy a tervezési program minden részletét figyelembe vegyük, illetve teljesítsük. A külső, áttört épületburkok olyan mikroklimát biztosít, mely védelmezi az alatta elterülő épületet a sivatagi éghajlat nagy hőmérséklet-ingadozásától. A belső terek – a huzamos tartózkodásra tervezett laboratóriumok, pihenő- és közlekedőzónák egyaránt – természetes világítást kapnak. Az árnyékolóval ellátott előterek és teraszok olyan puffer zónát alkotnak, mely segít mérsékelni a nagy napi hőmérséklet-ingadozás belső téri komfortra gyakorolt hatásait.

ALGORITMIKUS TERVEZŐESZKÖZÖK

Számos olyan számítógépes alkalmazás készült, mely az algoritmikus tervezői munkafolyamatokat hivatott segíteni, ilyen pl. a Dassault által fejlesztett Solidworks és Catia, a Bentley által fejlesztett Generative Components, az Autodesk által fejlesztett Dynamo, vagy a Vectorworks által fejlesztett Marionette. Az általános, vagy a mérnöki tervek során használható algoritmikus eszközök nem minden esetben nyújtanak hatékony megoldást építész tervezők számára.

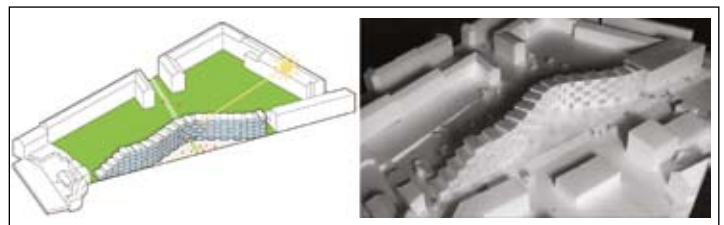
Az építész tervezési és tervdokumentációs folyamatok, a szakági tervezőkkel folytatott együttműködés és termegosztás, a hatósági előírásoknak és kivitelezőknek szánt tervecsomagok kidolgozása és karbantartása professzionális BIM (épületinformáció modellező) platformot igényel. Egyes

szoftverfejlesztő cégek saját fejlesztési keretek között igyekeznek olyan kiegészítőket ajánlani, melyek az algoritmikus tervezési munkamódszereket hivatottak támogatni. Ezek a saját fejlesztésű algoritmikus programkiegészítők legtöbbször korlátozott funkcionalitással bírnak.

A poligonokkal történő modellezés nem teszi lehetővé a másod- és harmadfokú görbék, illetve ezekből képzett felületek pontos és gyors ábrázolását, szerkesztését. Ilyen feladatokra sokkal jobban használható az ún. NURBS (nem uniform, racionális B-spline) modellezés, melyet elsősorban gépészmérnöki és ipari formatervezést segítő alkalmazások használnak, itt ugyanis nagy pontossággal kell reprodukálni komplex görbéket és felületeket. Egy NURBS-felület pillanatok alatt poligonná alakítható, ugyanakkor egy poligonból gyakorlatilag reménytelen – illetve nagyon sok munkát igénylő feladat – NURBS generálása. Javasolt tehát olyan számítógépes alkalmazást használni algoritmikus tervezés céljára, mely támogatja a natív NURBS modellezést.



9. ábra Dong Housing Development, Koppenhága, DK – Bjarke Ingels Group (BIG)



9b. ábra



10. ábra Rhinoceros, Grasshopper, ARCHICAD kétirányú, élő kapcsolat: algoritmikus BIM – Robert McNeel & Associates, GRAPHISOFT

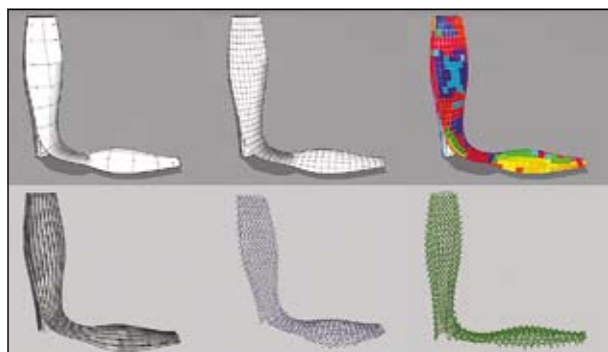
A Robert McNeel & Associates által fejlesztett Rhinoceros (Rhino) és Grasshopper talán a legelterjedtebb szabad vonalvezetést használó, NURBS modellező és az algoritmikus módszereket is támogató számítógépes alkalmazás. A Grasshopper grafikus felhasználói felületének köszönhetően matematikai, illetve programozási ismeretek nélkül aknáthatjuk ki az algoritmikus tervezés nyújtotta lehetőségeket.

