

Országos Tudományos Diákköri Konferencia

Melles Fanni Réka

III. éves építész hallgató

Napsugárzás és geometriai szerkesztés

Konzulens:

dr. Szoboszlai Mihály

egyetemi docens



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építész Kar

Építészeti Ábrázolás Tanszék

2012-2013.



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Tartalom

Bevezetés 3

A Nappal kapcsolatos ismeretek a történelem folyamán:..... 4

 Az őskor embere és a Nap:..... 4

 Newgrange: 5

 Stonehenge:..... 6

 Ale-kövek: 8

 Az ókor kozmológiai elméletei 9

 Egyiptom:..... 9

 Görögország: 10

 Maya civilizáció:..... 12

 Középkor: 13

 Kora középkor:..... 13

 Késő középkor: 14

 XVII. század:..... 16

 XVIII. század 16

 XIX: század- a modern csillagászat kezdetei:..... 17

 XX. század 18

Sztereografikus ábrázolás: 19

Építészeti tervező programok összehasonlítása: 24

Tanulmányprogramok:..... 27

 Benapozás vizsgálat számítógépes modelleken directX segítségével (Hunyady Márton programja
 Nyisztor Károly Grafika és játékprogramozás DirectX-szel című könyve alapján) 27

 Napállás meghatározása és megjelenítése dátum, időpont, és pozíció alapján android operációs
 rendszer futtató okos telefonokon 29

Az elmélet gyakorlati hasznosítási lehetőségei: 30

Összefoglalás:..... 36

Irodalomjegyzék:..... 37

 Egyéb források:..... 37

Bevezetés

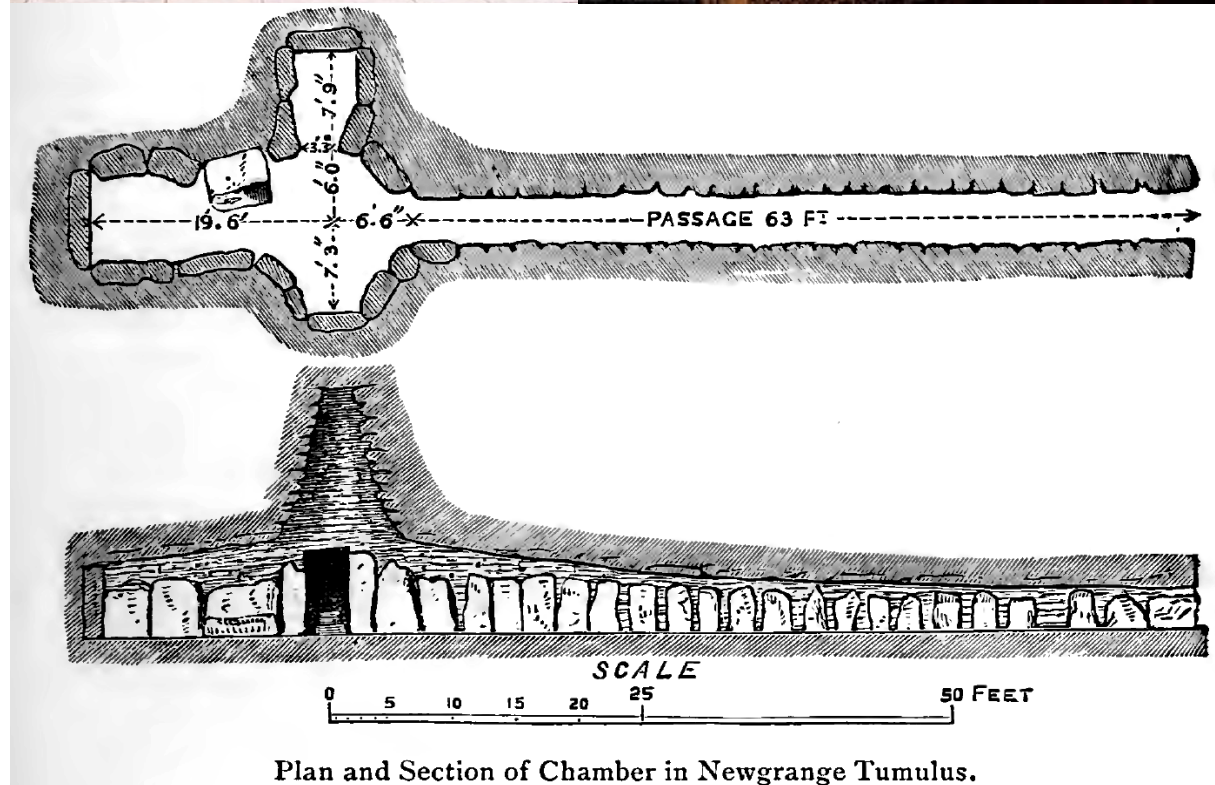
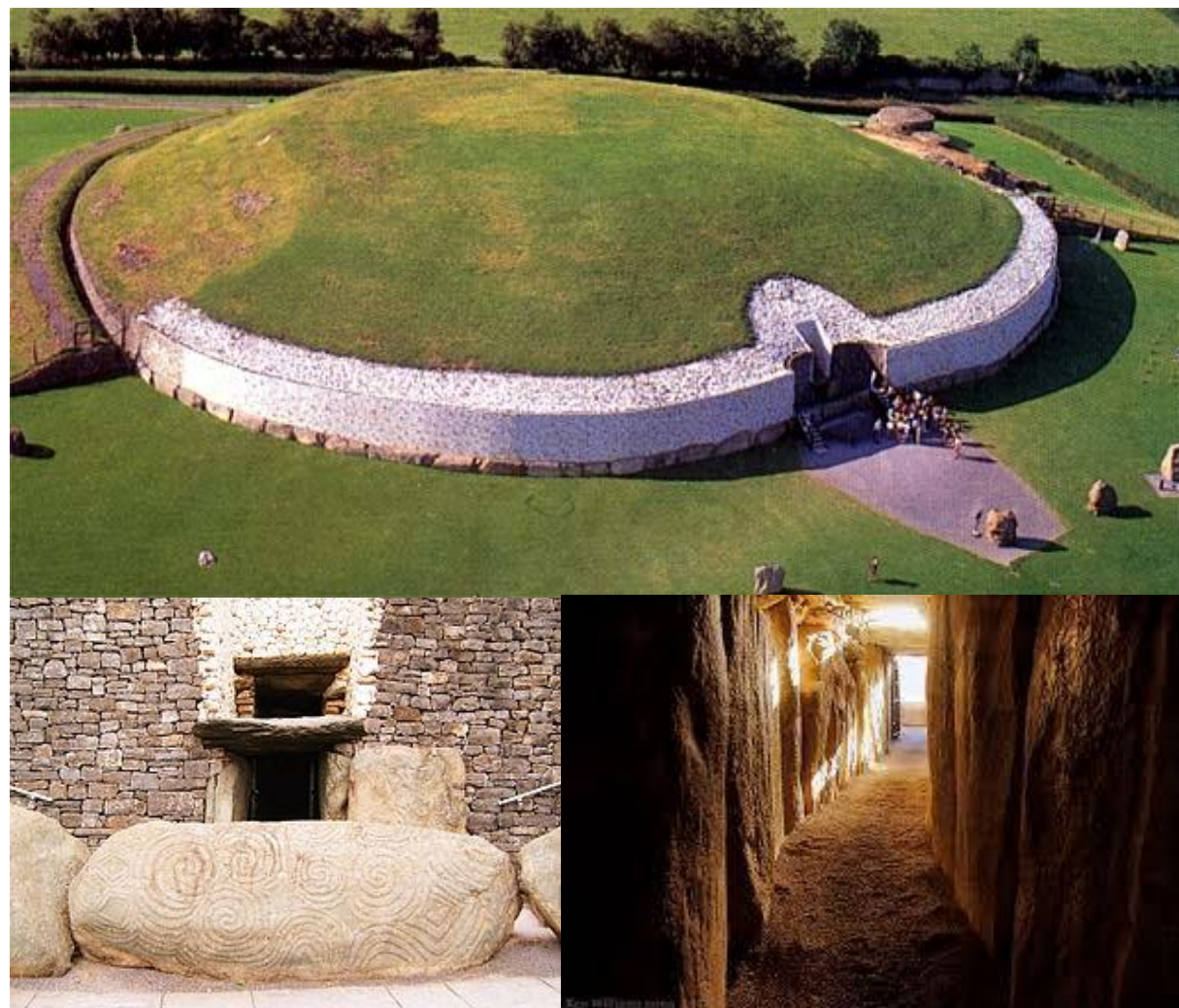
Az építészeti tervezési folyamat során mindig is igen fontos szerepet töltött be a Nap, a napfény, annak beengedése vagy kizárása, misztifikált megjelenítése vagy eltakarása, tudományos megközelítése. A mai tervezési gyakorlatban is foglalkozunk a fénnel, mint eszközzel, de nem az épülettel együtt tervezzük, hanem annak velejárójaként, a szabványokkal küzdve, esetleg utólag, és nem feltétlenül a megvilágítás lehetőségére figyelve. Inkább a hatás kedvéért keressük a fényes és árnyékos felületek létrehozásának lehetőségét; mint építészeti eszközt tekintjük, leginkább homlokzati elemként. A téma azért keltette fel érdeklődésemet, mert a geometriai alapismeretek megszerzése után visszatekintve még ebből a távlatból - több tervezési tárgy kapcsán megfigyelve a tervezési gyakorlatot - lehet talán a legjobban foglalkozni a napsugárzás geometriai úton való megközelítésével, az árnyékszerkesztéssel, árnyékmaszk készítéssel, és egyéb nem túl bonyolult szerkesztési lépésekkel. A ma rendelkezésünkre álló tervezési programokban már egyre gyakrabban és igen alaposan, hely (koordináta), és időpont függvényében vagyunk képesek megnézni a megalkotott ház modelljének benapozás vizsgálatát. De ez mind a ház megalkotása után, látványtervek készítésénél történik. Nagyon ritka az olyan program, mely kizárólagosan és igen egyszerűen csak az árnyékolással foglalkozik dátum és idő szerint. Mindemellett érdemes megvizsgálni magát a szerkesztést is, amivel a benapozás-vizsgálat készül. Amennyiben megismerjük a szerkesztést, talán könnyebb már a tervezés folyamán felhasználni ezt a specifikált tudást. Szeretném bemutatni, hogy előnyösebb mind az építésznek, mind a későbbi felhasználónak, ha már a tervezés folyamata során figyel a tervező a benapozásra, a nyílászárók megfelelő elhelyezésére, a tetősíkok megfelelő tájolására, hogy az esetleg bekerülő környezetbarát energiát létrehozó rendszerek a legnagyobb hatékonysággal tudjanak dolgozni.

A Nappal kapcsolatos ismeretek a történelem folyamán:

Az építészet történetében a legtöbb tervező kereste a kapcsolatot a belső és a külső tér, fény és árnyék között, lehetőséget a fény behozatalára az építménybe, vagy a Nappal való kapcsolatának meghatározására. A történelem folyamán minden korban találhatunk példákat erre: minden kultúra foglalkozott a Nap kérdésével. A korai időkben még mint Istent tisztelték, mert nem értették létezését, de hajtotta őket a kíváncsiság, és a sok kérdés, hogy megismerjék ezt a hatalmas égitestet, mely a Föld körül kering (bár ők még nem feltétlenül ebben hittek), és életet ad. A későbbiekben tudományos kísérletekkel és matematikai modellekkel egyre többet tudtak meg, következtettek ki, igazoltak és bizonyítottak be. A tudományos felfedezések közben az építészet is változott a technikák fejlődésével.

Az őskor embere és a Nap:

Az ember már a kőkorban elkezdte megfigyelni a fényesebb csillagokat; az év szakaszainak tulajdonságait összekötötte az egyes csillagok felbukkanásával vagy eltűnésével, a Nap és a Hold változásaival. Az égitestek váltakozásaihoz kötötték az évszakok változását, egyes természeti események bekövetkeztét, az időjárás változását. Így lassan megtanulták naptárként is szemlélni az égitesteket (ez a tudás a letelepedés és a növénytermesztés megjelenésével egyre fontosabbá vált). Fontos csillagászati észlelés volt elsősorban a Nap kelési és nyugvási helyének megfigyelése a horizonton. Már az őskor embere is rájött arra, hogy évente csak egyszer történik meg, hogy Nap pontosan keleten kél és nyugaton nyugszik, és különleges dátumoknak gondolta ezeket az időpontokat. Próbálta helyüket, irányukat kőtömbökkel, karókkal, oszlopokkal megjelölni (a folyamatosan vándorló népeknek ez útmutatásul is szolgált). Világképük mitikus volt: amit nem tudtak saját természetbeli ismereteikkel indokolni, ahhoz próbáltak természetfeletti magyarázatot kötni. Megfigyelték a természet változásait párhuzamosan a csillagok változásaival, és összekötötték őket: mindent a Nap, a Hold, és a csillagok irányítanak. Hitük szerint ezért igen fontos volt áldozatot bemutatni, hogy elnyerjék a nagy istenek jóindulatát. (Például: a kőkori ember igen nagy félelme volt, hogy az egyre rövidülő napok folyamata nem áll le, és egyszer csak elfogynak a világos órák. Ezért minden évben az ég legrövidebb napján, a téli napfordulón áldozatot mutattak be a Napnak, hogy forduljon meg a folyamat, és térjenek vissza hosszú nappalok.) A különleges dátumokat egy idő után nem csak oszlopokkal, hanem az időpontra szerveztett építményekkel, rendszerben elhelyezett kőtömbökkel, kőkörökkel tisztelték meg. [LUK1]



Newgrange:

Írország egyik talán legismertebb és leggyakrabban felkeresett turisztikai látványossága Newgrange. Meath megyében található egy völgyterületben, ahol körülbelül 40 neolitikus, 5000 éves sír található. Bár a Brú-na-Bóinne-i komplexum egyik része, mégis ez a legismertebb a napfolyosós szerkesztése miatt.

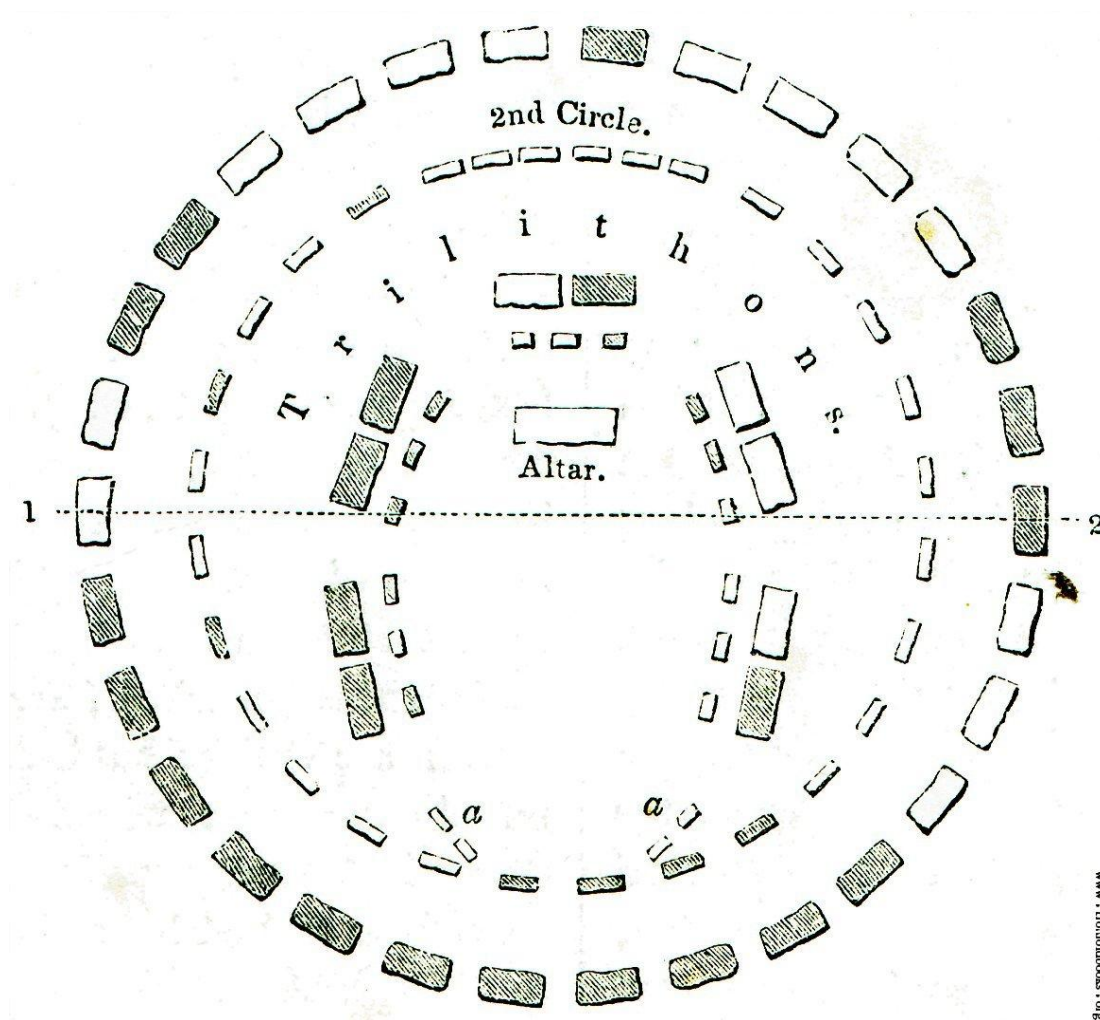
Feltehetőleg Kr. e. 3100 körül épült, alapja egy oválishoz hasonlít, melynek átmérője 79 és 85 méter között változik, és a legnagyobb belső magasság 11 méter a kamrasír felett. A halmot 97 szegélykő veszi körbe, mindegyiken faragások találhatók, legdíszesebb a sír bejáratát díszíti.

Maga a folyosó 19 méter hosszú, a halom belsejében a sírkamrákba torkollik, délkelet felé, pontosan a téli napforduló irányába van tájolva. A főkamra szabálytalan kereszt alaprajzú és 6 méter magasságba ívelő boltozatos tetővel rendelkezik. (Az egész halom olyan pontosan van összeillesztve az építőkövekből, hogy 5000 éve stabilan áll, mindenféle kötőanyag nélkül - már ez önmagában hatalmas szakértelemről tanúskodik). A sírkamrában egy áldozati kőtálat találtak benne emberi maradványokkal, a történészek szerint ez is alátámasztja azt az elképzelést, hogy Newgrange különleges szerepet kapott a sírhalmok között.

Mi sem bizonyítja ezt jobban, mint hogy a 19 méteres folyosó bejárata fölött létrehozott kis nyíláson mind a mai napig a téli napforduló napján reggel 9 óra tájban a Nap egészen a belső sírkamráig bevilágít (és csak ekkor éri napfény). A jelenséget 1969. december 21-én a sírhalom feltárója, Michael O'Kelly, a Cork Egyetem archeológia professzora, így írta le: "Pontban reggel 9 óra 54 perckor a napkorong felső szélé megjelent a horizonton, 9 óra 58 perckor az első fénysugár áthatolt a résen, és végigpásztázta a folyosót. Majd bevilágított a sírkamrába, végül eljutott a leghátsó kamra medence alakú kötőmbjéig. A kezdetben még vékony fénysugár közben 17 cm-esre szélesedett, és amikor a kamra padlójára tűzött, drámai módon szinte lángba borította az egész sírkamrát. Tisztán megvilágította a többi kamrát, így láthatóvá váltak a gyámköves tető apró részletei is, 10 óra 4 perckor a fénynyaláb keskenyedni kezdett, 10 óra 15 perckor pedig eltűnt."

A történészek sokáig csak egy sírhalomnak tartották, ám különleges szerkesztése, és a szinte tökéletes kivitelezése másra utal. A kiválasztott dátum a téli napforduló, az év legrövidebb napja, a természeti év kezdete, az alvó föld ébredése. A kőkori ember gyakori félelme volt, hogy az egyre rövidülő napok után a nevezetes dátum sem hozza meg a várva várt fordulatot, és ezért áldozatot mutatott be a Napnak a számára készített szentélyben (természetesen ez is csak egy feltevés a sok egyéb teória mellett). A halmot körülvevő kövek díszítései is kultikus helyre utalnak. Az építők, ahogy a halom kutatói kiderítették, a Boyne-völgyben nagyon sokat foglalkoztak a Nap mozgásának tanulmányozásával. Azt tartják róluk, hogy ők voltak az újkőkorszak legügyesebb napórakészítői (így Newgrange-et tekinthetjük az egyik legrégebb és legnagyobb napórának).

Mind a mai napig megfigyelhető a Nap bevilágításának jelensége a Newgrange-i sírkamrában. Szerkesztői olyan pontosan kiszámították a bevilágítás útját, hogy az eltelt 5000 év változásai a Föld mozgásában, tengelyében sem változtattak a jelenségen, csak egy kicsit rövidült, ahogy a kutatók ki tudták számolni.



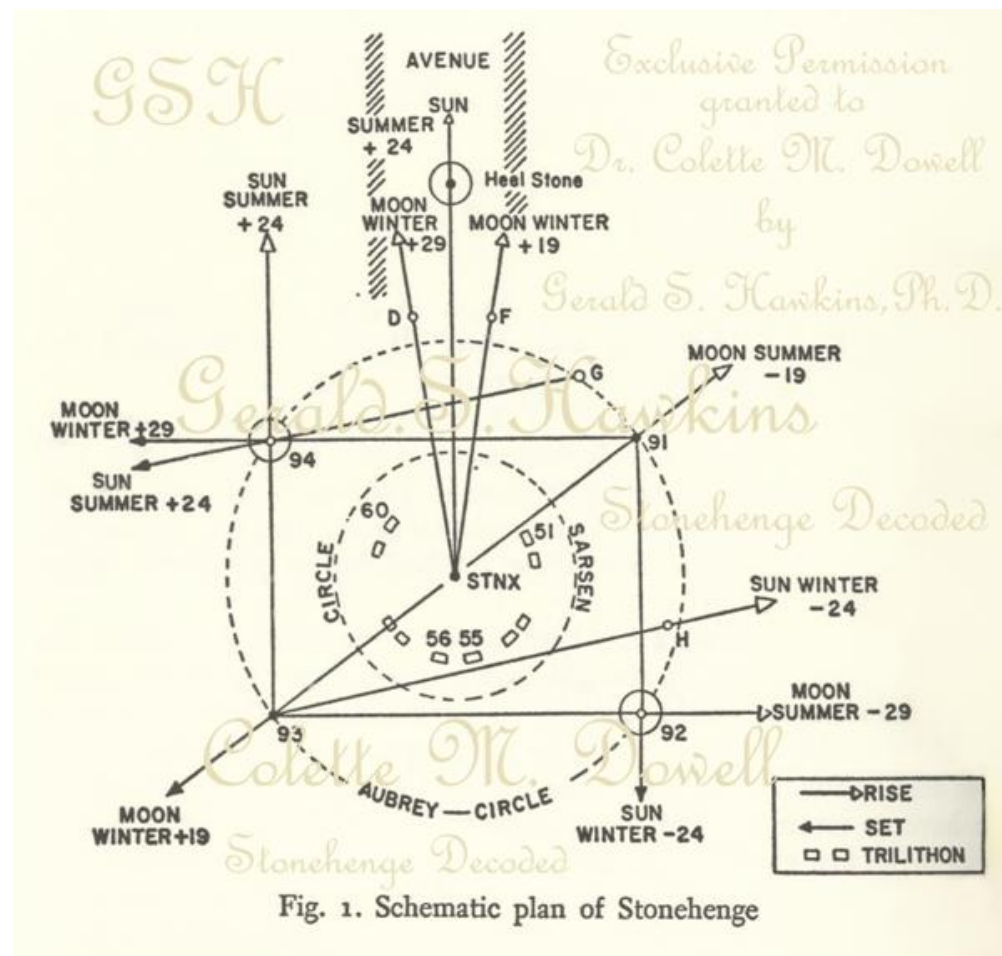
Stonehenge:

Az egyik leghíresebb megalitikus építmény, mely körkörös elhelyezett kőtömbökből és földsáncokból áll az angliai Wiltshire-ben, Salisbury-től mintegy 13 km-re északra. Építése 3 fázisban zajlott, Kr. e. 2500 körül kezdődött (bár erről több különböző elképzelés is van), és Kr.e. 2000 körül fejeződött be. Nagyon sokáig csak találgatások kísérték a feltárásokat, és különböző elméletek születtek létrejöttének céljáról. A mai legújabb adatok szerint, melyeket a Birminghami Egyetem ásatásai során tártak föl a Stonehenge Hidden Landscape Project elnevezésű program keretében, a kőkör a béke és az egység jelképe volt, melyet több egymással addig harcoló törzs épített (ez lehet a magyarázata annak, hogy több száz mérföldekről származó kövek vannak a kőkörben.)