„A legkedveltebb tervezés során használt alkalmazásunk a Rhino; annak ellenére, hogy ez nem egy BIM (épületinformáció-modellező) alkalmazás. Jelenleg a Graphisofttal közösen dolgozunk egy olyan tervezői munkakörnyezet megvalósításán, mely élő kapcsolatot biztosít a Rhino és az ARCHICAD között. Ez lehetővé teszi, hogy algoritmikus tervezői eljárásokat BIM munkakörnyezetben használhassunk bármely tervezési fázis során.”⁷

„Az ARCHICAD a Graphisoft által fejlesztett professzionális BIM alkalmazás. A kétirányú Grasshopper-ARCHICAD-kapcsolat lehetővé teszi azt, hogy az építészek a fejlett és sokoldalú algoritmikus eljárásokat használjanak, miközben rendelkezésükre áll minden olyan tervfeldolgozást, csapatmunkát, interaktív tervbemutatót és dokumentálást biztosító eszköz, amelyet egy professzionális BIM platform nyújthat.”⁸

EGYÜTTMŰKÖDÉS TÁRSTERVEZŐ MÉRNÖKÖKKEL

Ez az esettanulmány azt szemlélteti, hogy miként lehet az építés tervező által megálmodott, algoritmikus eszközök segítségével modellezett projektet BIM-alapokon feldolgozni és ezzel együtt bepillantást nyújt a szakágtervezőkkel – épületenergetikusokkal, gépészekkel és világítástechnikai szakmérnökökkel – folytatott, BIM-alapú termegosztási folyamatokba is.



11. ábra Épületburok, térháló, panelkiosztás, 3D-rács tartószerkezet, árnyékoló szerkezet egyetlen BIM modellben – Michele Calvano és Mario Sacco, ArchiRADAR

A szabad vonalvezetéssel tervezett magas épület térhátroló szerkezetén először külső árnyékolókat helyezünk el, miközben optimalizáljuk a gyártási költségeket és segítjük a kivitelezési munkákat is az árnyékolók geometriájának egységítésével. Ez után szó lesz arról is, hogy miként használható a BIM munkamódszer a természetes és mesterséges világítás illesztési problémájának optimális megoldásához.

Az ismertető épületet és az alkalmazott munkaflowkat Michele Calvano és Mario Sacco (ArchiRADAR) olasz építészek készítették.⁹ Ez a projekt első díjat nyert a GRAPHISOFT által meghirdetett „Algoritmikus tervezés BIM környezetben” pályázaton.

A koncepcionális, szabad vonalvezetéssel létrehozott geometria Rhinoceros alkalmazással készült. A Rhino segítségével egyszerűen, grafikus felhasználói felületen hozhatunk létre NURBS-görbéket és képezhetünk ezekből felületeket. A grafikus kontrollfólgó pontok használatával, 3D-nézetben szerkeszthető, módosítható és igazítható a létrehozott felület.

A Grasshopper a Rhino algoritmikus tervezési eszközöket biztosító kiegészítője. Lehetővé teszi azt, hogy az építészek grafikus kezelőfelületen – matematikai ismeretek nélkül – matematikai szabályokat és generatív eljárásokat rendeljenek hozzá a Rhinóban készített modellhez.

A Grasshopper segítségével a tervezők egy térhálót fektetnek a korábban létrehozott NURBS felületmodellre. Ez lehetővé tette azt, hogy a komplex NURBs modellt egységesen kiosztott, csoportokba sorolható sík elemekkel képezzék le. Az azonos színű felületelemek méretei megegyeznek, melyek a gyártási folyamatokat és költséget is optimalizálják.

A Grasshopper és a Rhino fontos előnyei közé sorolhatjuk azt is, hogy minden Rhino NURBs felületmodellen végzett változtatást azonnal és automatikusan lekövet a térhálókiosztás. Ez a modellkapcsolat tehát nem szűnik meg azután sem, miután a térháló generáltuk, ráadásul a teljes projektfájl mérete nem több mint 200 kB!

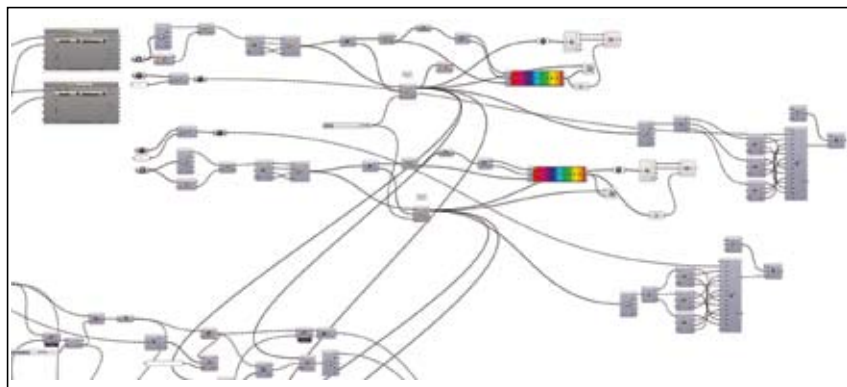
A következő lépésben a NURBs-felületre generált, sík térháló egységek segítségével parametrikus árnyékoló paneleket helyezünk le. Ezek a panelegységek az aktuális elhelyezés és tájolás, továbbá a napállás alapján változtatják helyzetüket, ami a benapozás ellen optimális védelmet biztosít. A földrajzi fekvés, valamint a nappályadiagram bemenő adatait ARCHICAD-ben fogjuk meghatározni és hozzárendelni a panelekhez a következőkben.

Az élő, kétirányú Grasshopper-ARCHICAD-kapcsolatnak köszönhetően parametrikus árnyékoló szerkezeteket oszthatunk ki a térháló pontjait felhasználva. A kétirányú kapcsolat a tervezési fázis minden szakaszában elérhető és rendelkezésre áll, tehát akár a kiviteli tervdokumentáció készítése során is „büntetlenül” módosíthatjuk a NURBs-felületet – a kétirányú kapcsolat, valamint a BIM munkakörnyezet automatikusan lekövetik az összes érintett változást a térhálóban, a panelek kiosztásában, elhelyezésében és tájolásában is.

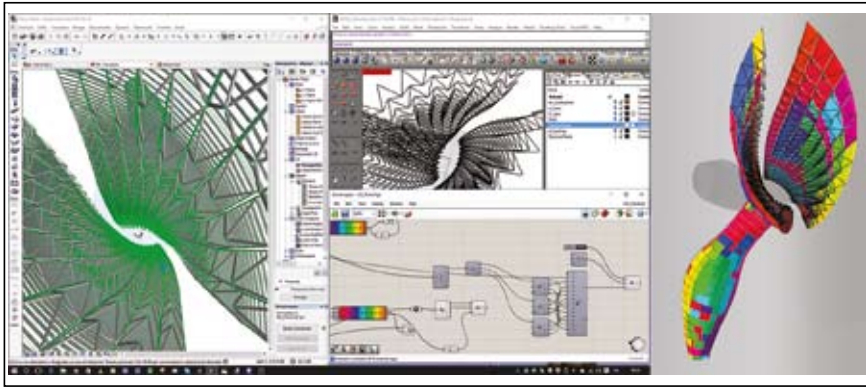
Minden olyan változás, melyet ARCHICAD BIM környezetben végzünk, hatással lesz a Rhino-Grasshopper modellre és viszont. A bemutatott projekt ARCHICAD fájl mérete mindössze 13 MB. Ez a kis fájl méret lehetővé teszi azt, hogy a modell szerkesztési és -frissítési műveletek elvégzéséhez egy átlagos számítógép-konfiguráció is tökéletesen megfeleljen.