Az 1. fázisban elkészült a 98 méter átmérőjű, 6 méter széles és 1,4-2 méter mély kör alakú árok. A kiásott törmeléket az árok belső oldalán, mint egy sáncot, halmozták fel, ám hagytak egy bejáratot, ahol oszlopokat állítottak föl, melyek egyike megmaradt: ez az Áldozókő. A töltés belső oldalán 56, nagyjából 1 méter mély lyukakat ástak, tökéletes kör mentén (ezek hívják ma Aubrey-lyukaknak), valamint feltételezik, hogy a Stációkövek is ebben a fázisban kerültek a helyükre. A 2. fázis az úgynevezett harangedény-kultúra idején, Kr. e. 2100 körül kezdődött, amikor az mintegy 80, 4 tonnás granit oszlopokat állítottak fel a kőkör közepén, így az egész együttes egy bezáratlan koncentrikus kört formált (ezeket később eltávolították). A bejárat oszlopoknak különleges helyzetet biztosítottak: a nyári napforduló idején a középpontból nézve a napkelte helyén vannak. Majd ugyanebben az irányban kiszélesítették a Sugárutat, és felállították a két Sarokkővet. A 3. fázisban Kr.e. 2000 körül létrejött a ma is látható legbelső patkó és az azt körülvevő kőkör, melyeket felül áthidalt homokkőhármassok alkotnak. (Ezek kivitelezése is igen nagy mérnöki szaktudásra enged következtetni: már csak helyükre emelésükből kifolyólag, nem mellesleg például az áthidaló kövek felső síkjának tökéletes vízszintesége, a csapolásokat a korabeli famunkákat utánóva kőkalapácsokkal faragták ki).

Stonehenge-ről már igen korán tudósítanak az ókori utazó tudósok: említést tesz róla Szicíliai Diodórosz, a későbbiekben Geofre of Monmouth, John Aubrey (akiről a tökéletes körben kiásott lyukakat elnevezték). Megvizsgálta többek között Edward Duke, Norman Lockyer (az első csillagász, aki megvizsgálja Stonehenge-et), R. J. C. Atkinson, Gerald S. Hawkins (szintén csillagász, már számítógépek segítségével végez számításokat, és meglepő eredményeket ér el), Ponori Thewrewk Aurél (Hawkins számításait igazolja). A XVII. századtól kezdve szinte nincs olyan történész, archeológus, csillagász (sőt építész, szobrász, még az brit királyok némelyike is) aki ne foglalkozott volna Stonehenge rejtélyével.

A már említett Gerald Hawkins 1963-ban megjelent cikkében leírja Stonehenge szerkesztésének elveinek egy-egy részét. Lockyer adataiból indul ki, állapításai szerint minden kőpárnak jelentése van, a kövek és az Aubrey-lyukak segítségével nem csak a nyári napforduló, hanem az egyéb más fontos Nap- és Hold-jelenségek is megjósolhatók. A Nap mozgását lekövetni a Holdéhoz képest sokkal könnyebb lehetett (a Hold eltolódásai 18,6 éves ciklust követnek). Hawkins szerint a négy Állomáskövet úgy állították fel, hogy azok az általuk alkotott



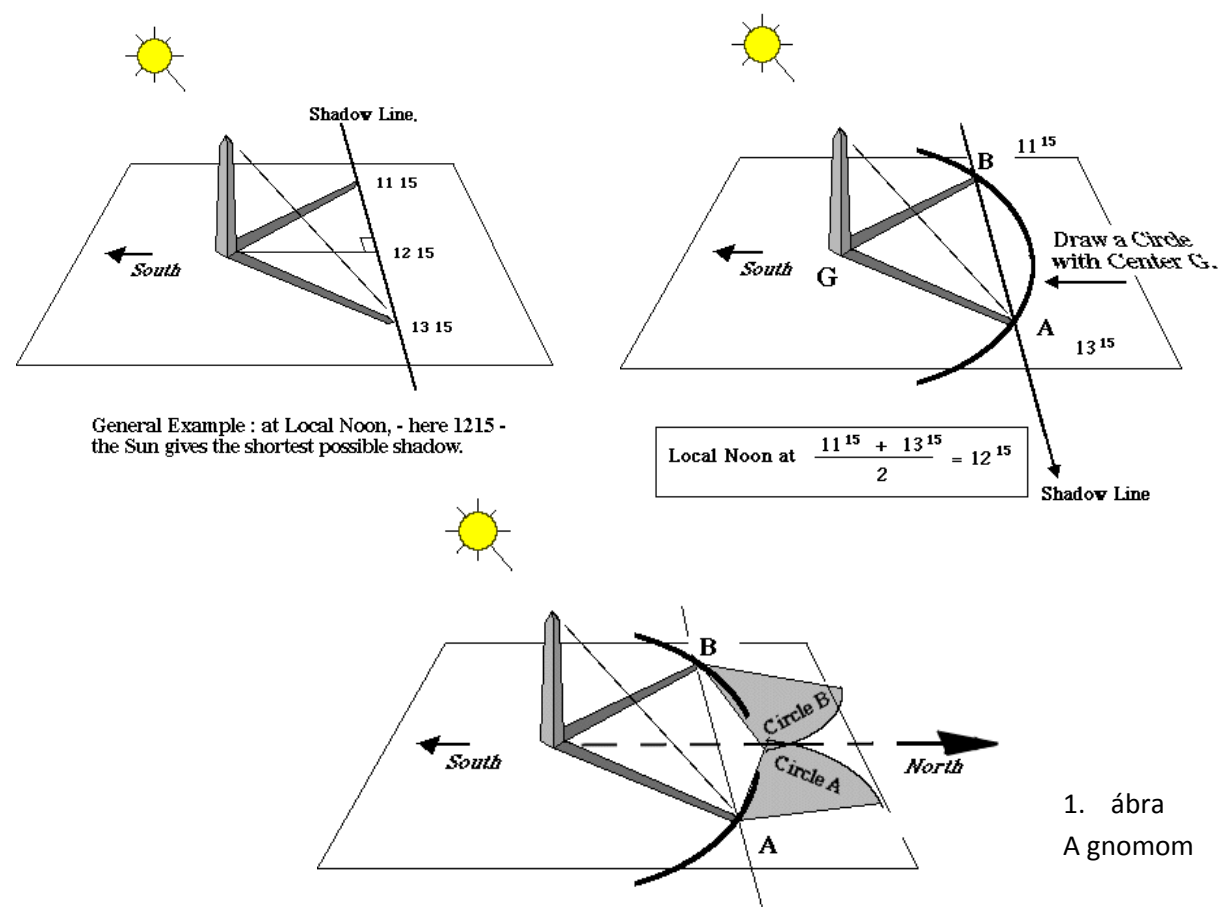
négyszög hosszú oldalai, illetve átlói mentén egy vonalba estek a Hold nyárközépi kelésének két szélső értékével, a négyszög rövid oldalai mentén pedig a nap nyári napfordulói kelésének irányába néznek. Ezen eredmények megjelenése után dr. Glynn Daniel régész, aki akkoriban a helyszínt vizsgálta, felkérte Fred Hoyle csillagászt, hogy ellenőrizze Hawkins eredményeit. A tudós 2,5 év után, amíg csak a számításokat ellenőrizte, hozzálátott Stonehenge titkának megfejtéséhez. Elsőként a probléma matematikai modelljét állította föl, majd a számításokat végezte el, melyek igazolták Hawkins eredményeit. Részlet a végül megjelent első cikkéből: "Azt a feltételezést, hogy Stonehenge-et talán komoly csillagászati céllal hozták létre, Hawkins a közelmúltban megerősítette, amikor kimutatta, hogy az építmény különböző pontjainak összekötése révén számos, csillagászati jelentőséggel bíró egyeneshez juthatunk. Néhány kutató felvetette a kérdést, vajon az ilyen sok kijelölt pontot tartalmazó szerkezetben ezeknek az egyeneseknek van-e statisztikai jelentősége. A közelmúltban feldolgoztam minden kitűzött pontot és összefüggést, amelyre Hawkins ráakadt. Véleményem szerint a pontok elrendezése nem véletlenszerű. Mint Hawkins kimutatja, egyik-másik kitűzött pont Stonehenge geometriai rendjével való összefüggései révén különleges jelentőségre tesz szert, és éppen ezek a pontok jelölik ki a legfontosabb irányokat. Továbbá úgy találtam, hogy éppen ezek az irányjelző egyenesek szolgálhattak messze ágazó csillagászati célokat, amint az alábbiakban bizonyítani fogják. Harmadszor pedig tüzetesebb vizsgálódás során kiderül, hogy a kijelölt pontok és egyenesek látszólag csekély, ± 1 fok nagyságrendű tévedései egyáltalán nem is tévedések." Második cikkében tovább tanulmányozta azokat a korai feltevéseket, melyek szerint a kőkör a fogyatkozás előrejelzőjeként működött: a holdpálya csomóinak keringési ideje, a 18,61 év, különleges jelentőséggel bír a nap- és holdfogyatkozások elemzése során. Hawkins felfigyelt rá, hogy egy mintául szolgáló kő, melyet az Aubrey-körön évente 3 gödörrel visznek odébb, 18,67 év alatt teszi meg a teljes kört, így feltételezte, hogy van valami kapcsolat a holdpálya és az Aubrey-gödrök száma között. Ebben egyetértettek Hoyle-lal, ám Hoyle véleménye az fogyatkozás-előrejelző működéséről eltérő. [VANL]



Ale-kövek:

Skandinávia legismertebb megalitikus építménye, az eddigiektől merőben eltérő. Elhelyezésükben a kövek hajó alakot formálnak, a bronzkorból származnak. A felmérések és számítások szerint van néhány kő, melynek tájolása igen különleges: részben a nyári vagy téli napforduló felkeltéjéhez, nyugtájához, és a kelet-nyugati irányhoz tájolták a kő-együtteseket, de a Hold speciális állásai is számításba vehetők. C. Roslund göteorgi csillagász szerint sok érdekes tulajdonságot őriz: a 67 m hosszú objektumot alkotó 57 nagy álló kőtömb két egymással szembefordított parabolát alkot, melyek direktixei szinte pontosan a nyári napforduló napfelkeltjének irányába mutatnak (mivel ugyanebben az irányban a horizonton egy bevágás is található, így valószínűleg a horizont egyenletlensége és a parabolák direktixei adják a keresett irányt. Alexander Thomnak a Brit-szigetek megalitikus építményein végzett mérései is alátámasztják ezt az állítást, mert kiderítette, hogy a horizont kiugró egyenletlenségei is szerepet játszanak a kőépítmények nevezetes csillagászati irányításaiban. C. Roslund kiszámította a pontos időpontot is, amikor a nyári napfordulón a Nap e horizontbevágásnál fölbukkan (a környezeti adottságoktól függően Kr.e. 300 és Kr.u. 300 között változik az időpont- végső pontos megoldást csak egy helyszíni régészeti feltárás adna, amelyre eddig még nem került sor). A hosszú bejárati folyosóval épített nagy kövekből létrehozott 41 sírt a tudós igen alapos régészeti és csillagászati kutatásnak vetette alá, és kiderítették, hogy a szerkesztés alapjául szolgáló égitest nem a Nap, hanem a Hold volt. [LUK1]

A három kiemelt példán kívül csak Európában több száz megalitikus emlékmű tanúskodik az ősemberek Nap vagy Hold iránt érzett elkötelezettségéről, és arról, hogy építészetileg ezek pályáját képesek voltak létrehozni a földön is, saját tapasztalataikra támaszkodva. Fokozatosan megtanulták értelmezni környezetük lényeges változásait, és összefüggésbe hozták az égbolton végbemenő változásokkal.

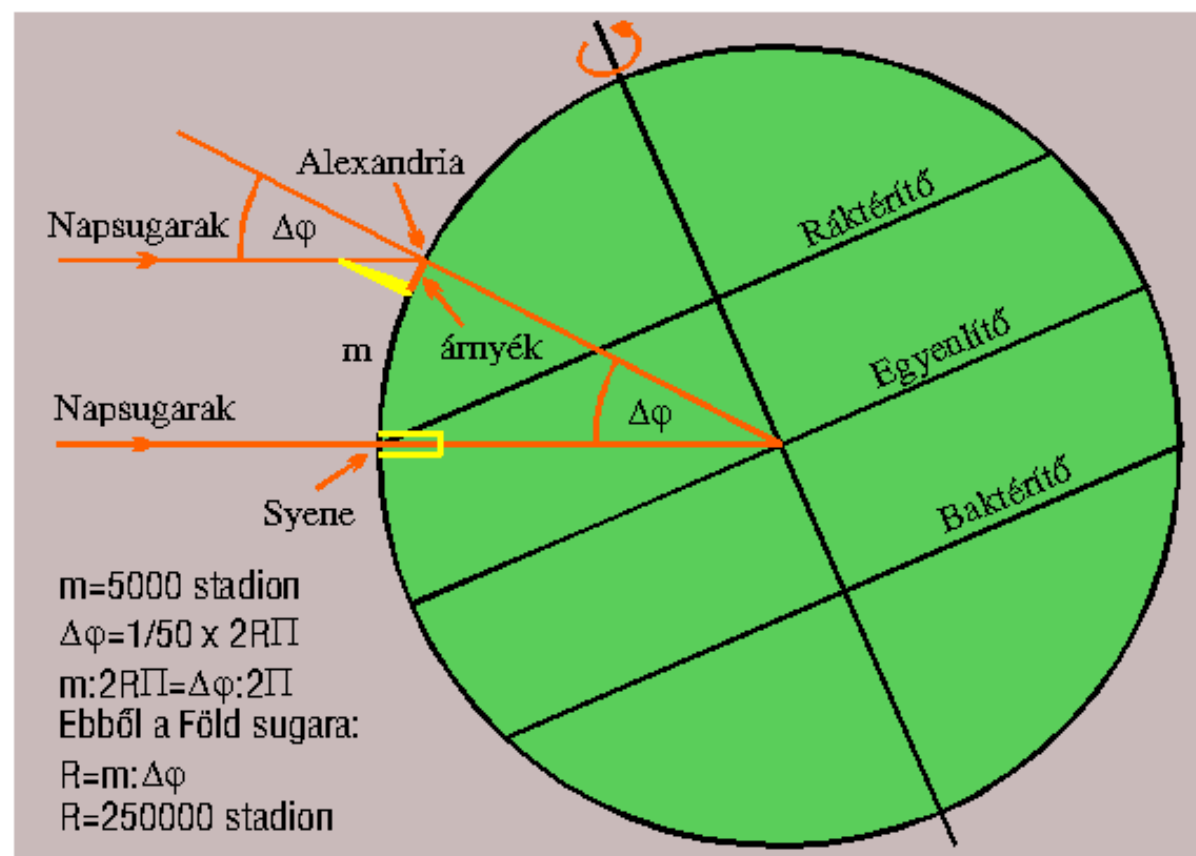


Az ókor kozmológiai elméletei

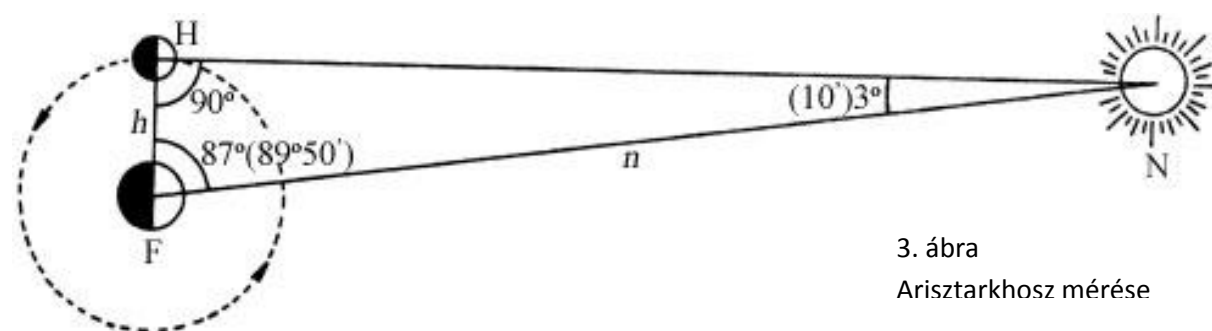
Egyiptom:

Az ókori Egyiptom földművelő népe a Nílus keskeny völgyében élt, és használta ki a folyó áldásos áradásának ajándékait. Hogy fel tudjanak készülni az áradásra, mely évenként, szabályosan következett be, a csillagok járását követték figyelemmel. Az egyiptomi papok megfigyelték, hogy amikor a Szíriusz (általuk Szóthisznek nevezett) csillagkép feltűnik hajnali égbolton (a Nappal együtt kel föl- heliákus kelés), akkor pár nap múlva beköszönt a Nílus áradása. Csillagászatuk alapja a Nap volt, eltérve a környező kultúrák hagyományaitól, s csillagászaik már az Óbirodalom idején, Kr.e. XXVIII-XXVII. században meghatározták a napév hosszát. Ők alkották meg az első komolyabb csillagászati eszközöket: nap- és vízórákat, bemetszett pálcákat, egyszerű szögmérőket, függőőnokat. Legfontosabb eszközük a gnomon volt. A gnomon egy pálca, melyet iránytűként használtak: egy napon nagyon sűrűn följegyezték a pálca árnyékát, majd kikeresték a legrövidebb árnyékot, melyet pontosan a delelő Napkor vet a bot. Az árnyék ezért ilyenkor pontosan észak fele mutat. Az észak-déli irányt ily módon meghatározva, ezen irányra felvett szakasz felezőpontjából a fél szakasznál kicsivel nagyobb sugárral köríveztek, és ahol a körív elmetszette az árnyékellipszist, két ponton, mely egy egyenesre illeszkedik, kiadja a keleti s a nyugati irányt. A karnaki obeliszk is egy óriás gnomonként is funkcionálhat, mely megadja a 4 égtáj irányát. (1. ábra: az irányok szerkesztésének fordított sorrendjét mutatja)

Amikor nem a földeket művelték, áradáskor, a fáraó a saját építkezéseihez rendelte őket: a hatalmas piramisokhoz. Ezen hatalmas építmények szerkesztései megdöbbentően pontosak: alapjuk tökéletes négyzet, éleik általában a négy égtáj felé tájoltak, és annyira pontosak, hogy alig egy-két ívpercnyi eltérés van a mai számításokkal. Az egyik legfigyelemreméltóbb építmény a Kheopsz piramis: szinte pontosan a 30. szélességi fokra építették, lapja éppen merőleges a Szíriusz delelésére, csúcsából 12 órás időhatáron belül leolvasható a napéjgyenlőség időpontja. A piramisoknak sok legendája van a Nappal és a Holddal kapcsolatban, nem is tudjuk igazán megfejtetni titkaikat (Egy ilyen talány, mely talán igaz, talán nem: egy cseh feltaláló felfedezte, hogy a piramisok önmagukban is konzerválnak- az ott megtalált szerves anyagok nem bomlottak le- kipróbálta ezt egy saját modellen: a modell alá rakott sajt darab nem romlott meg. Később ezt kipróbálta egy borotvapengén, mert a hiedelem azt tartotta, hogyha a Hold megvilágítja, elveszti élet- betette egy modellpiramis alá, és tapasztalatai szerint a penge nem hogy nem tompult el, hanem megéleződött a „piramis” alatt).



2. ábra
Eratoszthenész mérése

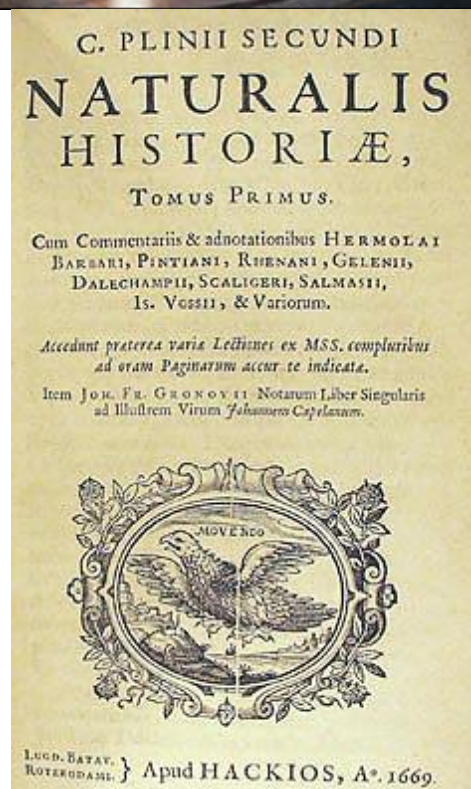
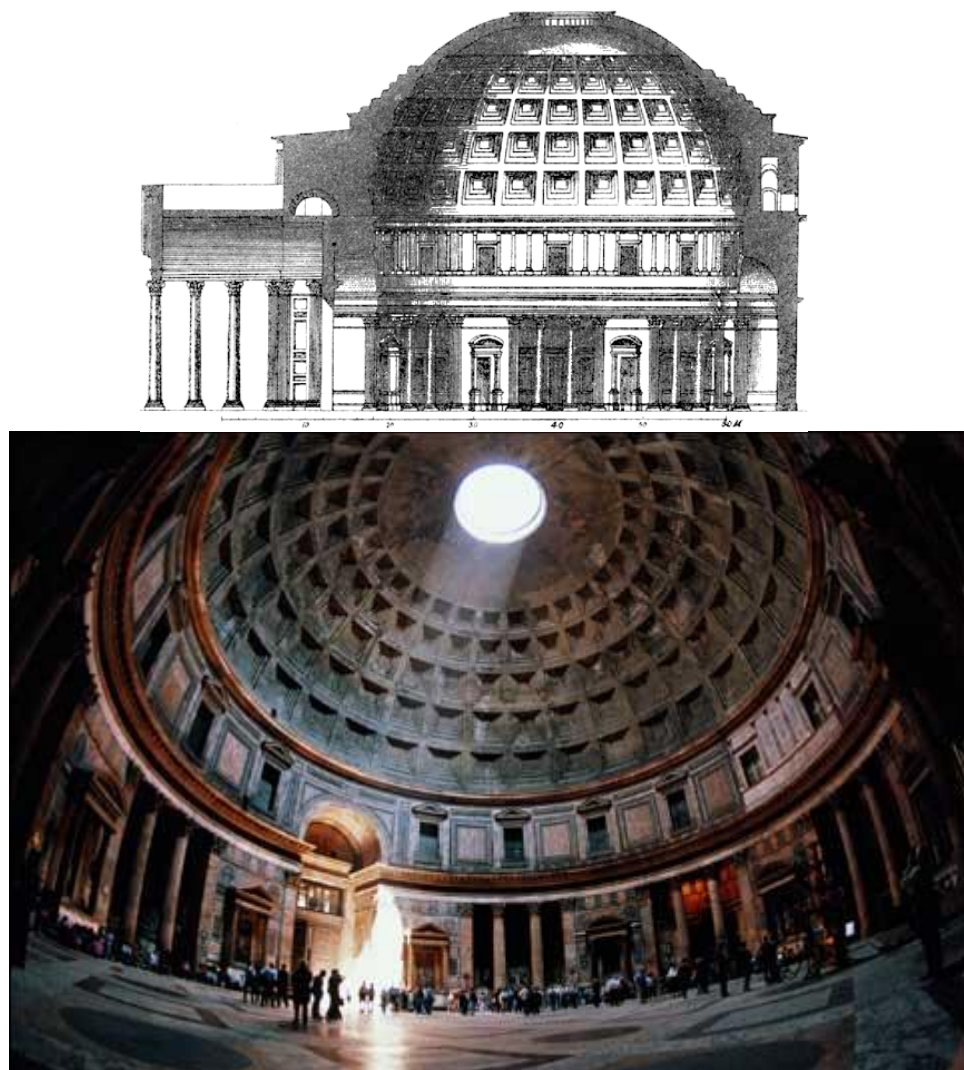


3. ábra
Arisztarkhosz mérése

Görögország:

Az ókori görög városállamokban a csillagászati megfigyelések, tudományok nem a papság kisajátított kincse, vagy a mindennapi megélhetést szolgáló tudomány volt, hanem a világ megismerésére való törekvés fontos eszköze. Ismereteiket nem volt szükséges teljesen a nulláról indítani, hiszen sok elődjük már rengeteg adatot, és megfigyelést halmozott föl Mezopotámiában, Babilonban és Egyiptomban, és hála a féltékeny őrzésnek, épségben meg is maradtak, hogy az ókori Hellász tudósai utazásaik során, vagy külön kérésre lemásoltatva hozzájussanak, gondolkodjanak rajtuk, majd továbbfejlesszék. Hellász tudósai az elsők, akik a misztikus jelleget lefejtve próbálták megkeresni a csillagászati és geometriai kérdésekre a valós, fizikai válaszokat. Rengeteg kutatásuk, utazásuk kapcsolódik a Nap által vetett árnyék és az árnyékot vető tárgy kapcsolatához: Thalesz a keleti kultúrák megismerését elősegítő utazásai során kiszámolta a piramisok magasságát Egyiptomban árnyékuk segítségével. Több iskola alakult ki a tudományok ismeretében és megítélésükben: jó példa erre a ión filozófusok csoportja, a pitagoreusok, melynek alapítója a filozófus-matematikusan Pitagorasz, vagy az athéni akadémikusok Platónnal és Aisztotelésszel. A négy leggyakrabban emlegetett, és valószínűleg a legnagyobb ókori görög csillagászok is sokat foglalkoztak a Nap és a Föld kapcsolatával. **Eratoszthenész** két városban megmért árnyékok különbségének segítségével próbálta meg kiszámítani a Föld területét (meglepően közelítő pontos eredményt kapott) (2. ábra). **Arisztarkhosz** megmerte a Föld- Hold távolság arányát (3. ábra) a Hold földköri pályáját és az árnyékos felét összehasonlítva, valamint méréseiből arra következtetett, hogy mivel a Nap sokkal nagyobb, mint a Föld, vagy a Hold, lehet, hogy nem is Föld körül forog a világmindenség, hanem talán a Nap körül (Ez volt talán az első heliocentrikus világkép). **Ptolemaiosz** a geometriát felhasználva fölépített egy olyan csillagászati rendszert, melyben a bolygók és csillagok mozgása és helyzete előre megmondható (igaz, ő a geocentrikus világképet alkalmazta, bár ismerte Arisztarkhosz elméletét). **Hipparkhosz**, a legnagyobb görög csillagmegfigyelő pedig megalkotta a világegyetem első csillagkatalógusát, melyben több, mint 1000 csillag pontos helyét és fényességét határozta meg geometriai ismeretekkel, és akkor használatos eszközökkel. (Adatai olyan pontosak, hogy némelyeket a mai csillagászat is alapul vesz, persze némi módosításokkal.) A korabeli tudósokhoz igen gyakran kötődnek legendák a harcokban való részvételük és ördögös szerkezeteik miatt, melyeket a későbbi rombolások miatt mind a mai napig nem tudjuk, hogy valósak-e: ilyen például Arkhimédész, kiről azt tartják, hogy az ostromló rómaiakat 3 évig sikeresen tartotta távol Szürakuza városának falaitól szerkezeteivel és ötleteivel, melyek között előfordult – ahogy a legenda tartja - hogy tükröket szereltetett föl a város falaira, majd a napsugárzást irányítva felgyújtotta a közeledő római gályákat.

A csillagászatot a matematikával, azon belül leginkább az algebrával és a geometriával próbálták meg megközelíteni. Alapjait már hasonlóan nagy elődeiktől szerezték be, hogy tovább emeljék a tudás színvonalát, majd megosszák azt másokkal is. És bár a csillagászat nem tartozott szorosan mindennapjaikhoz, mert nem egy földművelő nép volt, mégis meg kell említeni, hogy a görögök egy hajós nemzet volt, mely a tengeren is a csillagászatot, a Nap, a Hold és a csillagos állását és a széljárást használta tájékozódásra; fontos mérőműszerük volt a mélységmérő ón is. Térképeiken pedig már megjelentek a szélességi és hosszúsági körök is. [LUK1]



Itália:

A hódító és katonai római kultúra kevésbé volt virágzó és termékeny a tudományok számára, mint a békésebb, demokráciában élő Hellász városállamaiban kialakult társadalom. Mindazonáltal érdekelte a csillagászat, matematika, geometria és minden más tudományág, nagyot is alkotott benne, de a már ismert módszerekkel: használták a korábbi, egyiptomi, babilóniai, mezopotámiai, és görög tudományokat, ismereteket és adatokat tájékozódásnál, hódításoknál, térképre vetésénél, hajózáskor. A napkultusz is inkább vallási alap volt náluk: a Napot, mint a főisten, Szaturnusz jelképét tiszteleték, és az összes csillagnak tulajdonítottak egy istent, félistent, vagy legalább kitaláltak egy legendát a keletkezéséről. Természetesen azért épült Napra fűződő épületük, nem is egy, de legjobb példa a Pantheon.

Igen fontos viszont a gyűjtő munkájuk, mellyel rendszerezték a korabeli tudományokat. Ilyen összefoglalás volt például az építészeti szempontból igen fontos 10 könyv az építészetéről című alkotása **Vitruvius Polliónak**, melyben összefoglalja az akkori ismert építési technológiákat (mind a mai napig igen gyakran utalnak rá, használják, mint ókori ismertető, és megalapozója a későbbi építészeti hagyományoknak). Szintén ilyen mérvű összefoglalás volt a Nautrilis Historia idősebb **Plinius** tollából. Sok utalást találunk unokaöccse leveleiben is a nagybácsi elkötelezettségére a tudományok iránt és magáról a könyvről is. Az idősödő úr minden szabad percét kihasználta, gyakran nem is aludt, hogy életét a tudományok kutatásának szentelhesse (tőle származik a mondat: „Profecto enim vita vigilia est”, mely szerint az élet valójában virrasztás). Maga a mű Kr.u. 77-ben került közzétételre, címe is utal tartalmára: Természettudomány, ez utal szerzőjének céljára: összefoglalni a korabeli tudományokat. A mű végül egy 37 könyvet tartalmazó sorozat lett, mely szaknyelven íródott, bizonyítva, hogy szerzője igen alaposan tanulmányozta az eredményeket, több mint 500 szerzőtől idéz, és terminológiai precizításra törekszik. Ez az első fennmaradt bibliográfia az európai tudománytörténetben, precedenst teremtett, és megalapozta a tudományos fejlődést. Művét egyértelműen művelt olvasóknak ajánlotta, a száraz tényanyagot igyekezett anekdotákkal, kísérletekkel színesíteni. Külön könyve foglalkozik a csillagászattal, a bolygók helyzetével, a világegyetem szerkezetével, naptári számításokkal. A későbbiekben, a korai majd a késő középkorban igen sokan hivatkoznak erre a műre, mint összefoglalása az ókori tudományoknak. [LUK1]



Maya civilizáció:

Az aztékok úgy vélték (és a maják valószínűleg szintén), hogy az univerzum 13 mennyországa és 9 alvilága között lebeg a Föld egy krokodil hátán, vagy a Föld maga a krokodil háta, mely egy ciklikus újraszülető elmélet. A maják hitvilága átfogta egész életüket, így minden ehhez kapcsolódik, még tudományaik is a vallást és a papokat szolgálták. Igen sokat foglalkoztak a Holddal, és annak hónapjaival, mozgásával (saját számolási módjuk volt a holdhónap kiszámítására), emellett elsők voltak, akik feljegyzéseket készítettek a holdfogyatkozásról. A Vénusz bolygó is tárgya volt érdeklődésüknek: láthatósága szerint 4 részre osztották, és nagyon pontosan ismerték a periódusidejét, és a fázisokat is.

Hitvilágukban a Nap igen fontos helyet kapott, ezért épületeikben igen gyakran szerkesztettek a Napra reflektáló épületeket. Ilyen például a Teotihuacánban épített Nappiramis is. Hangsúlyozva vallási jelentőségét a piramis a Holtak útján található, a Hold-piramis felől érkezve. A maja mitológiában szintén fontos szerepet kap Tollaskígyó, aki az egyik kultúra alapító és világteremtő istenség. Neki építettek egy templomot, a spanyolok által El Castillonak- a kastély- elnevezett épületet a mexikói Chichén Itza városában úgy alakítva ki, hogy a másik hatalmas istennel, a Nappal, karöltve a szentélyhez felvezető lépcső falára a piramis lépcsőzésének árnyéka a tavaszi napéjegyenlőség idején egy kígyót idéz, melynek fejét a lépcső aljánál egy-egy kifaragott kitátott szájú kígyófej adja. [PÁPP]



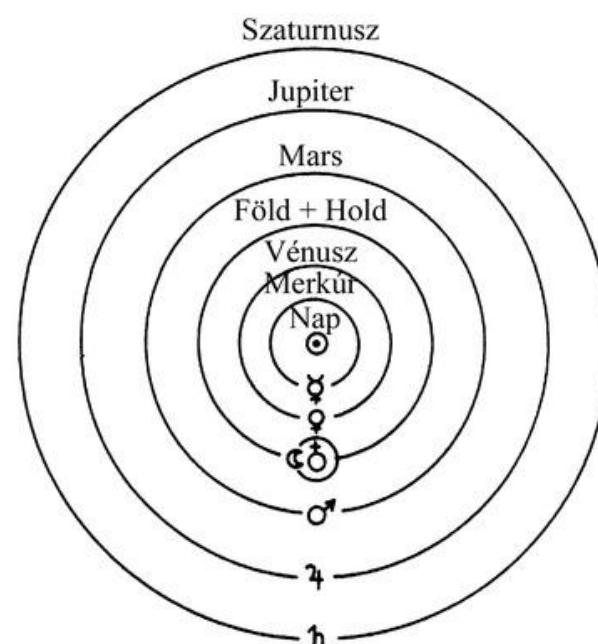
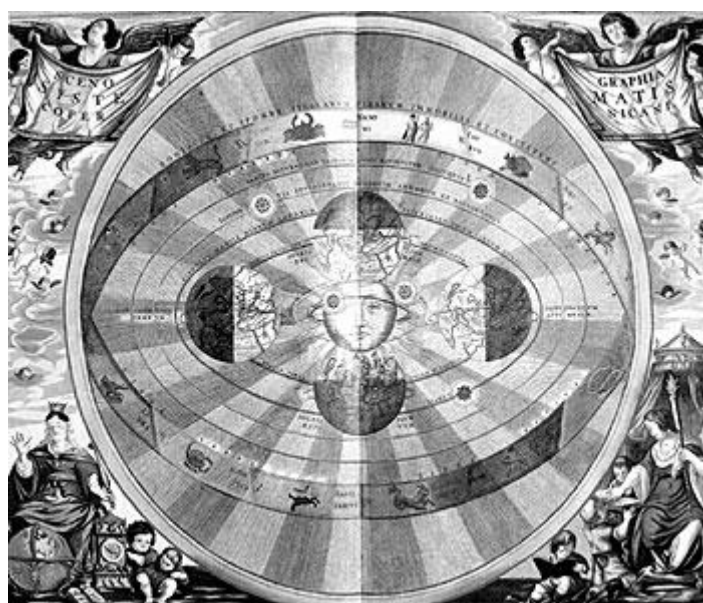


4. ábra
Samarkandi csillagvizsgáló

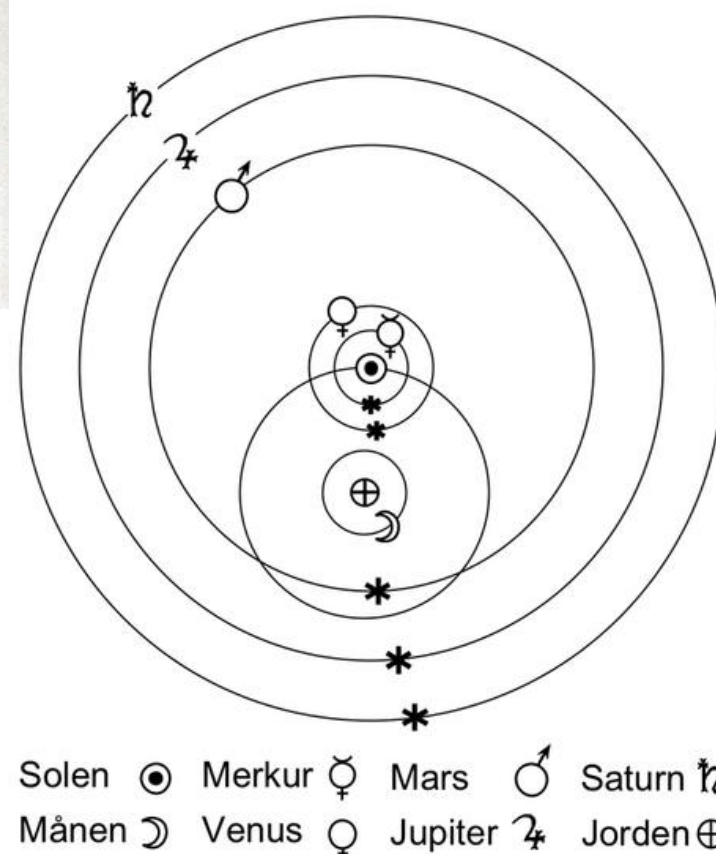
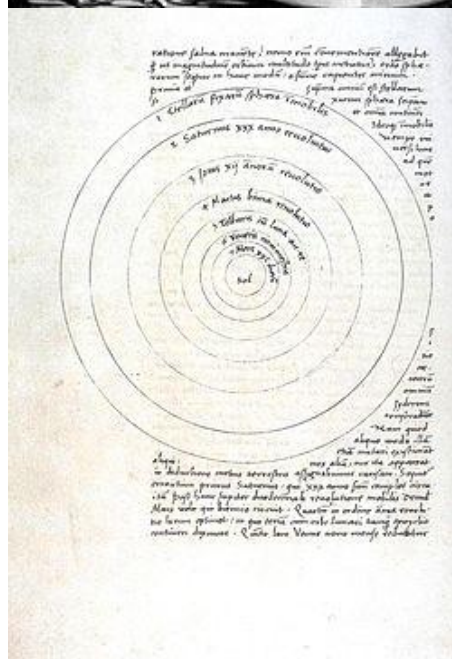
Középkor:

Kora középkor:

1. **Arab világ:** fő érdemüknek azt tartjuk, hogy folytatták a rómaiak munkáját: átmentették az ókori kultúrát, (leginkább a görögöt) a modern korba, emellett fenntartották a perzsák, mók, kurdok, törökök hagyatékát is. Hódításaik során jutottak a tudományos iratokhoz, nem egy például az Alexandriai könyvtár néhány tekercse volt, köztük Ptolemaiosz geocentrikus világmépét tartalmazó papirusz. Csillagászatuk Indiával való kapcsolatuk során alakult ki, legelső fontosabb munkájuk egy lényeges következtetéseken alapuló csillagászati táblázat. Több helyen is volt csillagvizsgálójuk, al-Ma'munban, Nasir al-Dinban, és a leghatalmasabb a Ulugh Beg által építtetett Samarkandban (4. ábra). Itt delelési magasságokat mértek, és matematikai kérdésekkel foglalkoztak (szinusz-táblázatai 8 tizedes jegy pontosan megegyeznek a mai eredményekkel). Pontosabb adatokat kaptak, mint a görögök, mert több idő volt mögöttük, melyekből tapasztalatokat vonhattak le. Vallásuk miatt inkább a Hold mozgása érdekelte őket. [MCSE4]
2. **Európai csillagászat:** ebben a korban a görög kultúra pusztulása után és a kereszténység megjelenésével átváltozik a tudományok rendszere: mindent a hitnek rendelnek alá. Ennek megfelelően a csillagászat is a ptolemaioszi elméletet fogadja, nem csak azért, mert ez volt az, ami fennmaradt, hanem, mert ebben az égbolt egy felsőbb, tökéletes szférához tartozott. A csillagok, a Nap, a Hold mind Isten eszközei voltak, ezért próbálták értelmezni mozgásukat, vagy akár magát létezésüket. Sajnos a korábbi adatok elvesztek a népvándorlások ideje alatt, így tudásukat, világszemléletüket szinte a nulláról kellett újraépíteniük. A művészetekben is Isten dicsőítésére szorítkoztak, maga a készítő nem is volt fontos: sem a festészetben, szobrászatban, sem a művészet többi ágában nem lettek följegyezve a készítők. Az építészetben megjelenik a román kori erődtéményszerű tömeg, majd az eszközök fejlődésével a gótika megjelenésével megpróbálják egyre magasabbra, karcsúbbra tervezni épületeiket, beengedve a napfényt, sőt egyenesen betervezve azt. Nem egy templom nem csak a rózsablakkal és a hosszúkás, csúcsíves gótikus ablakaival nyitja meg a teret a fény felé, hanem rengeteget úgy építenek meg, hogy a templom névadó szentjének névnapján pont az oltárra érkezen a napsugár a rózsablakon keresztül. A közben elkezdődő skolasztika segítette a fejlődést, de a gondolkozásmódot nem tudta megváltoztatni:



5. ábra
Kopernikusz világképe

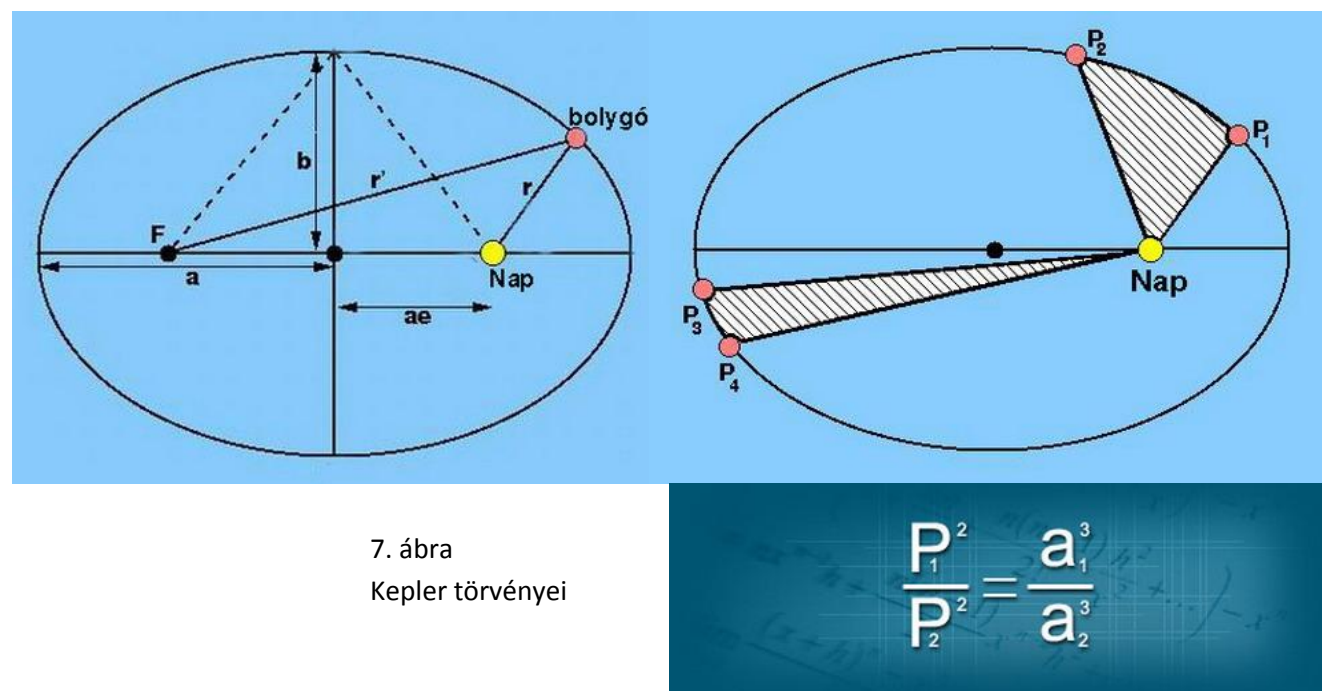


6. ábra
Tycho Brahe világképe

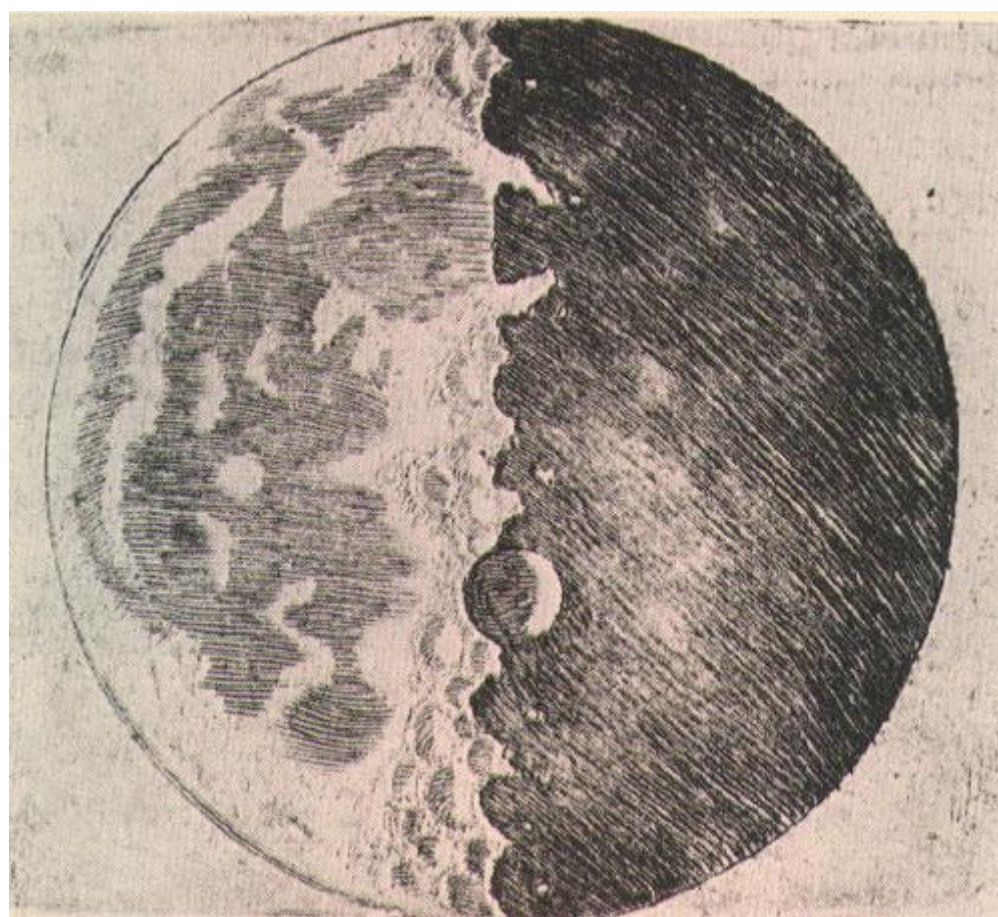
mindent a hitnek rendelték alá. A kor nagy tudósai: Szent Ágoston, Aquinói Szent Tamás mind azzal kezdték elmékedéseiket, hogy megvizsgálták a tudományok és a hit kapcsolatát, és mindig a hitet helyezték feljebb, hiszen a természet törvényei csak az örök törvény alárendeltségében létezhetnek. Természetesen voltak, akik máshogy gondolták, és szerették volna behozni a köztudatba ismét a görög műveltséget és tudományokat, de erre addig nem kerülhetett sor, amíg a hajózások kora el nem érkezett, és a korábbi írásokat nem egyesével, hanem tömegesen szállították Európába az arab világból.