A terv kidolgozása során felhasználhatunk parametrikusan konfigurálható ARCHICAD-elemeket. A helyszín földrajzi jellemzőinek és tájolásának megadása után lehetőségünk van olyan parametrikus árnyékoló panelek betervezésére, melyek az adott napállást követve változtatják az árnyékoló lamellák helyzetét.

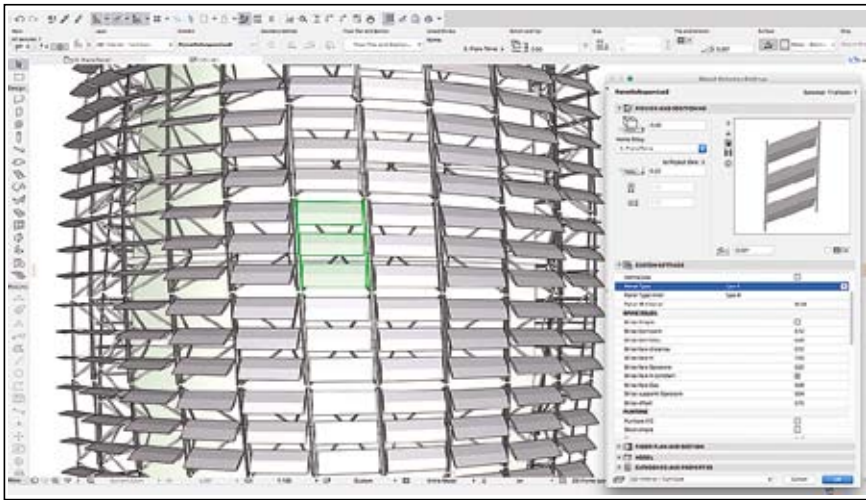
Az ARCHICAD professzionális BIM munkakörnyezete lehetővé teszi a NURBs-alapokon nyugvó épületmodell tervdokumentációjának – metszet, homlokzatok, alaprajzok stb. – előállítását és tervek helyezését, továbbá készíthetünk modell alapú anyag-, elem- és költségkimutatásokat is a tervezés bármely szakaszában. Látványtervek és mobil eszközökön megtekinthető, interaktív BIMx tervbejárás is bármikor előállítható.



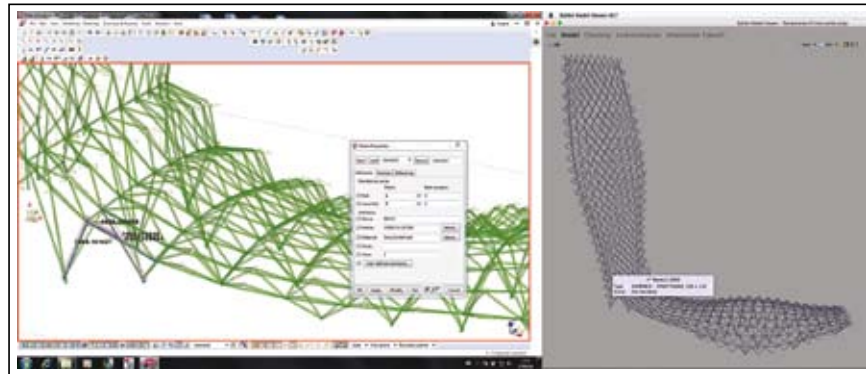
12. ábra A Grasshopper használatával parametrikus jellemzőkkel láthatjuk el a Rhino modelleket – Michele Calvano és Mario Sacco, ArchiRADAR



13. ábra Grasshopper–Rhino – ARCHICAD kétirányú, élő kapcsolat, BIM-alapú munkakörnyezet – Michele Calvano és Mario Sacco, ArchiRADAR



14. ábra Parametrikus ARCHICAD árnyékoló elemek generatív kiosztása és elhelyezése – Michele Calvano és Mario Sacco, ArchiRADAR



15. ábra Teherhordó vázszerkezet létrehozása (TEKLA Structures) és a modell ellenőrzése (Solibri Model Checker) – Michele Calvano és Mario Sacco, ArchiRADAR

Az ARCHICAD BIM terv szabadon megosztható szakági társtervező mérnökökkel is .IFC és .BCF fájlformátum használatával (OPEN BIM). Az épület térháló-geometria modellje megosztható szerkezettervező mérnökökkel. Az itt bemutatott példában TEKLA Structures alkalmazás használatával készült el a térbeli rácsostartó szerkezeti vázlata. A szerkezettervezők által kidolgozott teherhordó váz geometriáját és javasolt csomópontjait az építész tervezőkkel is meg lehet osztani. Elvégezhető a gépészeti rendszerek és a szerkezeti elemek ütközésvizsgálata, mely további tervegyeztetés alapjául is szolgálhat.