Késő középkor:

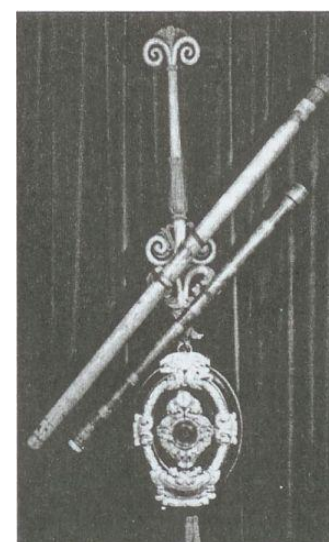
A középkori Európában a csillagászat a XV. századig szinte semmit sem fejlődött: ez köszönhető egyrészt az alapján hibás alapfeltevésnek, valamint annak, hogy az egyház dogmatikusan elfoglalta azt. Ám a XV. század végén a földrajzi felfedezések idején igen nagy szükség lett a hajózás elterjedése miatt a tengeren való tájékozódásra, melyet nem segített a ptolemaioszi világtérkép és az ez alapján felépített szferikus rendszer és bolygó táblázatok. A reneszánsz folyamán újra felfedezték az ókori gondolkodókat, tudósokat, megismerkedtek tételeikkel, és adataikkal. Az új információk új hozzáállást sürgettek, és újabb ismeretek megszerzésére irányuló törekvéseket indítottak el. Mint reneszánsz tudóst, természetesen meg kell említeni Leonardo da Vincit, aki már eltekintett a geocentrikus világképtől, tudományos kísérleteivel messze megelőzte korát, építészetében, festészetében igen sokat foglalkozott a perspektívával, fény és árnyék kapcsolatával, a fény épületbe való bevitelével. Emellett olyan eszközöket alkotott, mely nagyban segítette a tudományok fejlődését, ilyen volt távcsöve is, mely forradalmasította a csillagászatot. A késő középkor csillagászai igen sok nehézségbe ütköztek: meg kellett küzdeniük a kora középkor hagyományaival, az egyház dogmatikus hitével, ám mindezek ellenére igen nagy és fontos megújító felfedezéseket tettek. A kor elméi közül kiemelkedik négy. 1. **Nikolausz Kopernikusz**, aki kidolgozta az első heliocentrikus világképet részletesen (5. ábra), melyben levezeti: a Föld egyedül a Hold pályájának középpontja, a Nap áll a bolygók keringésének középpontjában, a Föld forog a saját tengelye körül, a csillagok a külső szférákban találhatók. (Elmélete hibás, mert a körpályákhoz ragaszkodott, de már kilépett a geocentrikus világképből, és felismerései mérföldkövet jelentettek a csillagászatban.) követője **Giordano Bruno** lelkesen hangoztatta Kopernikusz tételeit, ám azokat továbbfejlesztette: szerinte nem is a Nap áll a középpontban, hanem az is csak egy a sok csillag közül (1600-ban eretnokség vádjá miatt máglyahalált halt). 2. **Tycho Brahe**, aki bebizonyította, hogy a ptolemaioszi világkép helytelen, igazolta megfigyelései alapján, hogy nem csak egy szféra létezik, hanem a csillagok különböző távolságokban vannak, és a kristályszférák nem léteznek, valamint igen sokat figyelt meg a Mars mozgásából (a Kopernikusz által kifejtett földmozgás-elméletet elutasította, és kialakított helyette egy saját világképet).



7. ábra
Kepler törvényei



8. ábra
Galilei rajza a Holdról



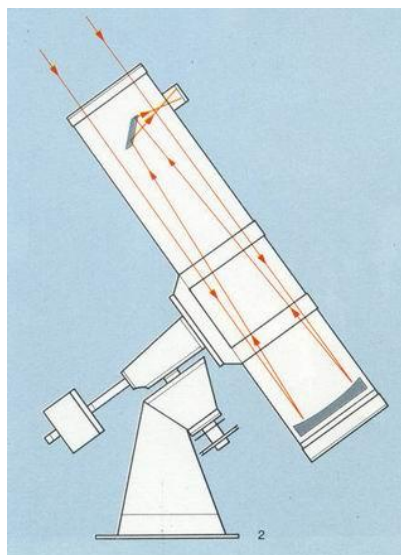
9. ábra
Galilei távcsöve



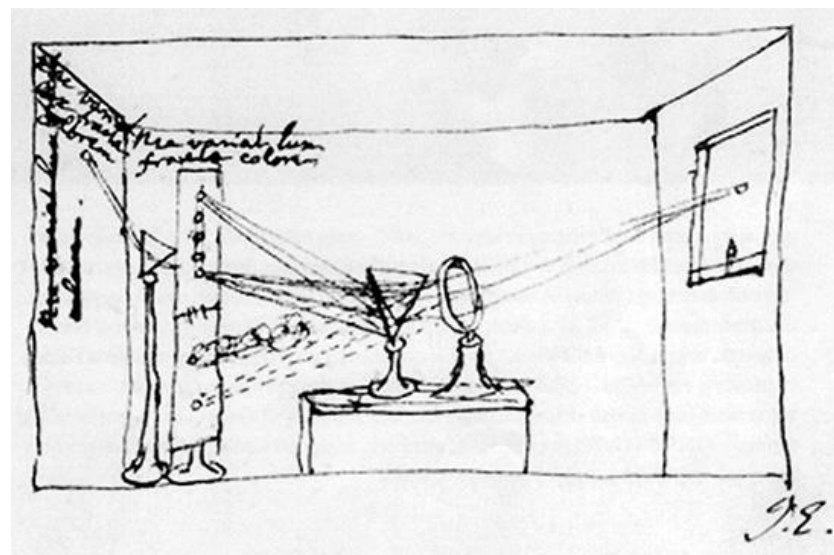
3. **Johannes Kepler**, aki megalkotta a bolygók pályájához kapcsolódó törvényeit (7. ábra), melyeket mind a mai napig igaznak fogadunk el: 1. A bolygók ellipszis alakú pályán keringenek, melynek egyik gyújtópontjában a Nap található. 2. A bolygó keringése során a bolygót és a Napot összekötő szakasz egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol. 3. Két bolygó keringési idejének négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a pályák fél nagytengelyeinek köbei.- egyértelműen a heliocentrikus világképet fogadta el, foglalkozott a Mars helyzetével, megfigyeléseivel igen pontos bolygótáblázatokat lehetett készíteni.

4. **Galileo Galilei**, aki saját szerkesztésű távcsövén (9. ábra) keresztül készítette a kor legpontosabb megfigyeléseit a csillagokról, bolygókról (felfedezte a Jupiter 4 holdját), cáfolta a geocentrikus világképet, foglalkozott a Vénusszal is, hogy alátámassza elméletei helyességét, és nem mellékesen felvette a harcot az egyházzal, amely inkvizíciós perbe fogta. (Az ellene indított per során visszavonta tanításait, ám mikor a tárgyalás véget ért, elhangzott a híres mondat: „Eppur si muove!”, azaz „Mégis mozog”). Élete utolsó éveiben bár házi őrizetben, de mégis tovább dolgozott, kifejlesztette saját relativitás elméletét. Felfedezéseikkel új irányt nyitottak meg, és megmutatták, hogy vannak még felfedezésre váró kérdések. [MCSE5]

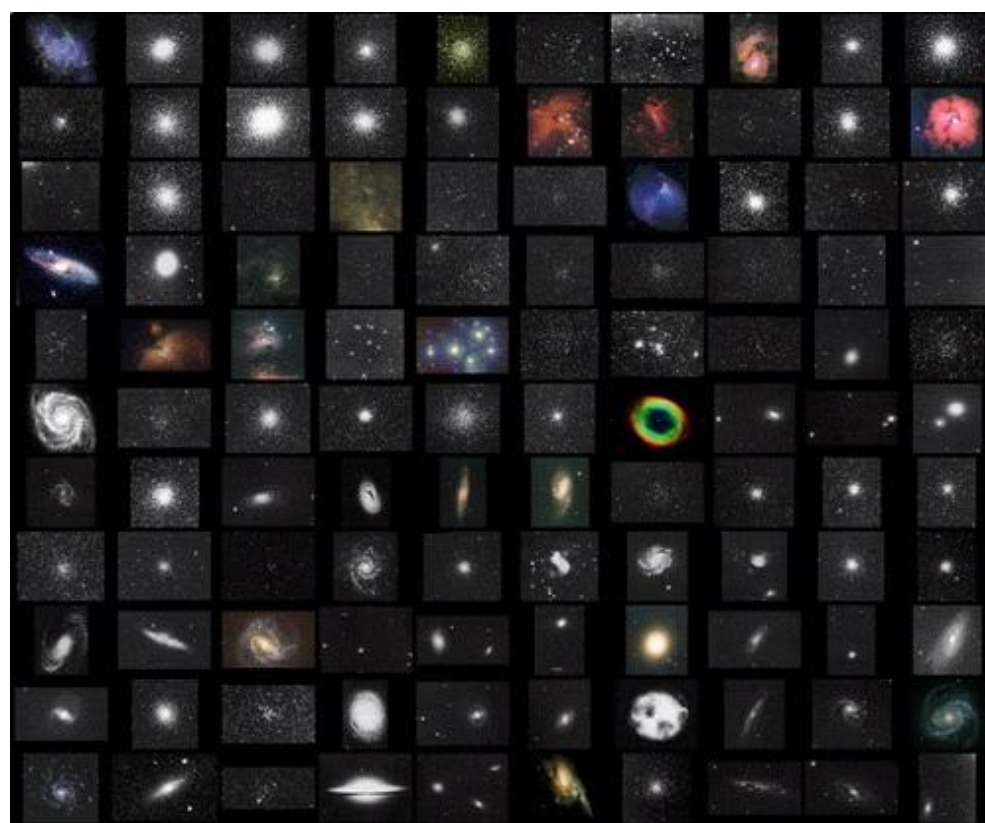
A művészetekben felfedezték az árnyék térképző és színeket változtatossá tevő hatását, ezt chiaroscuro-nak hívják. Nagy mestere volt ennek Leonardo da Vinci, Caravaggio, Rembrandt. Tudatosan távlati hatásokra törekedtek, felfedezték a perspektívát, és emellett a fény és árnyék játékát, színpadias hatását.. Michelangelo Buonarroti szoborszerűen plasztikus épületeit a fény-árnyék játéka gazdagítja, gyakran erre szervezi a homlokzatait, emellett szobrainál is megjelenik ez a törekvése: a fényárnyék hatással teszi élőbbé alkotásait.



10. ábra
Newton távcsöve



11. ábra
Newton rajza a fénytörésről



12. ábra
Messier csillagködei

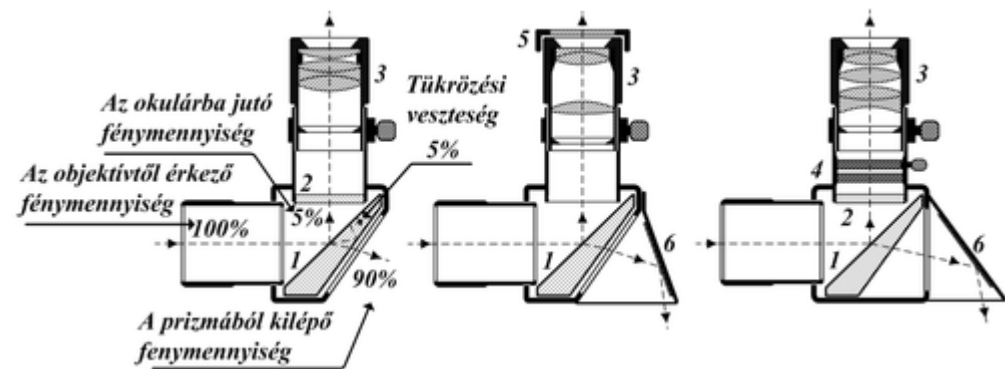
XVII. század:

A korábbi tudósok hatására a kopernikuszi heliocentrikus világkép vált általánosan elfogadottá, és ekkor kezdődött a fizika, mint tudományág fejlődése, ami szorosan összefüggött a csillagászat fejlődésével. A bolygók mozgásának megfigyelt és magyarázata jelentette a legnagyobb kihívást a tudósoknak. Igen sokan foglalkoztak ezzel a kérdéssel többek között: **Descartes**, **Newton** (Newton-törvények, igazolja Kepler törvényeit matematikai úton, emellett behatóan foglalkozott a fény természetével – részecske vagy sugárnyaláb- a prizma fénybontásával, megalkotta a Newton-távcsövet (10. ábra)), vagy éppen **Laplace** (aki Newton elméleteit fejlesztette tovább, megalkotta ködhipotézisét). Elméleteiből megszületett az égi mechanika, melynek törvényeit ma is elfogadjuk, természetesen bizonyos feltételek mellett. [MCSE6]

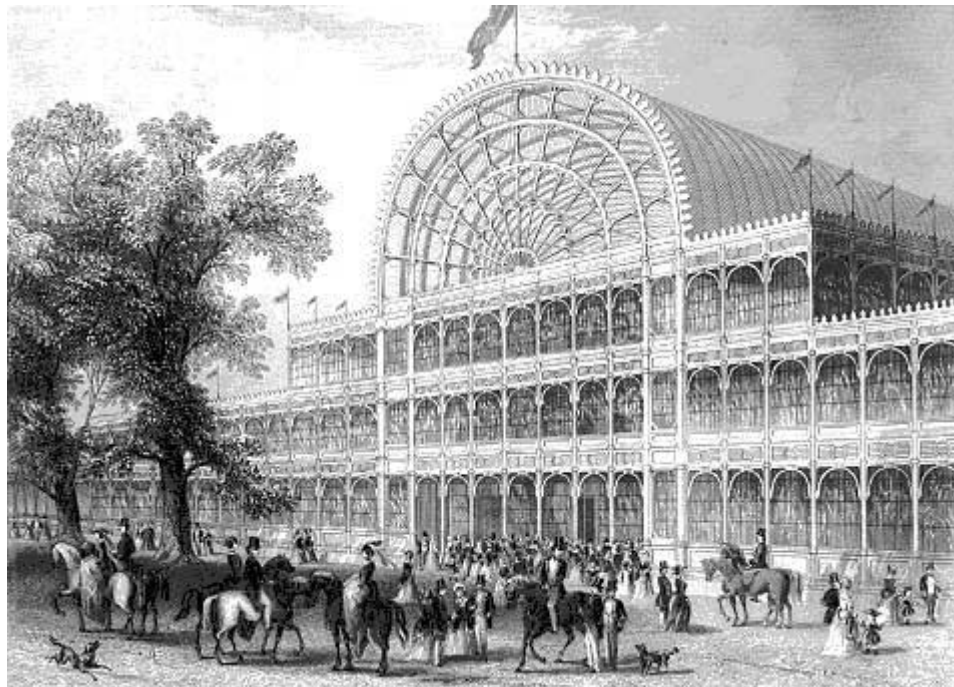
Az építészetben megjelennek a hatalmas méretek, és a fény-árnyék hatások ismételt használata. A kor nagy építései, Lorenzo Bernini és Francesco Borromini is igen sokat foglalkoztak monumentális épületek tervezésével, ahol a hatalmas léptékek mellett az árnyékhatásokra is igen nagy hangsúlyt fektettek, lévén, hogy igen komoly homlokzat- és téralakító szerepe van. Sok templomot, köztük a római Szent Péter székesegyházat is sokszor áttervezték a könnyedebb szerkezetek, a légiesebb kinézet és bevilágítás megoldása miatt. A székesegyházban például a kupola szerkezetre terhelését úgy próbálták megoldani, hogy ha a látogató a templomtérből fölfelé tekint, úgy tűnjön, mintha a súlyos térfedő szerkezet könnyeden lebegne a tér fölött. Ezt úgy érték el, hogy a kupola egy ablaksoron nyugszik, amely alulról, mint a Hagia Sophiában, egy világító gyöngysornak tűnik. Gyakran használták optikai csalódások keltéséhez is: a Versaillesi Palota Tükrötermében, amely igen hosszú, szélességéhez képest, egy trükkhöz folyamodtak: a hatalmas ablakokkal szemben ugyanakkora hatalmas tükröket állítottak föl, így a terem szélesebb hatást kelt. [MCSE6]

XVIII. század

Ez a század a távcsöves megfigyelések ideje volt: Galilei, Kepler és Newton távcsöveivel igen jól megfigyelhetővé vált az égbolt: Európában egyre gyakrabban építettek obszervatóriumot, melyeket távcsövekkel szereltek föl, amikkel a Holdat, a csillagokat és üstökösöket tanulmányozták. Fontos megemlíteni **Messier**-t, aki a Halley-üstököszt figyelte meg visszatérésében és emellett még 50 üstököszt sikerült megfigyelnie; felfedezett ködfoltokat (12. ábra) (bár ő mellékterméknek gondolta, az utókor számára szinte ez a legfontosabb felfedezése). **Herschelt**, aki saját 6 méter, majd egy 12 méter hosszú teleszkópot állított föl, amikkel végigpásztázta az égboltot, igazolta a Messier-katalógusban levő égi objektumok létezését, emellett még 2000 égi ködöt fedezett föl, látványosan igazolta a Newtoni-mechanika alapelveit, felfedezte az Uránuszt, foglalkozott a Nap fényével, és a Napot körülvevő csillagok nem gömbalakban helyezkednek el (13. ábra). Az üstökösöket nem számítva a században valamennyi égitest felfedezése az ő nevéhez fűződik. [MCSE7]



13. ábra
Herschel
napmegfigyelő
lencsái



14. ábra
Joseph Paxton:
Kristálypalota



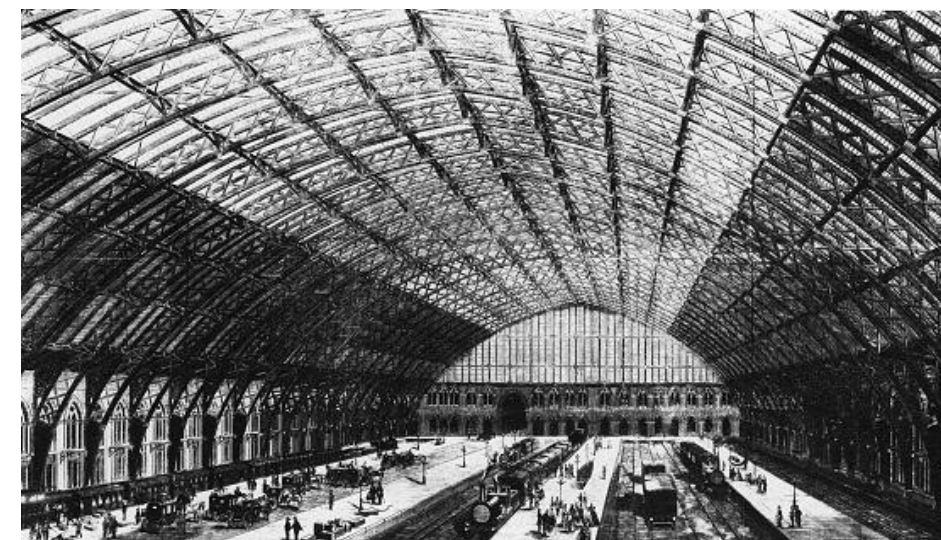
15. ábra
Henri Labroust
Saint Geneviève Könyvtár

Ebben a korszakban megjelenő stílusokban is igen fontos szerepet kapott a fény és árnyék kontrasztja. A reprezentatív építészet kerül előtérbe, hatalmas lépcsőházak, hatalmas portikusok megjelenésével. Ám igen gyakran megnyitják az épület hátsó felét a természet felé: gyakran teraszok kapnak helyet a hátsó homlokzat előtt. Később, a század második felében az egyenes vonalak, a tiszta és egyszerű alaprajz vált meghatározóvá, a hozzá kapcsolódó antik jellegű díszítményekkel, ám ezek is egyszerűbbek a barokkban megszokottaknál. Fontosak a bejáratok, a megnyitások, melyek egyre nagyobb ablakokkal történnek. [MCSE7]

XIX: század- a modern csillagászat kezdetei:

A csillagászat hatalmas fejlődésnek indult: egyik fő mozgatórugója a fizika fejlődése volt, amely ekkor vezető szerepet töltött be a természettudományok között. Az újonnan megismert fizikai törvényekkel új megközelítéseket alkalmaztak, így sokkal pontosabb eredményeket kaptak. Foglalkoztak a színeképelemzéssel, az asztrofizikával, újabb égitesteket fedeztek fel az égbolton (nem melleleg rájöttek Adams és Verrier számításai alapján, hogy kell lennie még egy bolygónak, és később a két tudós által publikált számítások alapján találta meg a Neptunust Galle). [MCSE8]

Az építészetben is megjelenik a forradalom a történelmi körülmények hatására. Úgynevezett forradalmi építészet alakul ki, amely azt a célt tűzte ki maga elé, hogy az épületet teljes egészében művészeti alkotásnak fogja fel, és egyik részlete sem csak kiszolgálja azt (korábbiakban az épület külső tömegét és belső terét csupán eltakarandó állványzatnak tartották). Az építészeti anyagok, eszközök megújulása és fejlődése miatt képesek voltak minden eddiginél könnyedebb, légiesebb épületeket létrehozni, felhasználva az acél és betonszerkezeteket. Emellett az üveg is fontos szerepet kapott, megjelennek a nagy üvegfelületek, melyeken keresztül csak úgy árad a belső térbe a napfény. Ennek tökéletes példája a kor szinte legelső bemutató darabja, a londoni világkiállításra készült Kristálypalota Paxton tervei alapján (14. ábra). [MCSE8]



16. ábra
Hery Barlow
Saint Pancras Station

XX. század

Még gyorsabban zajlott a tudományos-technikai fejlődés, amely hatással volt a csillagászati adatok fejlődésére is, de ennek újabb felfedezései kihatottak a tudományokra is. A fizikában megjelent a kvantumelmélet (Planck, Bohr), az atommag, annak számtalan modellje, a kvantummechanika (Heisenberg, Schrödinger, Dirac, Pauli), majd az általános relativitáselmélet (Einstein), és az ezekből kifejlődő atommagfizika és részecskefizika. A csillagászat ennek megfelelően szintén fejlődött: Hubble felfedezte az extra-galaxisokat, és az univerzum tágulását (1929-ben), és ez bebizonyította, hogy az univerzum nem végtelen, sőt időben véges. [MCSE9]

Az építészetben, mivel a lehetőségek adottak, egyre inkább légiesebb, fénnel telibb épületeket terveznek. Egyre nyitottabb, több üvegfelülettel bíró épületek jönnek létre, nem egyszer úgy, hogy a teljes homlokzat, sőt akár már a födémek is üvegből vannak, valamilyen teherhordó szerkezetre építve: függőnyfalas, üvegpallós födémmel rendelkező épületek. Lévéen a kor embere igényelte a világosságot és fényt. Ebben az időszakban a fény egyfajta misztifikáló hatását is keresték. A legújabb kor építészetének egy jeles képviselője, Tadao Ando felismerte ezt az igényt, és az ebben rejlő lehetőségeket. Tervezett egy Fénytemplom (17.ábra) elnevezésű épületet Japánba, melynek kialakítása egyértelműen a lelki elmélyülést segíti elő: az oltár mögött a falon egy kereszt alakú bevágás található, melyen csak a fény hatol keresztül. A fény nagy részének kizárásával kiemeli azokat a részeket, ahol a világosság bejut, így adva nekik igen nagy hangsúlyt. Emellett még inkább a figyelem középpontjába helyezi a keresztbevágású falat a padló enyhe lejtésével, mert így a terem hátuljából nagyobbak tűnik a kiemelt falfelület. A fény hatását szintén kiemeli a Berlinben épített Zsidó Múzeum (18. ábra), melybe csak néhány helyen engedik be, így érzékeltetve a fény dramatikus, reménykeltő, vagy az árnyék lesújtó, kegyetlen hatását. Tervezője, Daniel Libeskind, a teljes holokauszt élményt kívánta megosztani a látogatókkal minden negativitásával és ehhez használta föl eszközként a fény-árnyék hatásokat.