A Grasshopper algoritmikus eszközeivel előállított Rhinoceros modell használható az épület energetikai jel-

lemzőinek vizsgálatára is. A Ladybug és a Honeybee Rhino kiegészítők lehetővé teszik a Rhino modell Energy Plus alkalmazásban történő elemzésének elkészítését. Az ARCHICAD is lehetővé teszi építészek által is könnyen elvégezhető energetikai kimutatók elkészítését, továbbá lehetőség van az energetikai modell egyéb alkalmazásokkal történő megosztására is (pl. PHPP, iSBEM, VIP-Energy, gbXML, illetve az ún. „zöld” IFC formátum használatával).

TERMÉSZETES ÉS MESTERSÉGES VILÁGÍTÁS ILLESZTÉSE

Egy épület belső tereinek természetes világítási lehetőségei – az épület energetikai jellemzőivel együtt – az építész tervező döntései révén meghatározásra kerülnek. A mesterséges világítás tervezése egy jóval későbbi tervfázisban, a kiviteli tervek előállításakor történik. Ezt a világítástechnikai mérnök – tehát nem az építész mérnök – végzi. A BIM-alapú tervfeldolgozás lehetővé teszi azt, hogy az építész által létrehozott „épületinformáció-adatbázis” részét képezze a szakági tervezők – pl. világítástechnikai szakmérnökök – által létrehozott tervinformáció is. Ez alapvető feltétele annak, hogy az építész tervezés eredményeként kialakult természetes világítás jellemvonásait alapul véve meghatározzuk és dinamikusan szabályozzuk a mérnökök munkája során tervezett mesterséges világítás karakterisztikáját.

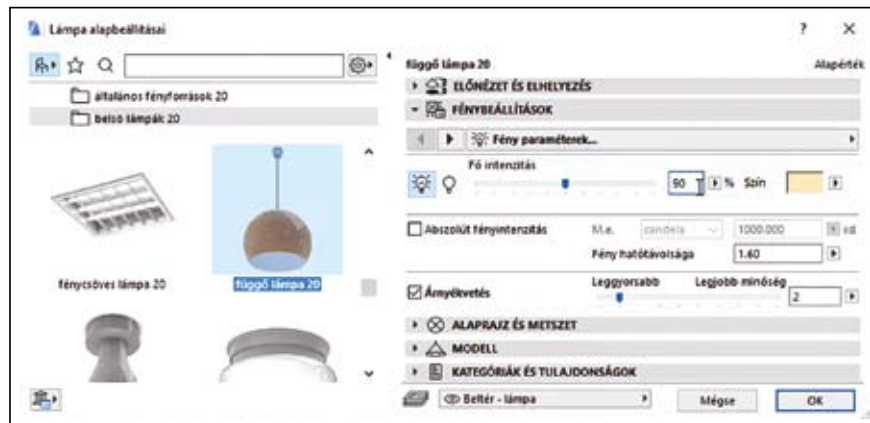
Az eltérő tervezési fázisban, eltérő tervező személy által előállított épületinformációt egységesen és egyetlen modellben kell kezelnünk ahhoz, hogy pl. a természetes és mesterséges világítás dinamikusan illesztésének kérdésére olyan választ adhassunk, melyet az épület üzemeltetése során is hatékonyan használhatunk.

Az építészek által használt BIM-alapú számítógépes alkalmazások – önmagukban – ugyan nem alkalmasak szakági tervezésre; de alkalmasak arra, hogy az eltérő alkalmazást használó szakági tervezők munkájának eredményét koordinált módon kezelni tudják. OPEN BIM-alapú tervfeldolgozás esetében lehetőség nyílik a társtervezők által végzett módosítások – új, törölt és módosított elemek – pontos követésére és dokumentálására, továbbá elektronikusan hitelesített revíziós lista is készíthető.