17. ábra
Tadao Ando
Church of the Lights



18. ábra
Daniel Libeskind
Zsidó Múzeum

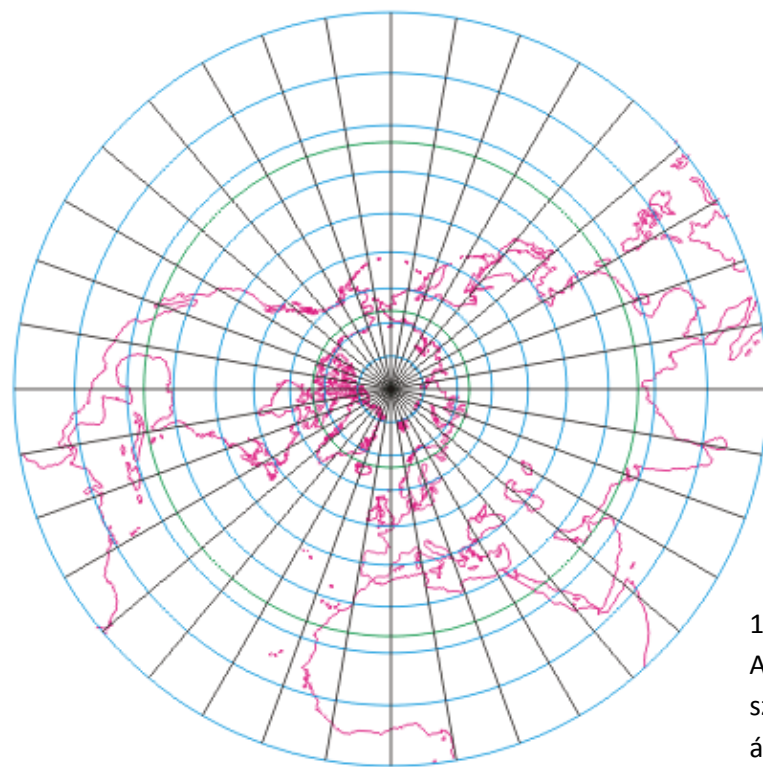
Sztereografikus ábrázolás:

A sztereografikus vetület valós perspektív vetület, mely egyszerű geometriai szerkesztések sorozatával létrehozható. Alapfelülete, melyen a szerkesztés történik, a gömb, képsíkja pedig vagy a gömb egy pólusában található érintősík, vagy a gömbi főkörén átmenő „egyenlítő sík”. Vetítési pontja változhat: lehet a képsíkkal átellenes, a gömb felszínén levő pont, ekkor beszélünk egyenes vetítésről, de lehet egy teljesen más felületi ponttól, ilyenkor beszélünk ferde vetítésről. (Azért használhatjuk a földrajzi kifejezéseket, mert ez az ábrázolási mód a térképészetben igen gyakori, korai és újkori csillagászat is foglalkozik ezzel a vetítési rendszerrel.) A gömb felületén vagy az a gömbben levő pontokat a vetítési pontból vetítősugarakkal vetítjük föl a síkra, mint képsíkra. Ennek a vetítésnek előnye, hogy a szélességi körök vetületei is kör alakúak, hosszúsági köreinek képe egyenes, szögtartó, hátránya viszont, hogy a gömbnek csak egyik félgömbje ábrázolható nagyobb torzulások nélkül. [LŐPE]

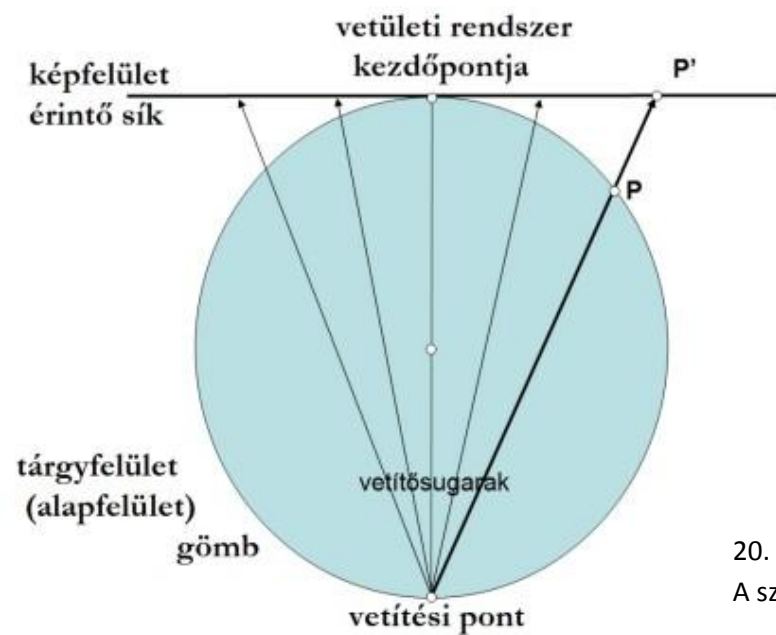
Többféle ábrázolási módja létezik:

Az egyenes sztereografikus ábrázolásnak számos előnye van: a vetületi kezdőpontban nincs torzulása, szögtartó, és körtartó: minden alapfelületi körív képe a képsíkon is körív lesz. Ezen tulajdonságok megkönnyítik a fókálózat megszerkesztését. Hátránya az igen nagy hossztorzulás: bár a vetületi középpontban nincs hossztorzulás, attól távolodva eleinte lassan, majd fokozatosan gyorsabban növekednek. Az egyenlítőn a hossztorzulás kétszeres, a területtorzulás négyszeres. A térképészetben emiatt félgömbnél nagyobb területet nem szoktak ábrázolni. Gyakorlati haszna is inkább a ferde vetületi ábrázolásnak van. [MÉLG]

A ferdetengelyű sztereografikus ábrázolásmódot gyakran használja a térképészet, csillagászat. Többféle változat létezik, Magyarországon 1860 után kezdték el alkalmazni (az első felsőrendű háromszögelés 1857-ben használta először ezt a vetületi módot, majd az 1863-as országos felmérés is erre tért át). A felmérés alapfelülete a Bessel-ellipszoid volt, majd erről az ún. kettős vetítéssel tértek át a síkra. Ekkor már használták a ferdetengelyű sztereografikus vetítést, és képsíkos ábrázolásmódot vezettek be a torzulások csökkentésének érdekében: a Budapesti sztereografikus rendszer kezdőpontja a Gellérthegy volt, mely ponton átmenő meridián déli ága lett a +x koordinátatengely, és erre merőlegesen található a nyugatra mutató +y irányú tengely. Ebben a rendszerben az érintési ponttól 127 km-re a torzulás elérte az 1/10000 értéket, így Szabolcs-Szatmár-Bereg megye keleti részén 40cm/km volt a torzulás értéke (a mai Magyarország területét is ez a rendszer fedte le). A másik kiinduló pont a Kesztej-hegy volt, mely a Martonvásárhelyi sztereografikus rendszer alappontját adta meg. 1937-ben bevezetik a katonai sztereografikus rendszert, mely egyezik a Budapesti rendszerrel, épp csak a kezdőpontot tolták el 500 km-rel mindkét tengely irányába a vetületi síkon, így mindig pozitív koordinátákat kell megadni. [GYŐJ]



19. ábra
Az északi féltek sztereografikus ábrázolásban



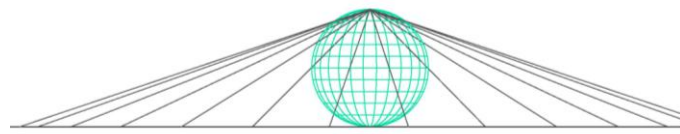
20. ábra
A sztereografikus vetítés alapja

Geometriai szerkesztése:

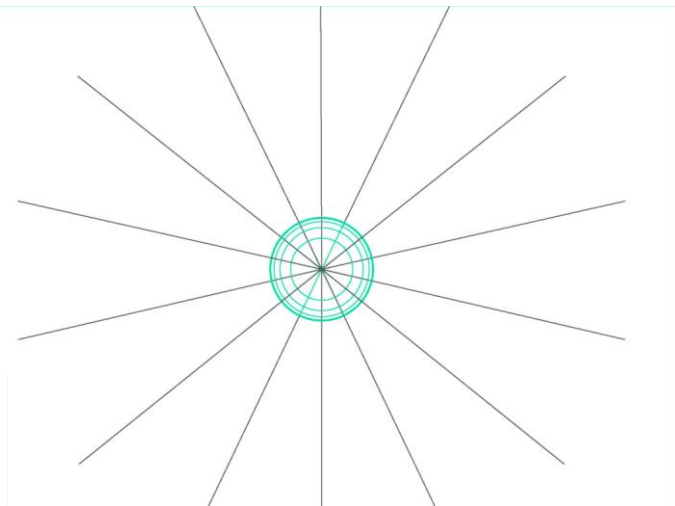
- I. **Teljes gömb ábrázolása:** egyik megközelítés szerint a teljes gömböt ábrázolva megkaphatjuk a gömb sztereografikus vetületét. Ennek lépései a következők

Felvesszük a gömböt úgy, hogy a déli pólusának érintősíkjá legyen a képsík. Minél több hosszúsági és szélességi kört adunk meg a szerkesztésnél, annál megbízhatóbb vetületi képet kapunk. A déli pólussal átellenben az északi pólust jelöljük ki vetítési középpontnak és innen indulnak ki a vetítési sugarak (21. ábra). Mivel a gömböt szerkesztésben hosszúsági és szélességi köreivel adtuk meg, így ezek metszéspontjai, a rácspontok, segítségünkre lesznek a vetületi kép megalkotásánál. A következő lépésként a rácspontok valódi metszéspontjain keresztül az északi pólusból vetítősugarakat bocsátunk, melyek döfik a képsíkot (22. ábra). Ha a szélességi köröket tekintjük, akkor a döféspontok a képsíkon egy körbe rendeződnek. Amennyiben az összes szélességi kör vetületét szerkesztjük, úgy a déli pólus körüli koncentrikus köröket hozunk létre. Ha a hosszúsági körök vetületét szeretnénk megszerkeszteni, akkor a döféspontok egy egyenesre esnek. Így megkaphatjuk a teljes gömb vetületét mely egyenesekből és körökből áll. (23. ábra)

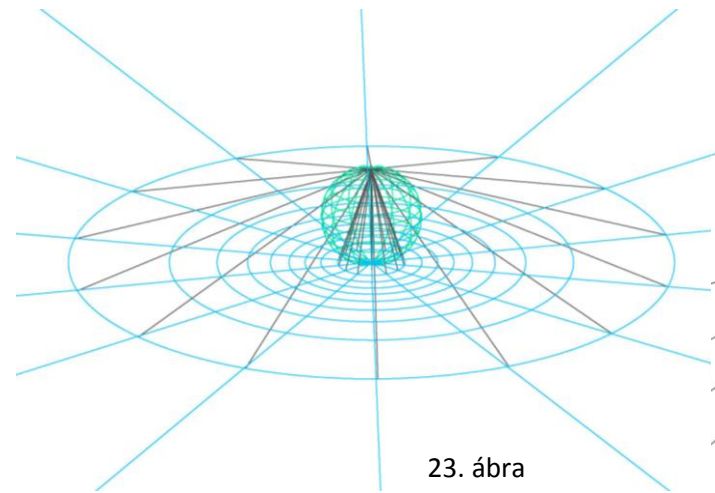
- II. **Fél gömb ábrázolása:** mint feljebb említettem, a teljes gömb ábrázolása csak az egyik félgömb esetén lehet megfelelően pontos, így a gyakorlati felhasználásban, általában félgömbben dolgoznak, például árnyékszerkesztésnél, árnyékmáskészítésnél, benapozás-vizsgálatnál. Az égboltot egy félgömbnek feltételezzük, és Nap ezen az „égbolton” közlekedik. Szerkesztése megegyezik a teljes gömb szerkesztésével, a különbség ott adódik, hogy a képsík nem a déli pólus érintője a gömbön, hanem az egyenlítői gömbi főkörön meg keresztül (25. ábra), és erre a képsíkra érkeznek a vetítősugarak (26. ábra), de a vetítési középpont ugyanaz maradt: az északi pólus. Itt is a döféspontokat vizsgáljuk, és a szélességi és hosszúsági körök vetületei szintén körök és egyenesek lesznek. (27. ábra)



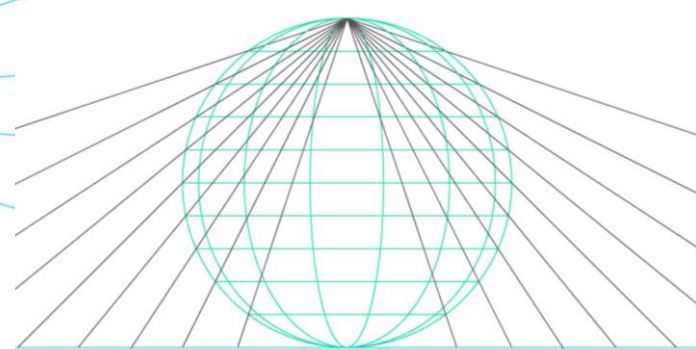
21. ábra



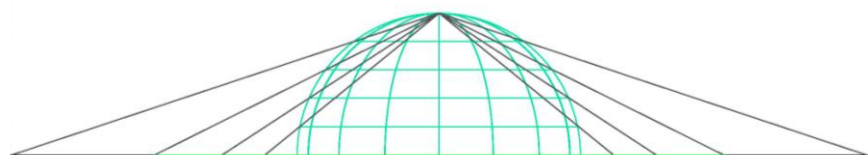
22. ábra



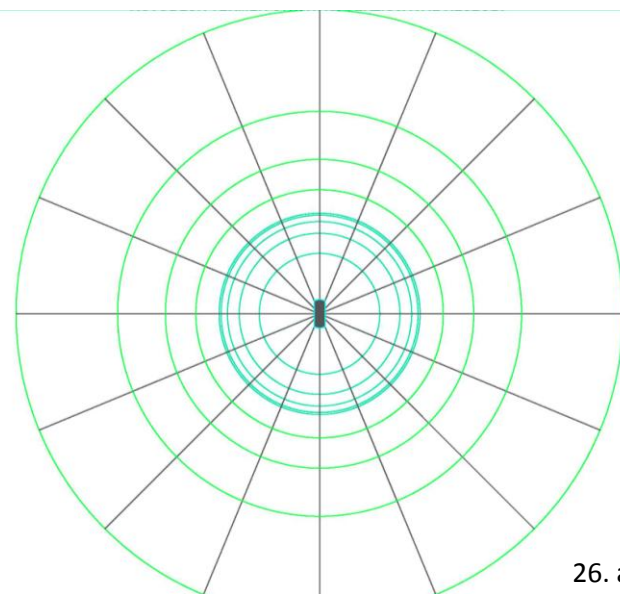
23. ábra



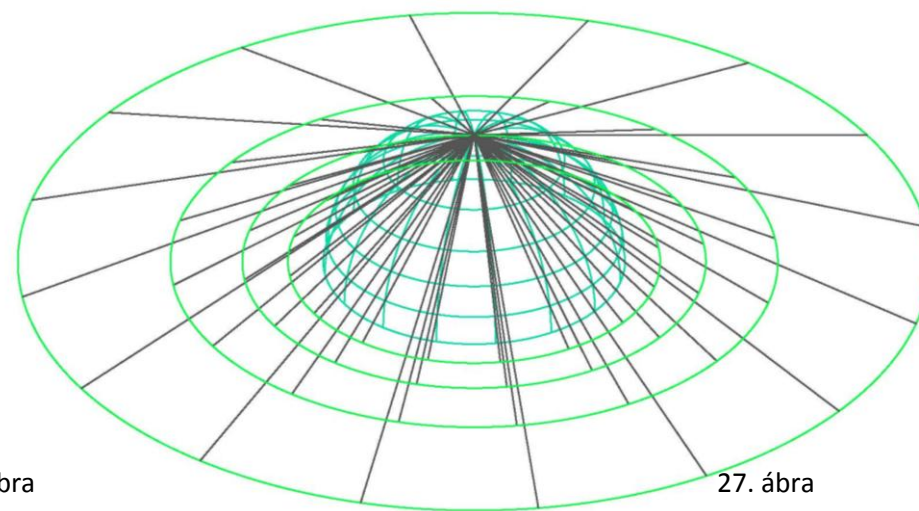
24. ábra



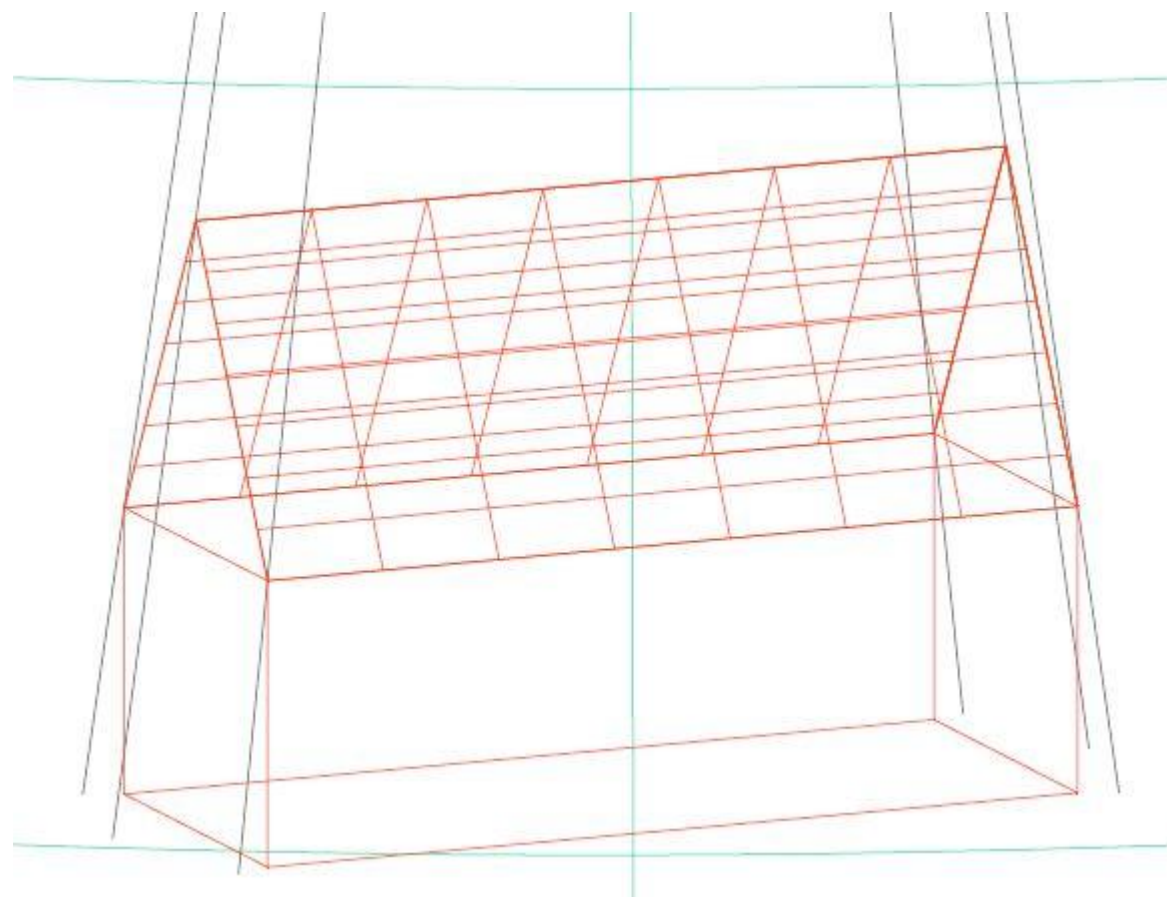
25. ábra



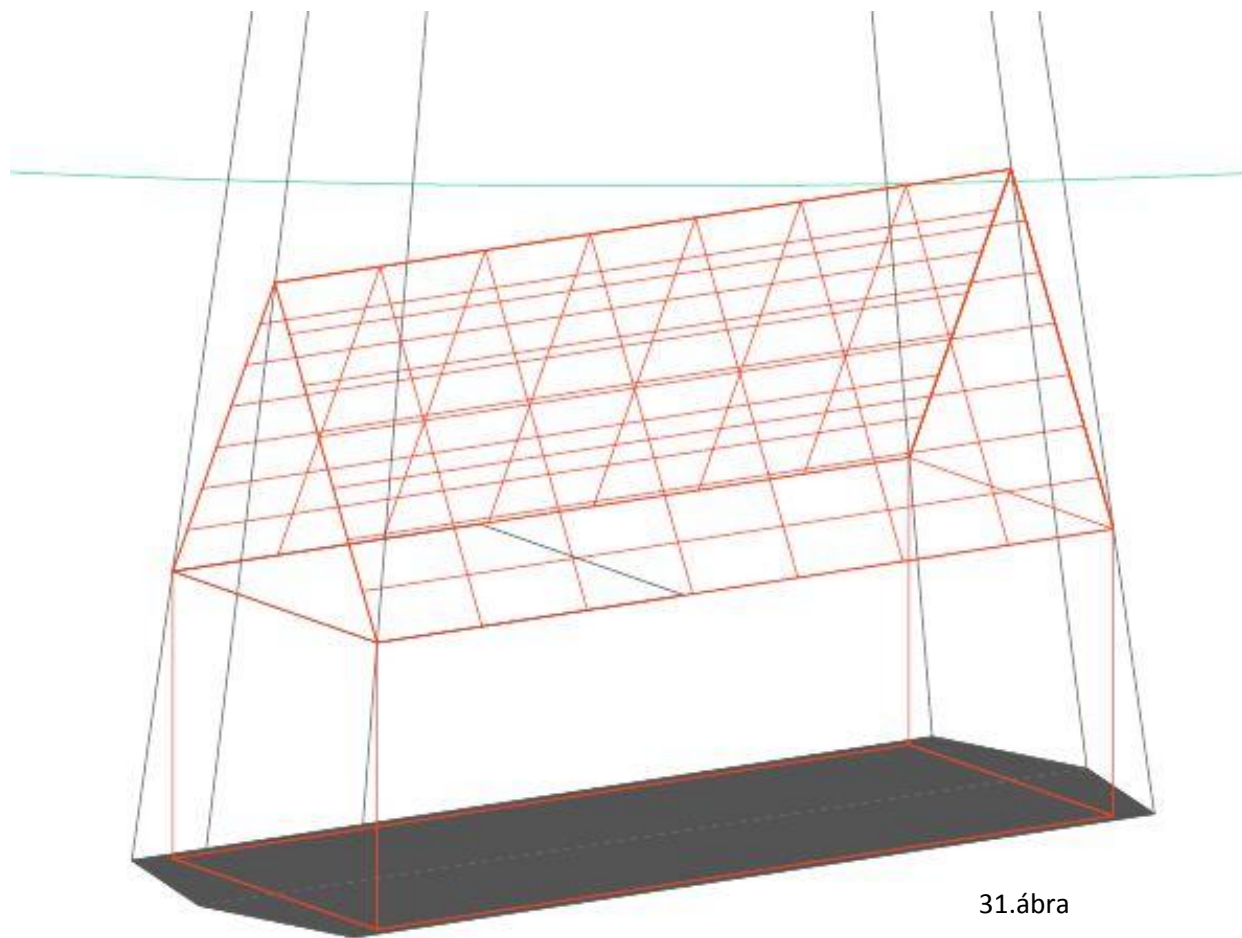
26. ábra



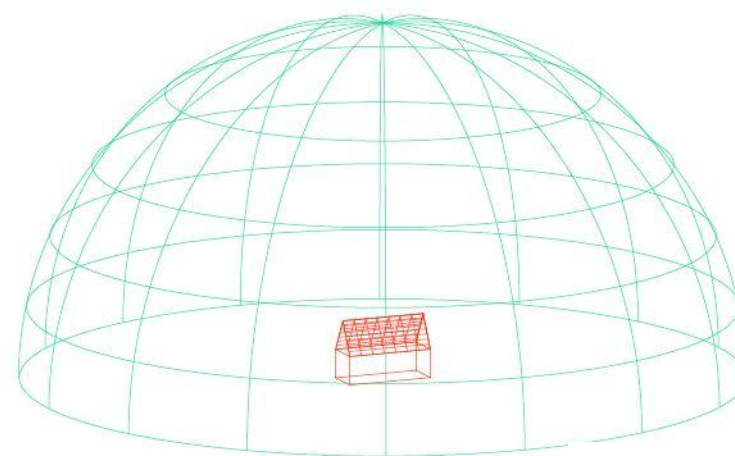
27. ábra



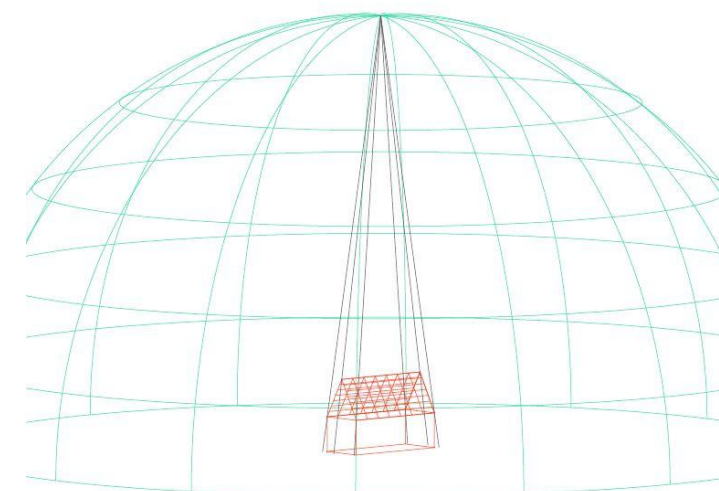
30.ábra



31.ábra



28.ábra



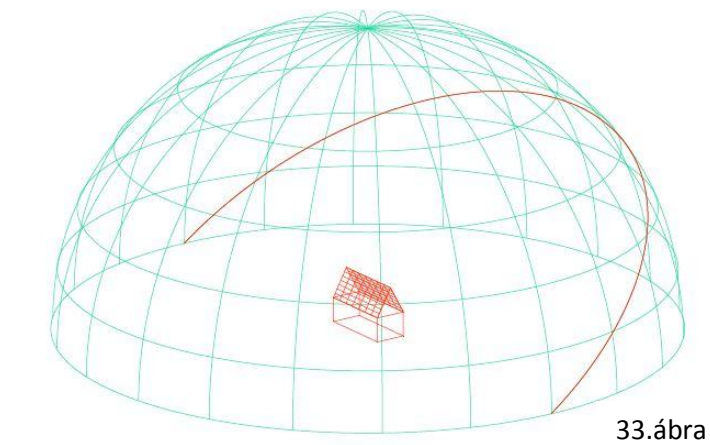
29.ábra



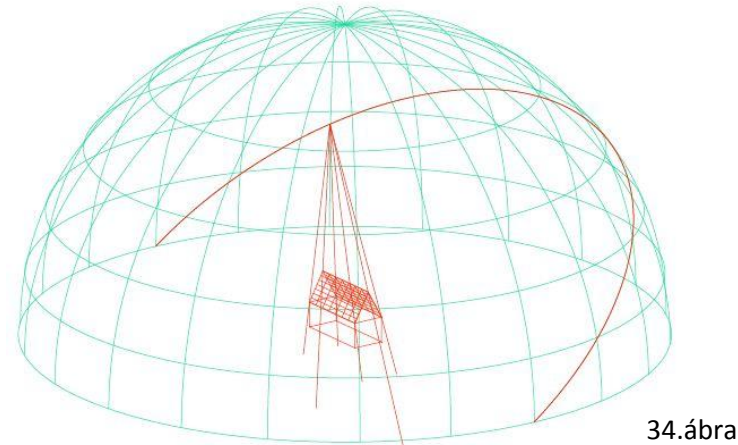
32.ábra

III. **Egy tárgy, esetünkben egy ház vetülete a félgömbben:** gyakori felhasználása, az árnyékszerkesztés, miatt foglalkozni kell ezzel a feladattal is (a különbség a gyakorlati felhasználás és ezen példa között, hogy a vetítési középpont nem egyezik meg, ilyenre mutatok példát a későbbiekben). Szerkesztési lépései:

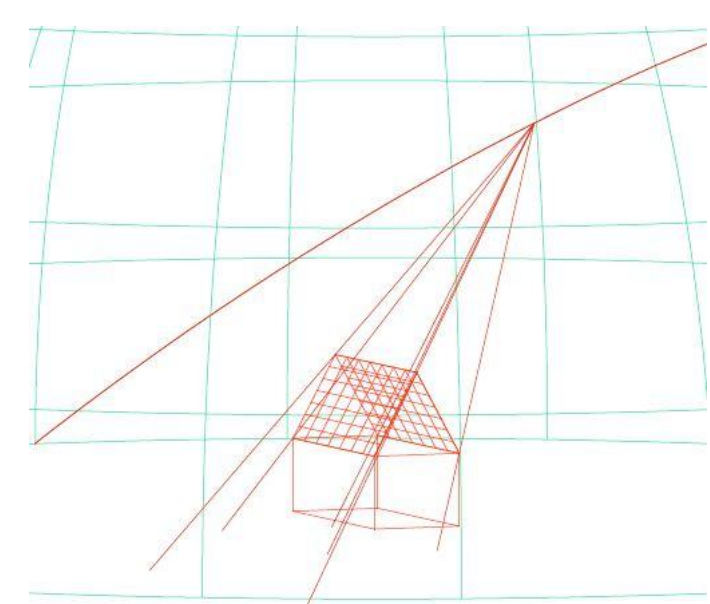
A kiindulás itt az előbb megrajzolt félgömb, melynek egyenlítői gömbi főkörén megy keresztül a képsík. A tárgy, amit felveszünk, egy egyszerű négyszög alapú hasáb és a fedlapján álló háromszög alapú hasáb (28. ábra), ennek szeretnénk megkapni sztereografikus vetületét az északi pólusból érkező vetítősugarak segítségével (29. ábra). A szerkesztési eljárás során az északi pólusból vetítősugarakat bocsátunk a tárgyunk csúcspontjaira, mely vetítősugarakat meghosszabbítva döfik a képsíkot (30. ábra). A dőféspontok összekötésével megkapjuk a tárgyunk sztereografikus vetületét (31-ábra). (amennyiben tárgyunk nem egyenesekkel van határolva, úgy is meg lehet oldani a feladatot: a térbeli ívekre sűrűn bocsátunk vetítősugarakat, és azok dőféspontjai megközelítően pontos képet adnak vissza)



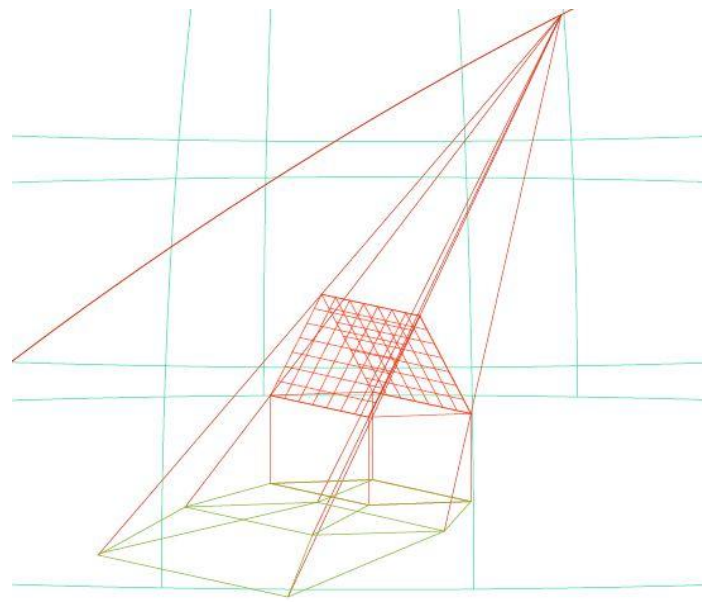
33.ábra



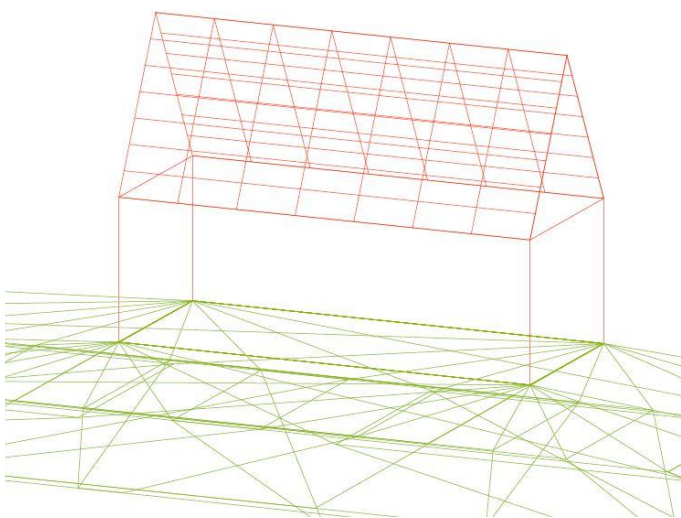
34.ábra



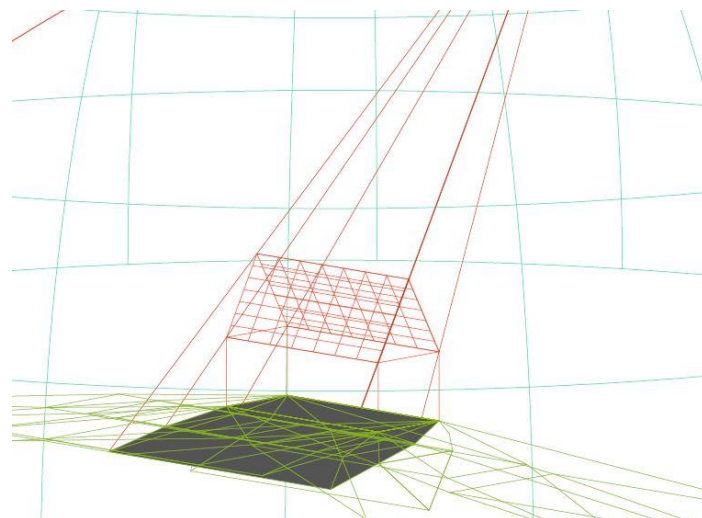
35.ábra



36.ábra



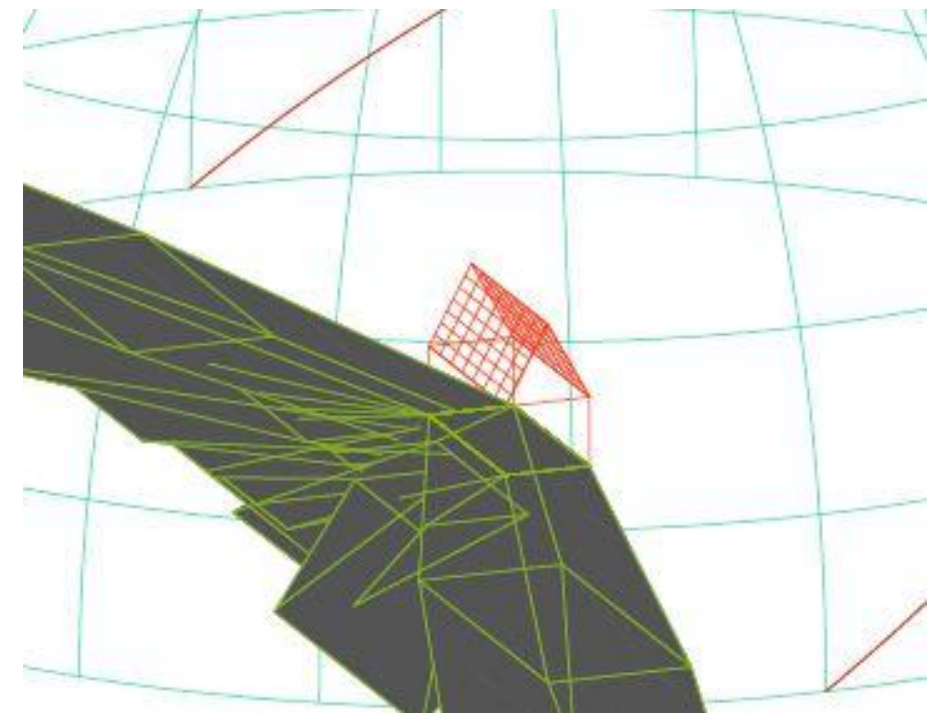
37.ábra



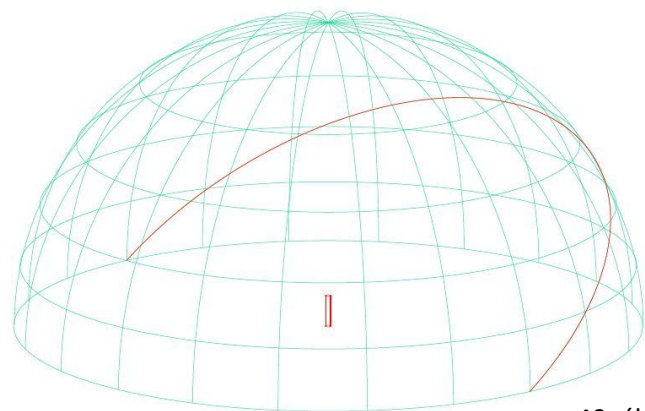
38.ábra

IV. **Egy tárgy, esetünkben egy ház vetülete egy félgömbben ferde sztereografikus ábrázolásban:** a ferde jelző itt azt jelzi, hogy a vetítési középpont most nem az északi pólus lesz, hanem a gömb egy másik felületi pontja. Előállítottam egy nappálya diagramot, melynek dőlésszöge 35° , és a gömb felületére illeszkedik, ezen a görbén lesznek a vetítési középpontok (hogy egy teljes nap árnyékvonulását be tudjam mutatni, több vetítési középpontot kell kijelölnöm, az azokból kiinduló vetítési sugarak dőléspontjai adják a teljes árnyékvonulást):

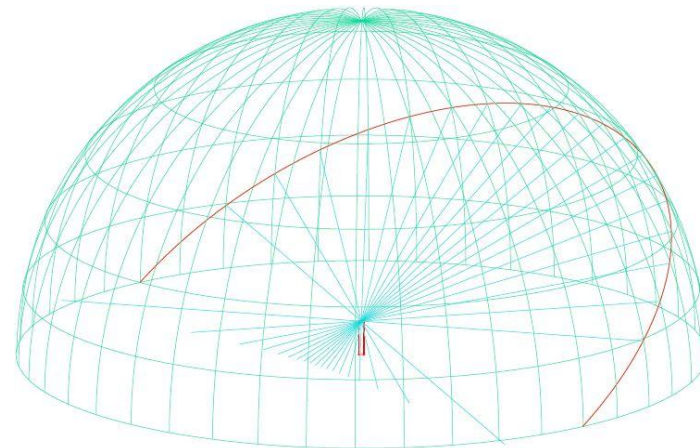
Kiindulási helyzet a félgömb gömbi főkörén átmenő képsíkkal, benne a ház (alaplapjának középpontjával a félgömb középpontjához igazítva). Ezután meg kell szerkeszteni magát a nappályát (egy gömbi főkör félbemetszésével létrejövő félkört felforgatok 35° -kal, így megkapom a nappályát) (33. ábra). A ház árnyékát a különböző vetítési középpontokból tudom megadni, melyeket a hosszúsági körök és a nappálya valódi metszéspontjaiból kapjuk. (35. ábra) Hogy a teljes árnyék érthetőbb legyen, a szerkesztésnél bejelöltem az alakzatok teljes árnyékát, minden egyenes árnyékát (36. ábra). Látható, hogy a párhuzamos egyenesek vetületei is párhuzamosak. Tapasztalatként elmondható, amit a való életben is látunk: minél magasabban van a vetítési középpont a nappályán, annál rövidebbek az árnyékok, minél alacsonyabban, annál hosszabbak (a legalsó pontoknál már elhagyja a félgömb gömbi főkörének területét. (39. ábra)



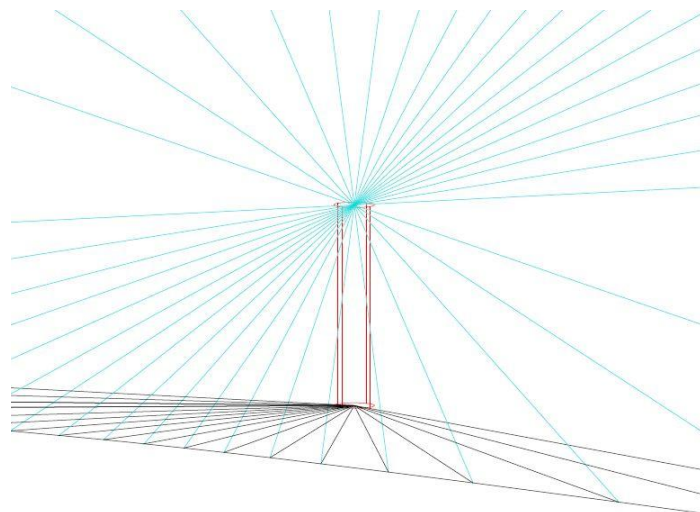
39.ábra



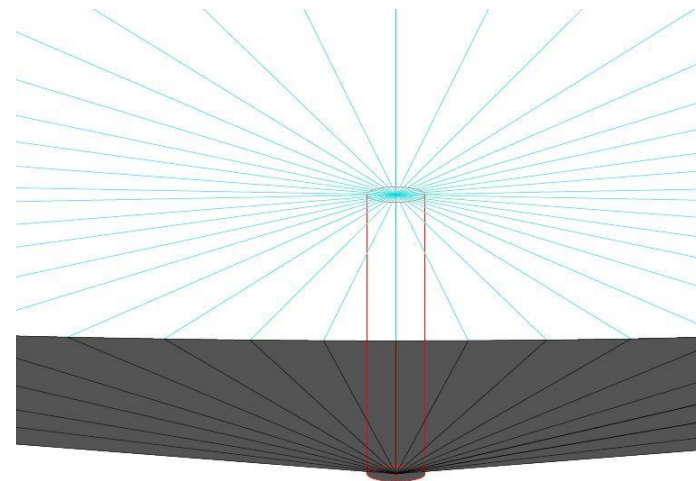
40. ábra



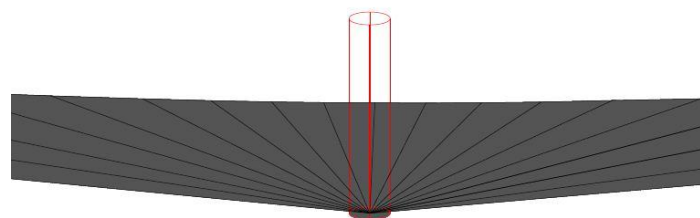
41. ábra



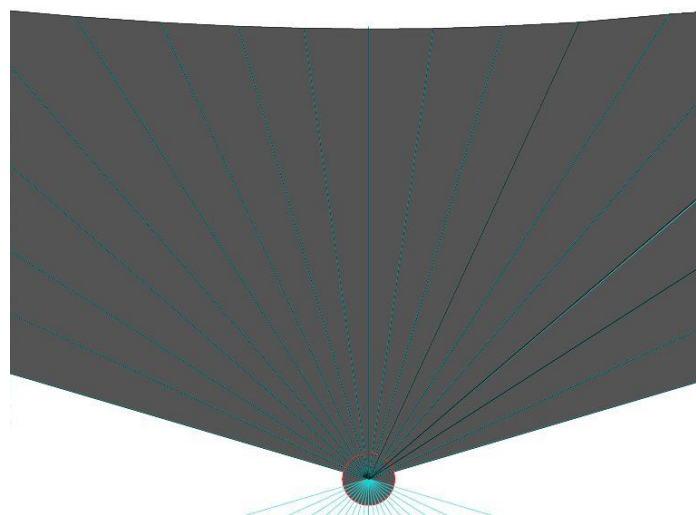
42. ábra



43. ábra



44. ábra



44. ábra

- V. **Napóra működési elve:** ebben a szerkesztésben a napórát, hasonlóan a történelmi részben ismertett gnomomhoz, egy oszlop helyettesíti, mely alapkörének sugara elhanyagolható az oszlop magasságához képest. Így egy megfelelően „botszerű” alakzatot vizsgálhatok, melynek térbeli kiterjedését egyedül a z irányú komponense adja.

Alaphelyzete megegyezik a már elmondottakkal, azzal a különbséggel, hogy a félgömbben levő házika helyett az oszlop van a gömb középpontjában (az alapkörének középpontja) (40. ábra). Hogy megfelelően pontos eredményt kapjunk, a gömb felületi rácsainak függőleges elemeinek számát megdupláztam, így több metszéspontból tudunk dolgozni (41. ábra). Itt is a nappálya és a rácsvonalak valódi metszéspontjait vesszük vetítési középpontnak. Ahogy az előbbieken is, itt is a vetítősugarak dőléspontjait keressük a képsíkon (42. ábra), majd azokat összekötve az oszlop alapkörének középpontjával, megkapjuk az oszlop árnyékait. Itt is megállapítható tapasztalatként, hogy minél magasabban „áll a nap”, annál rövidebb az oszlop árnyéka (44. ábra). A teljes árnyékséma (árnyékmaszk) az egész napi megvilágítottságot ábrázolja, az oszlop árnyékának útját a képsíkon (földön). (45. ábra)



45. ábra

Építészeti tervező programok összehasonlítása:

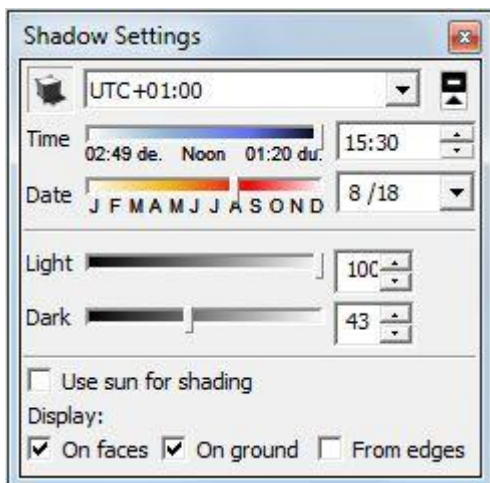
A tervezési folyamat során manapság már inkább a számítógépes tervezést használjuk, több tervező program létezik, melynek mind megvan a saját specifikációja. A három leggyakrabban használt tervezőprogramot fogom összehasonlítani benapozás vizsgálatuk, árnyékszerkesztésük alapján: Google SketchUp, mint legegyszerűbb térmodell szerkesztő program, AutoCAD, mint a világon az egyik leggyakrabban használt tervező program, és az ArchiCAD, mint a Magyarországon, és még számos országban igen elterjedt magyar tervezőprogram. Vizsgálatom tárgyául mindhárom programban megmodelleztem ugyanazt a házat (a SketchUp-ban készült ház kidolgozottabb mint a másik kettő, mert azt használtuk föl a későbbi programokban, ahol fontos volt a belső tér látványa is a benapozás vizsgálat miatt) és megvizsgáltam az önmagára és a talajra vetett árnyékokat a különböző programokban egy azon időpontra és helyre megpróbálva beállítani (a programok ezen a szinten már eltérnek, ezért nem készülhetett azonos eredmény).