Az építészek számára fontos az általuk tervezett épület bekapcsolásának és természetes világítási lehetőségeinek vizsgálata, hiszen az építész döntések eredményeként alakul ki a koncepcionális tervezés (épület tömegformálása, tájolása, ablakok, bevilágítók mérete, elhelyezése stb.). A természetes világítás tervezését ugyanakkor nem az építészek végzik, ők kézhez kapják a társtervező mérnökök által végzett munka eredményét. A világítástechnikai mérnökök munkájából az építészeket elsősorban a lámpatestek száma, színe, formája és befoglaló geometriája érdekli, mert ezek befolyásolják az épület belsőépítészeti kialakítását.



16. ábra Szakági tervezés BIM-alapokon – Graphisoft ARCHICAD és DDS-CAD Building



17. ábra Építész, vázlatos látványtervek gyors készítéséhez, egyszerűsített világítástechnikai beállítások – Graphisoft ARCHICAD



18. ábra Fotorealisztikus látványtervek készítéséhez IES fotometrikus adatokat használó világítótest-beállítások – Maxon Cinema 4D

A lámpatest geometriai jellemzőinek kezelését az építész BIM alkalmazások kezelni is tudják, sőt a geometrián túl megadható néhány olyan – nagyon leegyszerűsített – fényforrásjellemző is, mely a látványtervek előállításához segítséget nyújthat.

Az elmúlt évek során – a számítógépek számítási teljesítményének növekedésével – a fotorealisztikus látványtervek és számítógépes animációk előállítására használatos programok is fejlődtek. Ezek az alkalmazások sem használhatóak mesterséges világítás tervezésére, ugyanakkor az építész látványtervek készítése során most már lehetőség nyílik arra, hogy a világítótest-gyártó cégek adatbázisát (IES fotometrikus adatokat tartalmazó fájl) használhassuk. Ez segít abban, hogy az építész

látványtervek előállítása során a mesterséges fényforrások és lámpatestek a gyártói jellemzőket figyelme véve viselkedjenek.

A társtervező mérnökök olyan programokat használnak, melyek képesek a szakági tervezési követelményeket és a helyi szabványokat is figyelme venni. Számos kisebb és nagyobb szoftverfejlesztő cég kínál megoldásokat szerkezettervezőknek, épületgépészeknek és villamos tervezőknek. A BIM-alapú munkafolyamatok előnyeit minden alkalmazás igyekszik egyre jobban kihasználni. Ez nemcsak a tervezézettes során nyújt számos előnyt, de költséghatékony és kézenfekvő megoldást nyújt számos olyan tervezési és üzemeltetési problémára is, mint pl. a természetes és mesterséges világítás illesztése és költséghatékony üzemeltetése. Nézzünk erre egy konkrét példát.

A Data-Design Systems (DDS) több olyan számítógépes megoldást kínál mely kifejezetten épületek szakági tervezése során használható (épületgépészet, megújuló energiát hasznosító rendszerek tervezése, villamos és világítástervezés stb.). **Minden DDS alkalmazás támogatja az OPEN BIM-alapú munkafolyamatokat, mely lehetővé teszi azt, hogy a szakági tervezők által előállított tervezési adatok – adatvesztés és koordinációs hibák nélkül – a központi épületinformációs modell részét képezhessék.**