Google SketchUp:

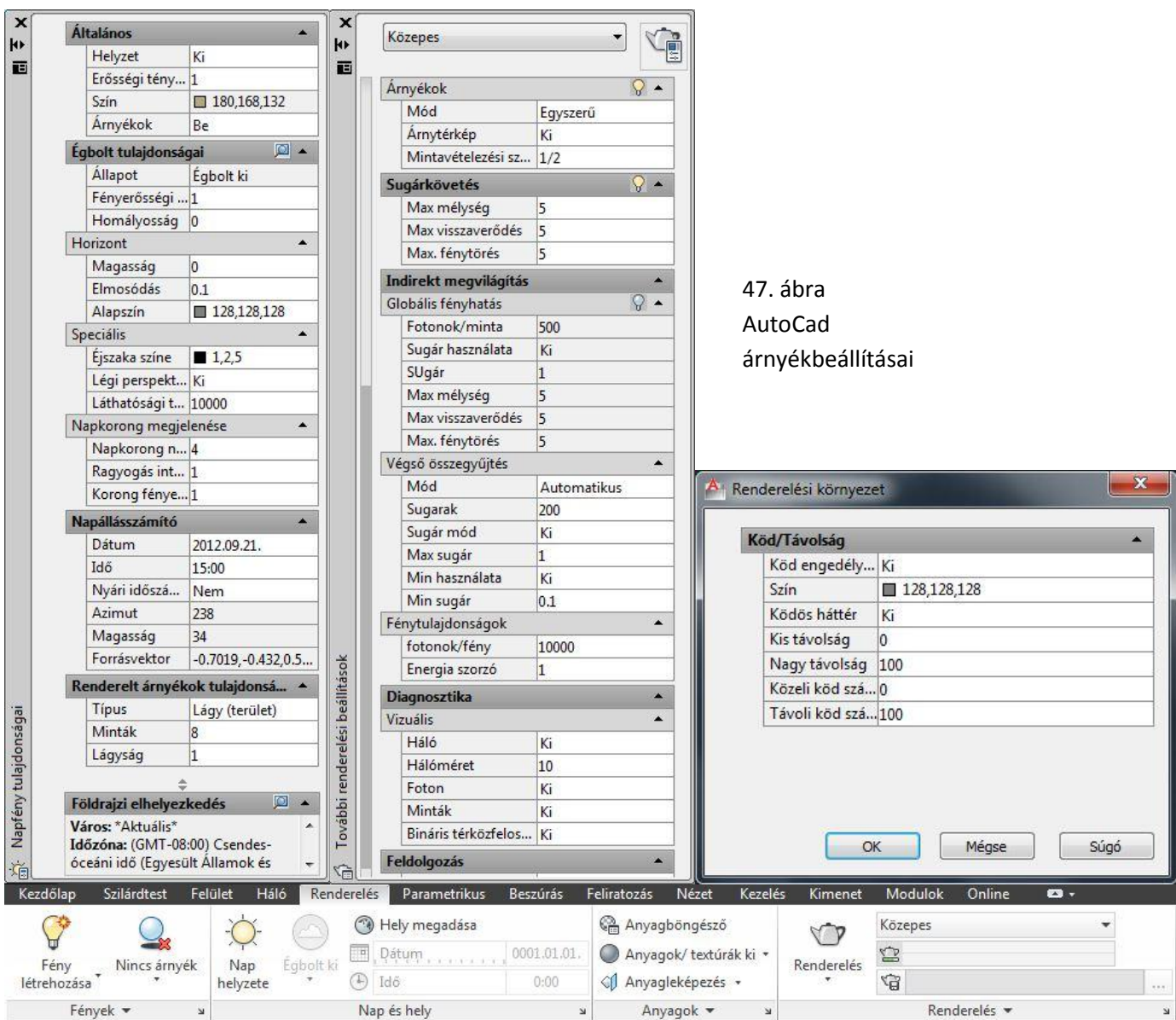
Modellező program, mely felületekkel dolgozik. Nem épületeket, vagy tárgyakat alkot meg, hanem azok modelljét. Használata ma már igen elterjedt, leginkább a látvány elkészítésére alkalmas, egyszerű, könnyen megtanulható és használható, csak egy-két különleges dolgot kell megtanulni belőle, és úgy gyorsan és könnyen lehet benne szerkeszteni. Az itt megszerkesztett elemek nem épületrészenként viselkednek: nincsenek külön falak, ablakok, hanem hasábok, gúlak, kihúzható felületek vannak, és ezek áthatásai, összemetsződései adják ki az épület tömegét. Ezen lehet elvégezni az árnyékvizsgálatot: ebben a programban a dátumot és az időpontot lehet beállítani, érdekes módon a konkrét helyszínt nem, csak az időzónát (46.ábra) (melyet UTC (Under the Counter- egyezményes koordinált világidő vagy röviden világidő) formátumban kérdez – ez az új időzónák elnevezése, mely fölváltotta a greenwichi időzónákat (bár teljesen lefedi azokat, mégis teljesen új elnevezést kapott)). Az összehasonlítások alapján a helyszínt az Egyenlítő környékére teszi, ebből fakadnak az eltérések.

AutoCAD:

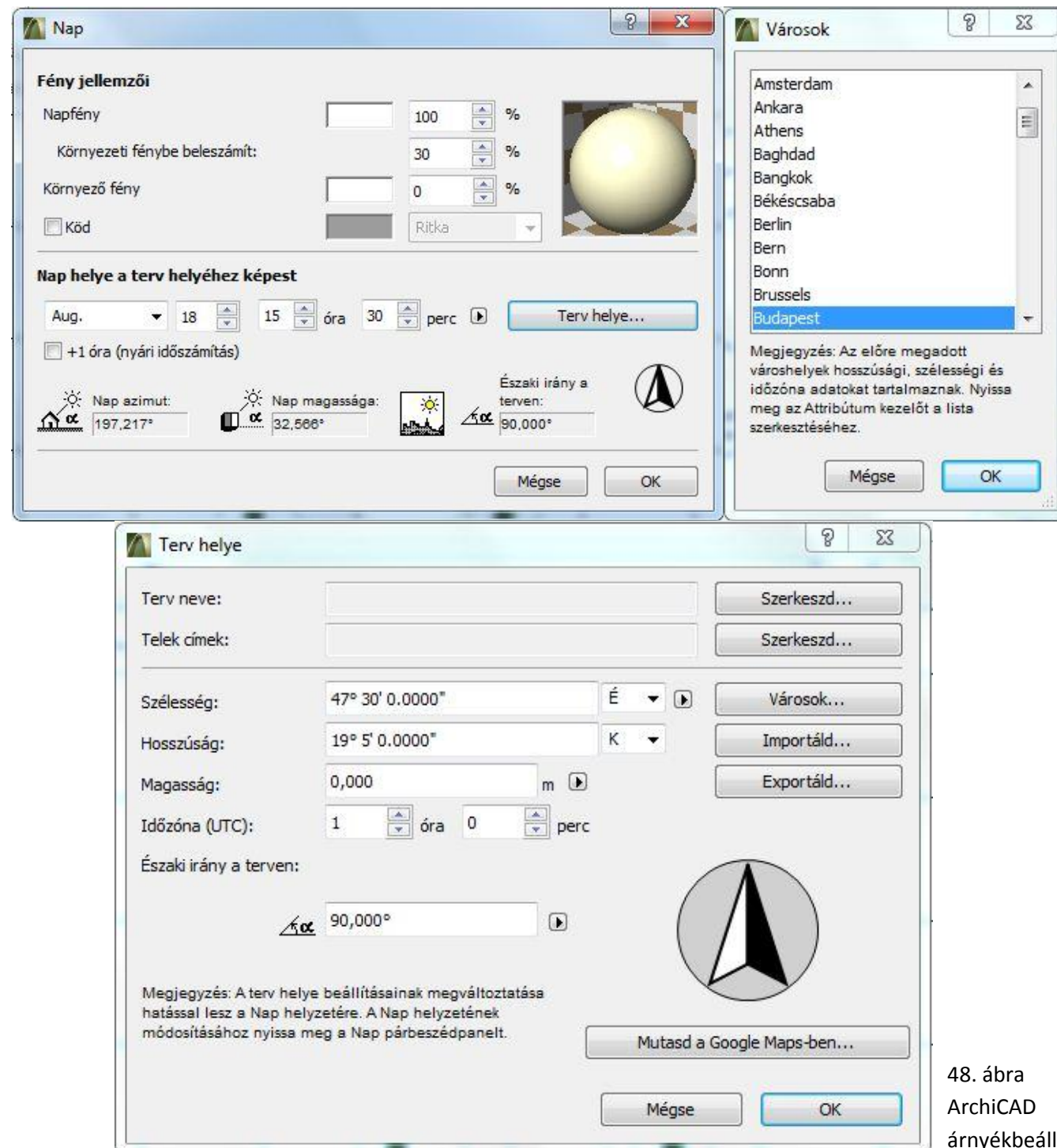
Az AutoCAD egy világszerte használt modellező program, melyet gépészek, építő- és építészmérnökök, sőt még a termék- és formatervezők is használnak. Nem kifejezetten építészeti tervező program, ebben sincsenek meg a specifikációk, mint az ArchiCADben, mint például a falak, nyílászárók, berendezési tárgyak külön könyvtára, de itt már nem csak felületekkel lehet dolgozni, hanem testekkel, testhálókkal is. Pontos méretekkel lehet szerkeszteni 2D- és 3D-ben is minden szerkesztési lehetőséget megadva, anyagok renderelésére is képes, környezetet tud alkotni, tervlapok készítésére alkalmas, stb. Az árnyékszerkesztésével kapcsolatban elmondható, hogy a dátum és idő pontos megadása mellett a helyszín megadását is igényli, illetve be lehet állítani (47. ábra). Tud különbséget tenni a sűrű fény és a teljes megvilágítotttság között, de érdekes módon igen kevésbé képes a



46. ábra
Google SketchUp
árnyékbeállításai



47. ábra
AutoCAD
árnyékbeállításai



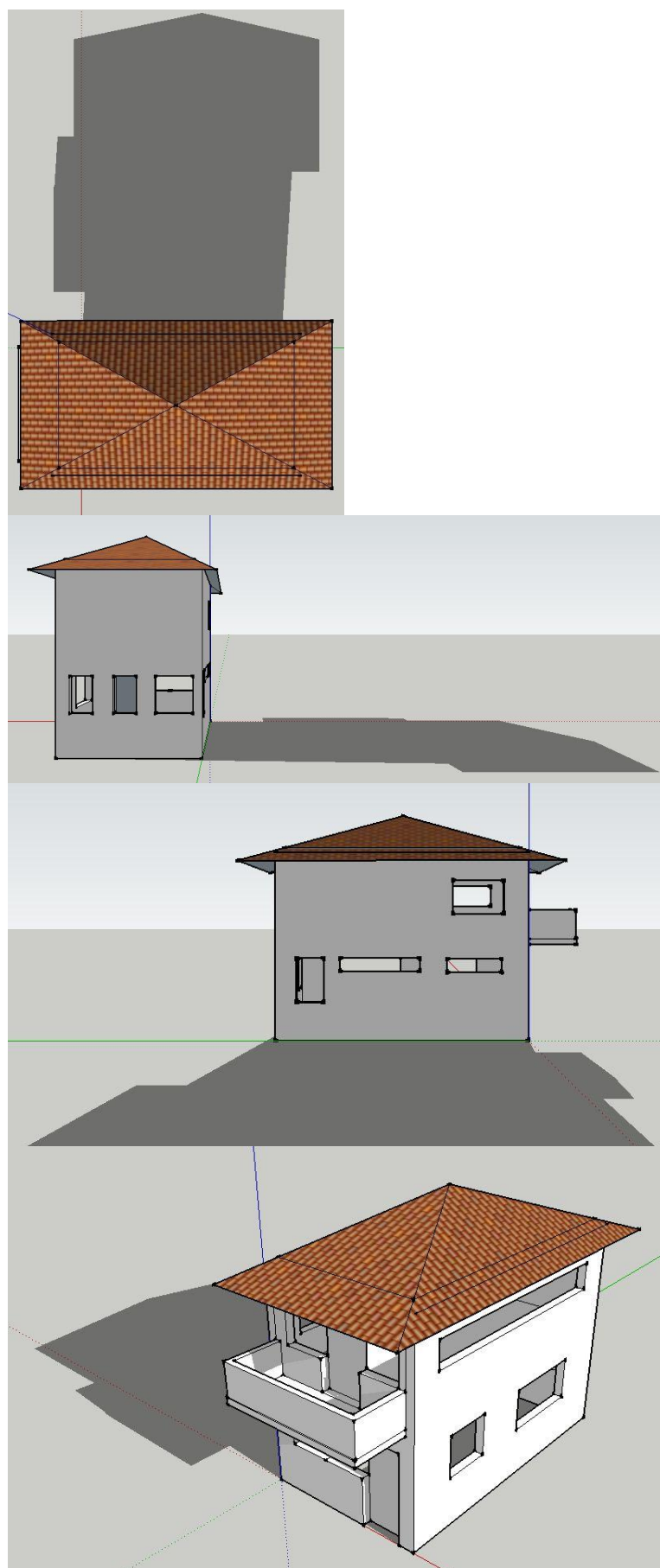
48. ábra
ArchiCAD
árnyékbeállításai

legsötétebb önárnyékos oldalt és a vetett árnyékot megkülönböztetni (még a legnagyobb felbontás beállítása mellett). Emellett igen sok helyen és beállításon keresztül lehet elérni az árnyékos felületek megjelenítését.

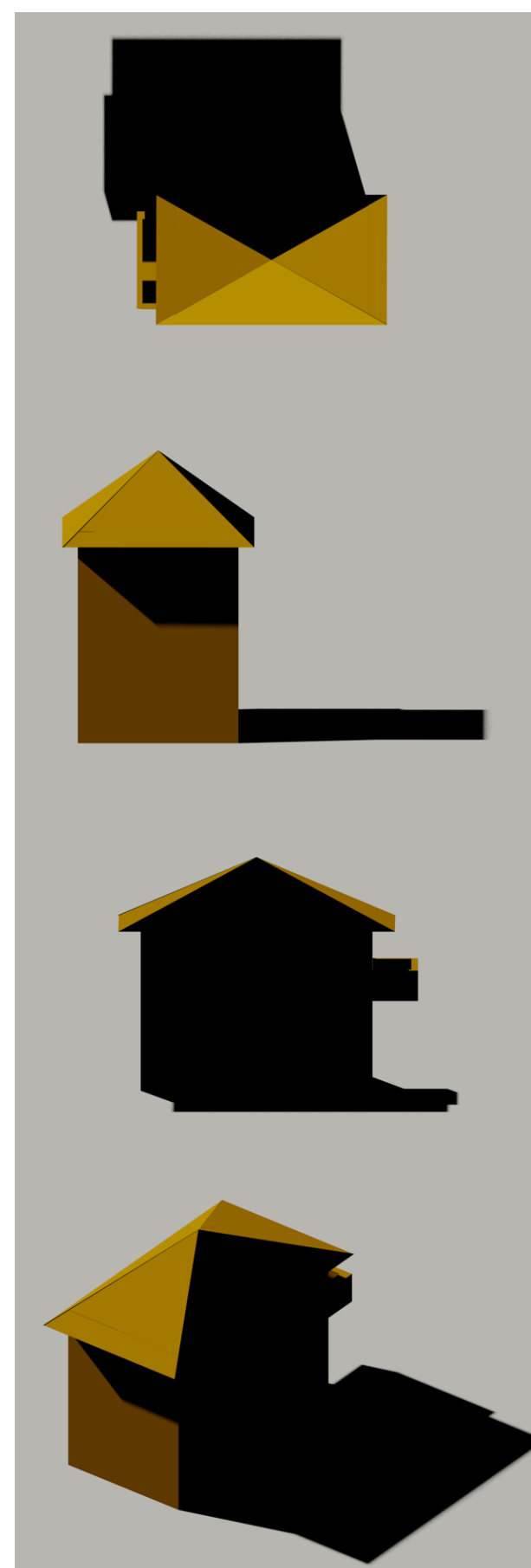
ArchiCAD:

Az építész tervező program konkrét alaprajzok metszetek akár 2D, akár 3D megalkotására képes, ugyanakkor teljes épületek 3D-ben való megépítésére is alkalmas, tartalmazva a tervező megsegítésére legalkalmasabb részleteket: falak, felületek, ajtók, ablakok, és sok más eszközt. Nem csak látványterv készítésére alkalmas, hanem a tervezés folyamata során igen gyakran már csak ezt a programot használják az építészek: gyorsabb, alkalmasabb is az előző két programnál, és teljesen az építészeti tervezés folyamatára van szabva. Látvány tervek készítésére is alkalmas, rendereléssel bármilyen környezetbe be lehet ültetni a tervet, és az árnyékot is rá lehet szerkeszteni. A napállással kapcsolatban ebben a programban van a legtöbb lehetőség: be lehet állítani a Nap azimutját és altitudját, a dátumot és időt, a nyári időszámítás plusz egy óráját, és a terv helyét: várost, vagy koordinátát, a Föld északi vagy déli féltekét (48. ábra). Az egyszerű napállás mellett képes teljes benapozás-vizsgálat elvégzésére, melyről több fényképet készít, vagy egy napállás beállításnál körsétát is tud tenni. Igen könnyen használható ez a része a programnak, mégis aki nem tudja, hogy mit és hol kell keresnie, az nem feltétlenül találja meg.

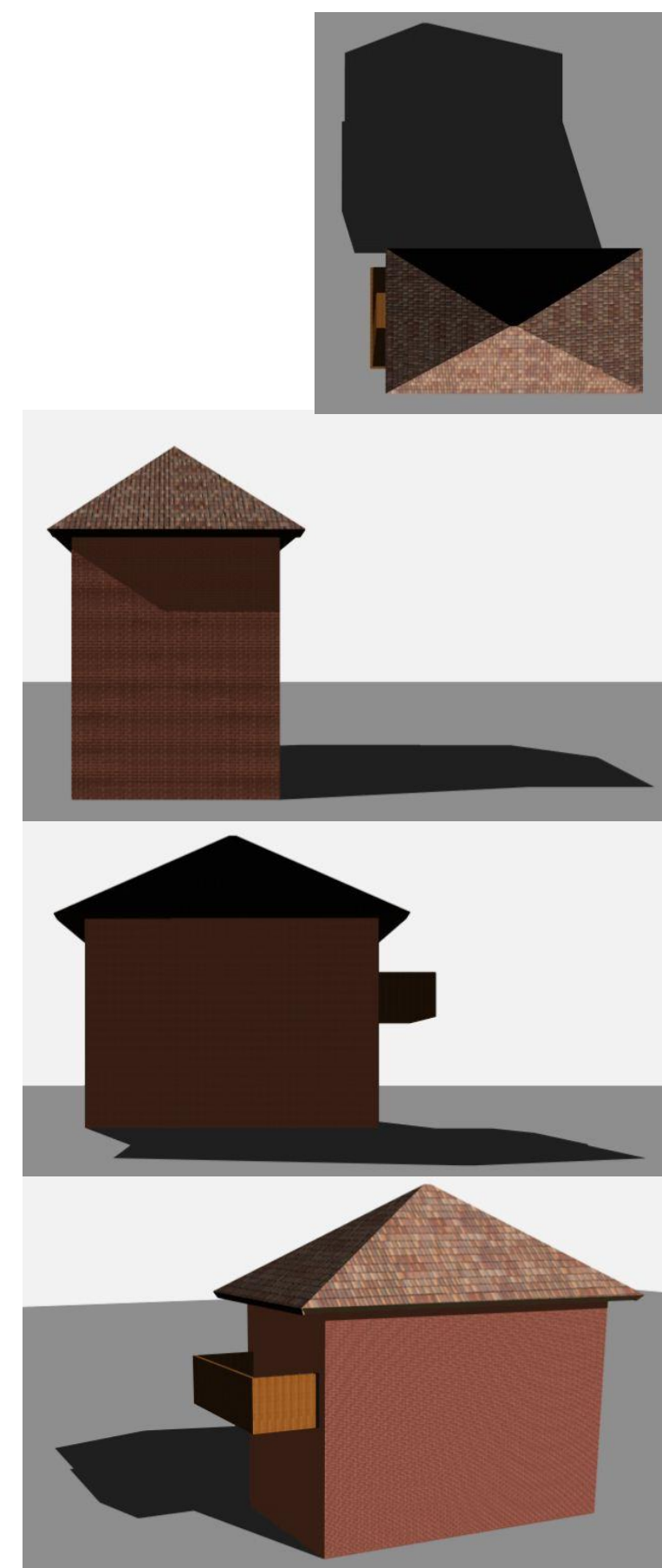
Bár mindhárom programban megtalálható a vizsgálandó funkció, mégsem ez a fő profiljuk: a SketchUp inkább látványelemnek használja, az AutoCAD inkább azért hogy a tervezett tárgy térbeliségét érzékeltesse, az ArchiCAD pedig a célnak megfelelő, de itt is inkább csak látványtervezésre használják (mint ahogy a programban a megtalálható helye is sugallja: Kreatív látványtervezés). Összehasonlításuk alapján elmondható, hogy a célra, a Nap fénye által keltett árnyékok megvizsgálására egyértelműen az ArchiCAD a legalkalmasabb, ám nem annyira felhasználóbarát. Ezért készült el két program, melyek célja kizárólag a benapozás-vizsgálat, az épület és a napfény kapcsolatának vizsgálata, a bevetett árnyékok tervezése.



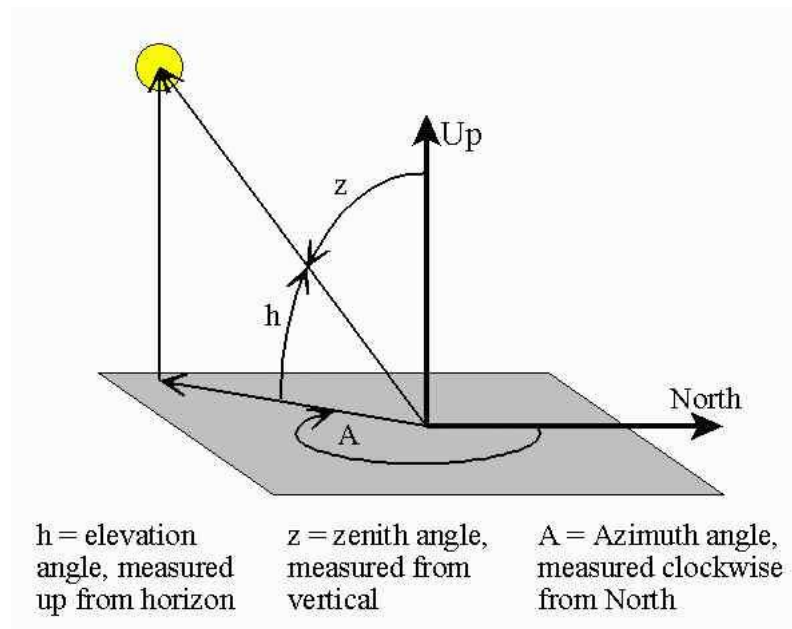
49. ábrásor
Google SketchUp
Melles Fanni BME-ÉPK-EpAb



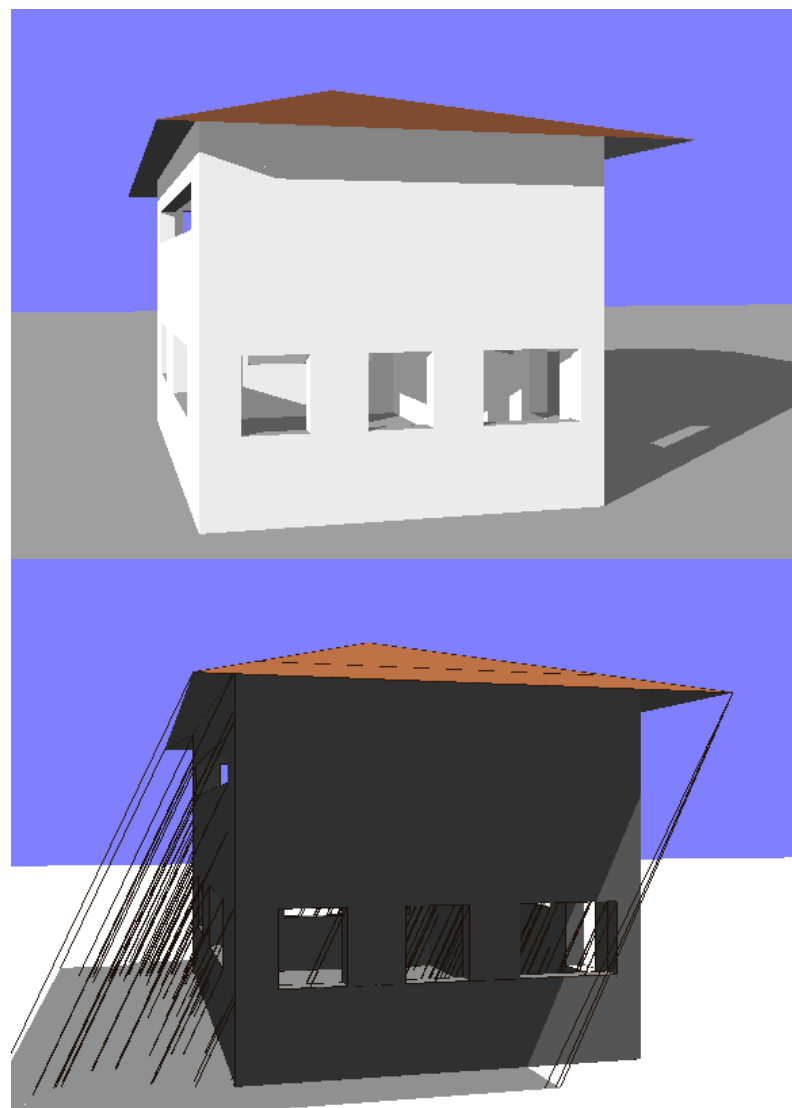
AutoCAD
Napsugárzás és szerkesztési geometria



A tervező programok összehasonlításai azonos modell alapján
ArchiCAD



50. ábra
Altitude és azimuth



Tanulmányprogramok:

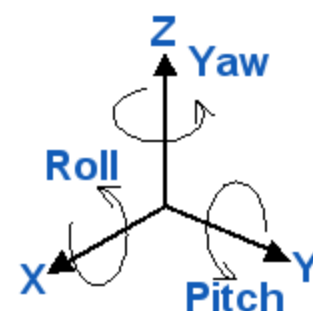
A dolgozat témájához kapcsolódva, abból kiindulva, kérésemre két programozó diák, Hunyady Márton és Pálffy András, akik a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológia karának hallgatói, írtak két programot, melyek a Nap és az épületek árnyékolásának kapcsolatával foglalkoznak. Mindkét program a Nap dátumra és pozícióra lebontott állásaival dolgozik, melyet egy online adatbázisból töltenek le. Az egyik egy csak a benapozás vizsgálattal foglalkozó, számítógépre írt program, mely .x kiterjesztésbe mentett DirectX típusú modell fájlokat tud megnyitni és árnyékolást modellezni. A másik egy okos telefonra írt alkalmazás, mely helyszínbemjárások alkalmával lehet igen hasznos: egy napszimbólumot a kijelzőre rajzolva tudja meg mutatni a Nap állását ott, ahol a kért dátumon és helyszínen látszana. A két program azonos adatbázisból dolgozik: ez az oldal egy sorban először küld egy időpontot (például: 05:00) majd két szöveget (altitude, azimuth (50.ábra), ahol az Altitude a horizonttól, az Azimuth az északról az óramutató járásával megegyező irányban mért szög) melyek a nap betekintési szögeit jelzik az adott pillanatban. Ilyen sorokkal napkeltétől napnyugtáig az egész nap leírható.