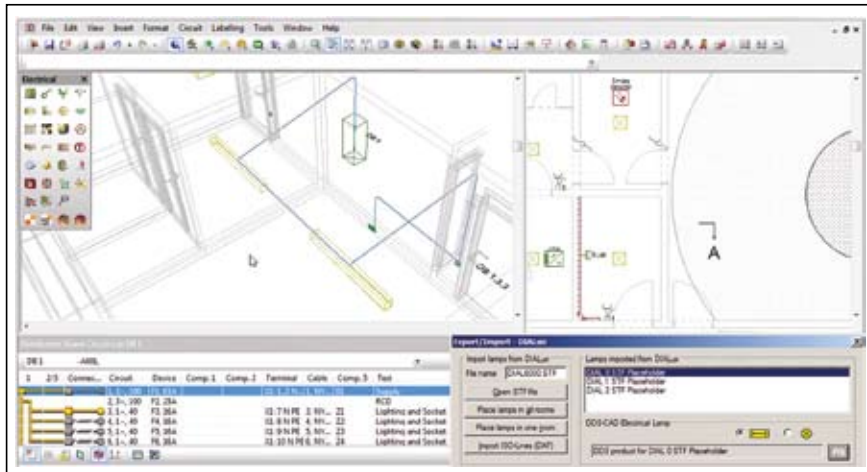
Az épületvillamossági és világítástechnikai tervezők számára ajánlott DDS-CAD Electrical¹¹ programcsomag 2D és 3D munkakörnyezetet is nyújt, a tervezés és tervdokumentálás minden fázisában használható, továbbá modellalapú tervkapcsolatot kínál a sokak által használt DIALux¹² és Relux¹³ programokkal is. Támogatja továbbá a buildingSMART¹⁴ által gondozott, nyílt, modellalapú tervmegosztásra és egyeztetésre fejlesztett .IFC¹⁵ és .BCF¹⁶ standardokat is, melyek az OPEN BIM-alapú munkamódszerek során használhatók.

Ez a munkamódszer lehetővé teszi azt, hogy az építész tervező által – a tervezés kezdeti fázisában – használt, algoritmikus tervezési munkamódszer eredményeként létrejött dinamikus árnyékoló modul; valamint a világítástechnikai mérnök által – a kiviteli tervfázis során – készített villamos-, ill. mesterséges világítási rendszer minden részlete egyazon központi BIM-adatbázis részét képezze. Az egységes, központi BIM-adatbázisban minden olyan bemenő adat rendelkezésre áll, mely a természetes és mesterséges világítási

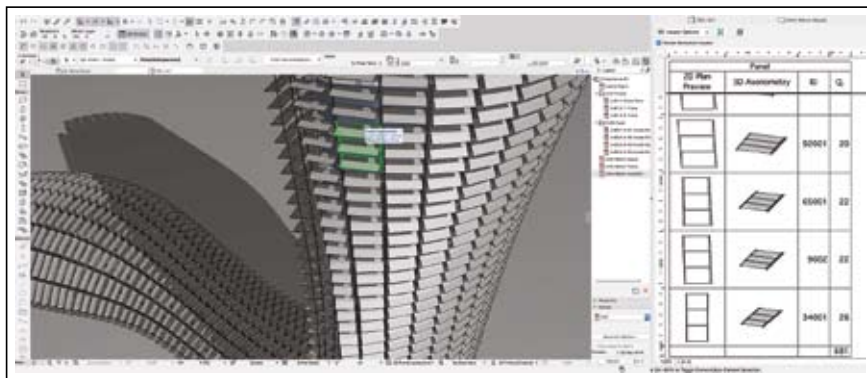
rendszerek illesztése során szükséges lehet.

ÖSSZEGZÉS

Az algoritmikus tervezési folyamatok a természetben megfigyelhető szabályrendszert használnak. Matematikai összefüggések és paraméterek használatával impozáns épületformákat generálhatunk. A formai kialakításon túl használhatjuk ezeket az összefüggéseket arra is, hogy elvégezzük a természetes és mesterséges világítás illesztését, optimalizáljuk az épület energiafogyasztását, építési és üzemeltetési költségeit.



19. ábra Épületvillamossági és világítástervezés BIM-integrációval – DDS-CAD Electrical, Dialux



20. ábra Külső, moduláris árnyékoló elemek generatív képzése, Grasshopper-ARCHICAD – Michele Calvano és Mario Sacco, ArchiRADAR

Az épület tervezésének kezdeti szakaszában hozott építészdöntések akár 80%-ban meghatározhatják a megépült épület energetikai és természetes világítási jellemzőit. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy ha – energetikai és természetes világítási szempontokat tekintve – rossz döntéseket hozunk a tervezés kezdeti szakaszában, akkor azt a későbbi szakaszok során már nem lesz módunkban építészeti eszközökkel korrigálni (tájolás, tömegformálás stb.). Az algoritmikus tervezési módszerek nagyban segíthetnek energetikai és természetes világítás szempontjából is jobb tervezésdöntések meghozásában.

A szakági mérnökök az építészterveket és koncepciót alapul véve tervezik meg az épület világítási, hűtési, fűtési, szellőzési rendszereit. Megfelelő tervkoncepció kialakításával optimalizálni lehet a mesterséges világítási és épületgépészeti rendszerek teljesítményigényét, ami az épület fenntartási és üzemeltetési költségeinek csökkentését is jelenti. **A koncepcionális tervek tehát nemcsak az épület formai kialakítását, de a mesterséges világítás energiafogyasztását és az épület energetikai jellemzőit, továbbá fenntartási költségeit is alapvetően meghatározzák.**

„Az épületeket ma már elláthatjuk dinamikusán változó jellemzőkkel, melyet akár a »viselkedés« jelzővel is illethetünk. Az épületburok valós időben képes követni a környezeti változásokat, mind ezért a tervezőknek nemcsak megtervezni kell az épületet, de fel kell készíteniük azt a megfelelő »viselkedésre«, azaz a változások valós idejű követésére. A számítógépes programok fejlődésének köszönhetően az épületek dinamikus viselkedésének megtervezése jóval egyszerűbb algoritmikus és generatív tervezési eljárások használatával. Matematikai összefüggések és paraméterek

használatával adhatjuk meg az épületek viselkedésének szabályait. Ez lehetővé teszi azt, hogy bonyolult, de közvetlen kapcsolatot hozzunk létre a környezet dinamikusán változó jellemzői és a komplex építészterv között. Azt a személyt, aki a kapcsolat létrehozásáért, továbbá a két oldalról érkező adathalmaz kezeléséért felelős, hívhatjuk »algoritmikus« tervezőnek. A feladata az épület formájának meghatározásán túl a kivitelezési és gyártási munkafolyamatok ellenőrzése is.¹⁷

Az algoritmikus tervezői eszközök segítséget nyújthatnak az épület geometriájának formálása, a transzparens szerkezetek, ablakok számának, méretének és elhelyezésének meghatározására, a fix vagy dinamikus árnyékolási rendszerek kialakítására. A BIM-munkakörnyezet használata lehetőséget nyújt a szolárnyereség dinamikus elemzésére, mely segít a fűtési és természetes világítási – sokszor szemben álló igényeinek – optimális kezelésére.

A BIM-alapú tervezés és az algoritmikus eljárások alkalmazása lehetővé teszi az árnyékoló rendszerek optimális kiépítését a helyi éghajlati és földrajzi adottságok figyelembevételével. Megoldható a természetes és mesterséges világítás dinamikus illesztése a helyi éghajlati adottságok, az épület formai kialakítása, a belső tér funkciója, konkrét használata, valamint a moduláris árnyékoló rendszer sajátosságainak figyelembevételével.

Az itt ismertetett BIM-alapú, algoritmikus tervezési munkamódszer egyedi építészeti formák kialakításán túl segít optimális energetikai tulajdonságokkal rendelkező épületek tervezése, építése és üzemeltetése során is.

Irodalomjegyzék

- 1 Arturo Tedeschi, "AAD: Algorithms-Aided Design" (2014) ISBN 978-88-95315-30-0
- 2 Michael Hansmeyer: Building unimaginable forms, www.michael-hansmeyer.com
- 3 Michael Hansmeyer: Building unimaginable forms, www.michael-hansmeyer.com
- 4 The Autopoiesis of Architecture by Patrik Schumacher (Zaha Hadid Architects)
- 5 Shajay Bhoosan, Computational Design Group, Zaha Hadid Architects
- 6 DaeWha Kang, Associate, Zaha Hadid Architects
- 7 Jakob Andreassen, BIM Manager, Bjarke Ingels Group, www.big.dk
- 8 Baróthy Laura, terméktervező, Graphisoft, www.graphisoft.com
- 9 www.archiradar.it
- 10 www.dds-cad.net/
- 11 www.dds-cad.net/products/dds-cad-electrical/
- 12 www.dial.de/en/home/
- 13 relux.com/en/
- 14 buildingsmart.org/
- 15 www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview/
- 16 www.buildingsmart-tech.org/specifications/bcf-releases/
- 17 Mario Sacco, Architect, ArchiRADAR, www.archiradar.it



Dr. Filetőh Levente
okl. építészmérnök
www.egt.bme.hu/filetoth