Benapozás vizsgálat számítógépes modelleken DirectX segítségével (Hunyady Márton programja Nyisztor Károly Grafika és játékprogramozás DirectX-szel című könyve alapján)

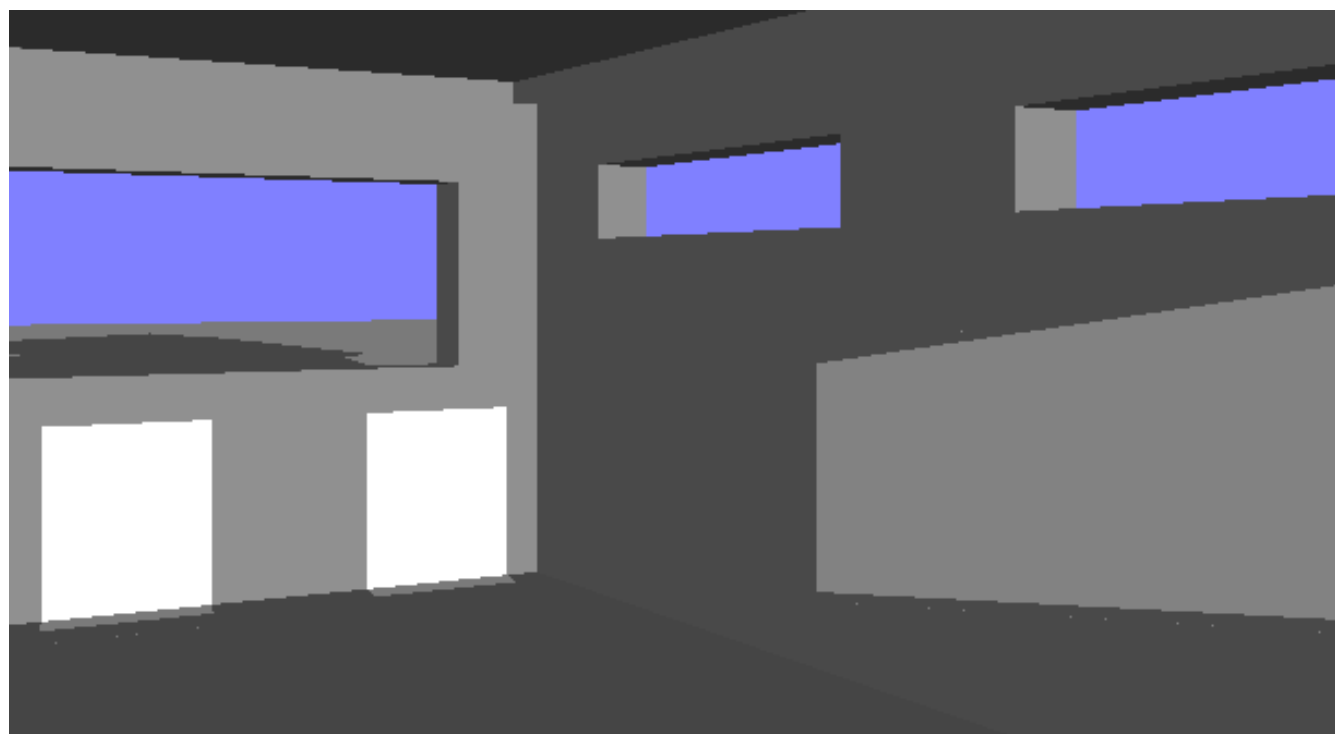
Bár sok modellező program tudja beépített funkcióként a benapozás vizsgálatot, ezek ellenőrzésére, esetleg ezek mellé nem árt egy kisméretű szoftver, amely kifejezetten ezzel a témakörrel foglalkozik.

A tudományos dolgozatom kutatásához készült program képes árnyékokat kiszámolni, ugyanolyan, vagy hasonló módszerekkel, mint a híres tervező alkalmazások. Az alapötlet a nap és sugarainak leegyszerűsítése egy modellre, amely egy végtelen távoli fényforrásból, és annak tökéletesen párhuzamos fénynyalábjaiból áll. A nyalábok és a test találkozásakor a program vetítéseket számol, és az érintett felületre vetíti az érintett pontokat, így kiadva az árnyék körvonalát. Az eljárás megértésének könnyítéséhez a program kérésre a sugarakat is berajzolja, fekete egyenesekként ábrázolva azokat (árnyéktérfogatnak kezeli).

Mivel a fényforrást végtelen messzinek tekintettük, nem koordinátái, hanem csak iránya van tárolva a programban. Ezt kétféleképp szokás a grafikai szoftverekben: vagy egy irányvektort tárolunk amely x,y,z koordinátáival kijelöli az irányt, vagy az úgynevezett yaw-pitch-roll szögekkel (51. ábra) számolunk, melynek eredeti funkciója, hogy 3 szöggel jellemzi egy test aktuális helyzetét. Fontos, hogy az irány megadásához tökéletesen elégséges 2 szög is, hisz a harmadik az ezen kettő által kijelölt egyenes körül forog, ami számunkra érdektelen. A két tárolási mód között az átváltás egyszerű szögfüggvényekkel megoldható.



51. ábra
Yaw-Pitch-Roll szögek

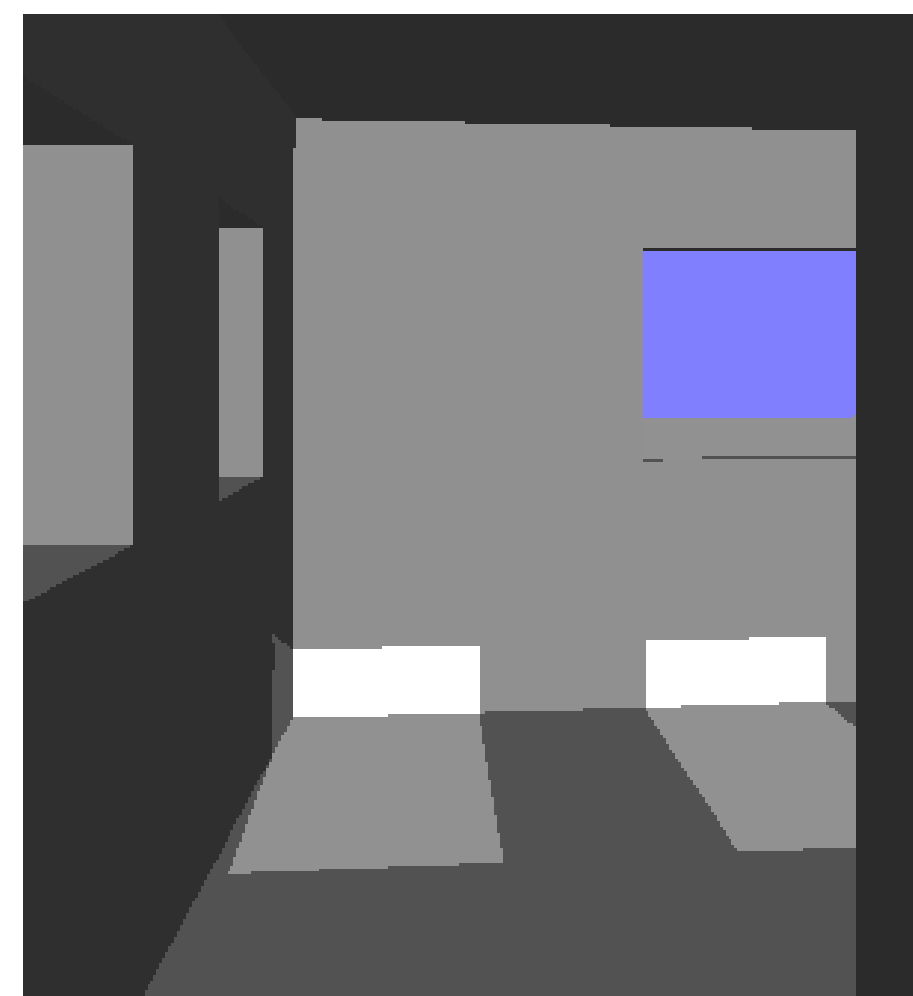
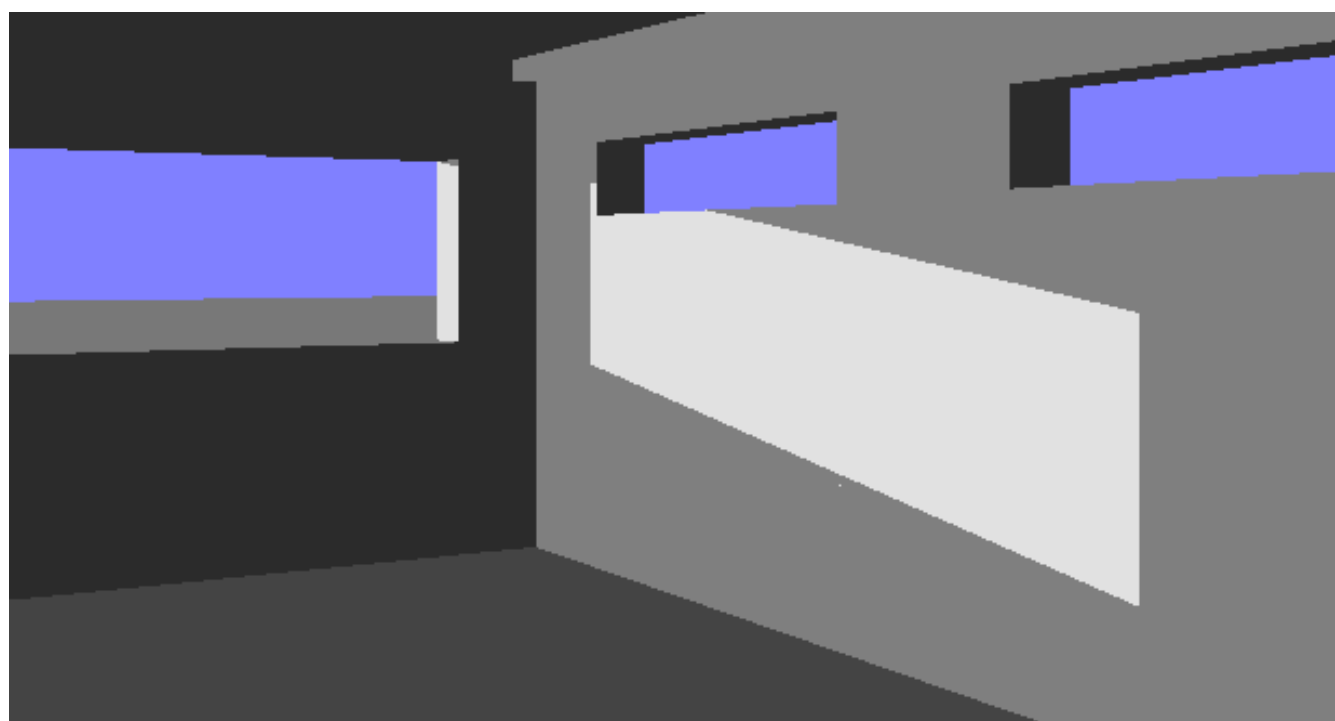


A program különleges tulajdonsága a fényforrás pozíciójának megválasztása, lehetséges ugyanis, hogy az épületet tényleg a valódi helyszínén (pozícióján), tetszőleges dátum beállításával vizsgáljuk meg. Ha kell, nem csak egy, hanem egy egész sor pozíció is megadható, melyek együtt kiadják a nappályát az adott napon. Ily módon előre tudható, hogy a napfelkelte a teraszcél látszik ugyan, de pont besüt majd a hálósobába, vagy, hogy kell-e árnyékoló a tetőablakra.

Az ehhez szükséges adatokat a program az okostelefonos alkalmazáshoz hasonlóan ugyanabból az internetes forrásból tölti le, amely az Amerikai Haditengerészeti csillagvizsgálónak(The United States Naval Observatory) gondozásában áll.

A program képes bármilyen .x kiterjesztésű directx modellt beolvasni, amilyen formátumba sok tervező program tud exportálni (akár beépítve, akár plug-inok által) Ilyen például a Sketchup, 3ds Max, vagy az Autocad. Így a program nem formátum specifikus, hanem egy általánosabb megoldást nyújthat a jövőben.

A program a híres grafikus programozó, Nyisztor Károly Grafika és játékprogramozás DirectX-szel című könyvének példakódjára épül.



Napállás meghatározása és megjelenítése dátum, időpont, és pozíció alapján android operációs rendszert futtató okos telefonokon

A benapozás vizsgálat, mint azt a korábbiakban láthattuk, nem csak érdekes, hanem kifejezetten hasznos területe az építész szakmának. Segítségével optimálisabban tudjuk elhelyezni a nyílászárókat, a napelemeket és kollektorokat, de spórolhatunk a szükséges árnyékoló felületek méretén is. Mindezek közül azonban kiemelkedik a vizsgált épület funkcionalitásának, élhetőségének növelése, melyben a fény, mint tudjuk kulcs szerepet játszik.

Igény mutatkozik tehát egy programra, mely segítségünkre siet, ha egy épület, vagy egy helyszín fényviszonyaira vagyunk kíváncsiak az év tetszőleges pillanatában. Jó lenne, ha ehhez nem lenne szükség a terület vagy épület lemodellezéséhez, mert az körülményes és rossz eredményt adhat. Következik, hogy a helyszínen, „élőben” lenne jó a vizsgálatokat elvégezni. Ehhez jó alapot nyújthatnak a napjainkban egyre jobban terjedő okos telefonok, melyek kamerájukkal, és folyamatosan bővülő számítási teljesítményükkel a kiterjesztett valóságot könnyen elérhetővé teszik.

Az alkalmazás célja egy olyan eszközt nyújtani a jövőendőbeli felhasználóknak, mely alkalmas a nap pozíciójának megmutatására bármely tetszőleges dátumban egy nap szimbólum segítségével, melyet a kamera által látott képre vetít.

Nagyon fontos, hogy az alkalmazásnak nem célja a pontos és precíz számítások kiváltása, szerepe az előzetes, látványos és egyszerű felmérése az épületben, helyszínen rejülő opcióknak. Néhány példa a hétköznapi életre vonatkozólag: egy ilyen alkalmazással már télen megnézhető, hogy kell-e majd sötétítő függöny a gyerekszobába, vagy hogy a teraszcél látszik-e majd az augusztusi naplemente, de azt is megvizsgálhatjuk, hogy egy tetőablak mennyire zavarná a kanapén heverő családot.

A program így lehetőséget, eszközt ad az építészek kezébe felújítandó épületek felméréséhez, nyílászárók, napelemek, árnyékolók optimális elhelyezéséhez, de felmérhetőek vele régi templomok, kultikus helyek, ahol rendkívül fontos szerepet játszott, hogy a nap melyik ünnepen hova veti fényét az ablakkal szemközt falon. mellett azonban nem csak az építészek számára lenne hasznos az alkalmazást, hisz a fotósok tudnák, hogy az esküvőn honnan süt majd a fény, a strandolók előre sejtetheték, hogy nem jól tették le a napernyőt, a párok pedig azt, hogy hol és mikor lesz aznap a naplemente, hogy néhány hétköznapiabb felhasználást is említsünk.

A program működésének vázlata a következő:

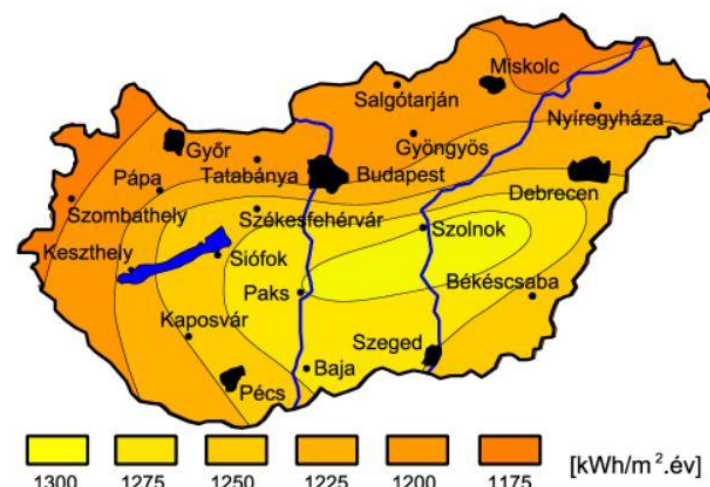
- pozíció lekérése a felhasználotól (később opció lesz a GPS szenzorról való pozíció lekérés)
- Tetszőleges dátumot kér felhasználótól, nap pontossággal
- internetes adatbázisból lekéri, hogy milyen szögek alatt látni a napot az megadott napon, a megadott helyről. A visszakapott információkat egy táblázat tartalmazza, amelyben egy sor egy időpontból, és lét belátási szögből áll
- egy nap szimbólumot kirajzol a kamera képére a beépített iránytű és a gyorsulásmérők alapján kiszámolt képernyő pozícióra mutatván, hogy aznap, az adott órában hol lenne a nap



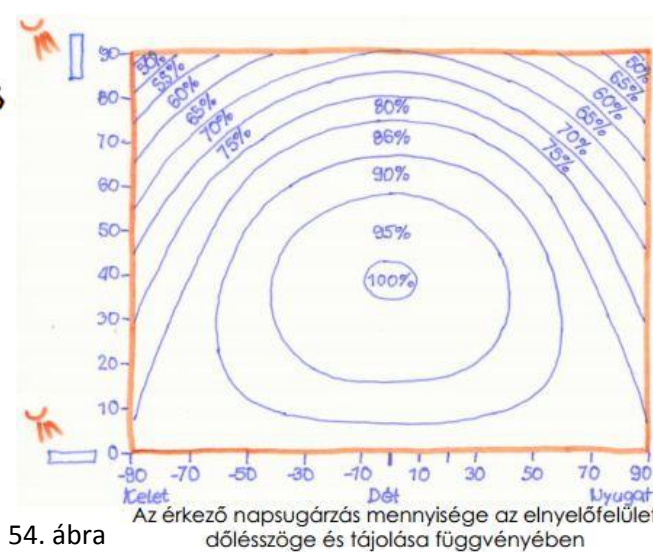
52. ábra
Felhasználói felület

Letöltött adatok:		
05:00	-11.3	90.5
05:10	-9.7	92.3
05:20	-8.0	94.1
05:30	-6.3	96.0
05:40	-4.6	97.8
05:50	-2.9	99.6
06:00	-1.3	101.4
06:10	0.8	103.3
06:20	2.3	105.1
06:30	3.8	107.0
06:40	5.4	108.9
06:50	6.9	110.8
07:00	8.5	112.7
07:10	10.0	114.7
07:20	11.5	116.7
07:30	13.0	118.7
07:40	14.5	120.7
07:50	15.9	122.8
08:00	17.3	124.9
08:10	18.7	127.1
08:20	20.0	129.3
08:30	21.3	131.6
08:40	22.5	133.9
08:50	23.7	136.2
09:00	24.8	138.6
09:10	25.9	141.1
09:20	26.9	143.6
09:30	27.9	146.1
09:40	28.8	148.8
09:50	29.7	151.4
10:00	30.4	154.1
10:10	31.1	156.9
10:20	31.7	158.5

53. ábra
Adatok lekérése



53. ábra Vízszintes felületre érkező globális napsugárzás Magyarországon



54. ábra

Az érkező napsugárzás mennyisége az elnyelőfelület dőlésszöge és tájolása függvényében

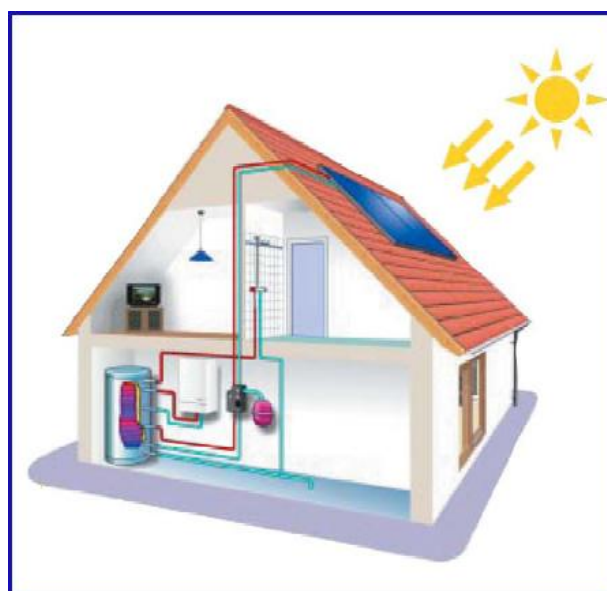
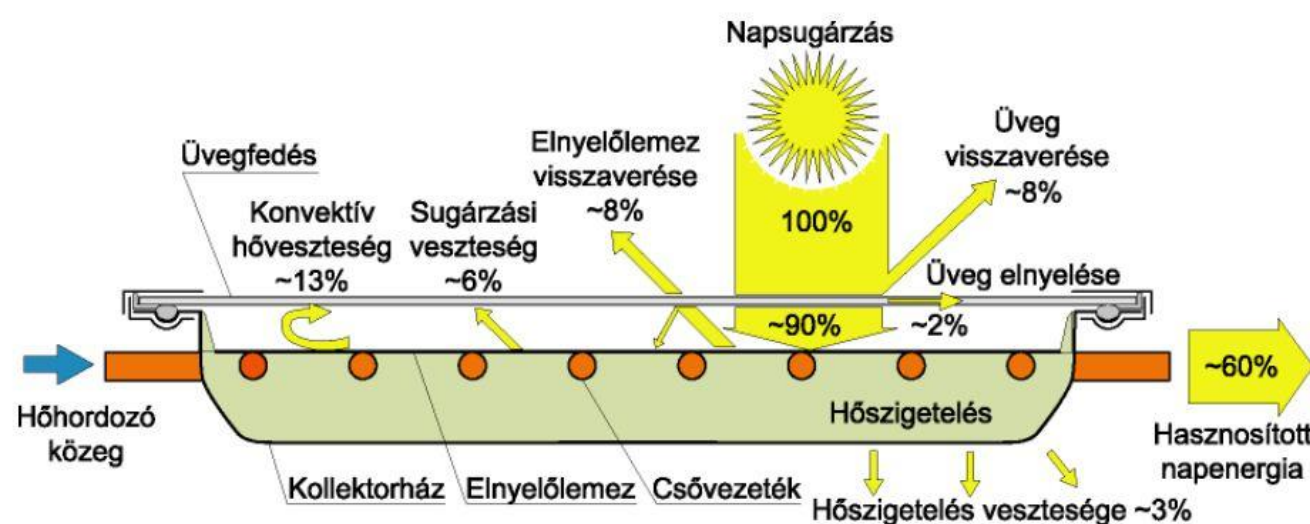
Az elmélet gyakorlati hasznosítási lehetőségei:

Nagyon fontos lenne, hogy már az építészeti tervezés folyamat során foglalkozzunk a megvilágítás, benapozás, árnyékszerkesztés vizsgálatával. Egyrészt ha már kezdetektől foglalkozunk a kérdéssel, az épületet lehet már környezetbarát szempontok alapján tervezni. Emellett nem csak környezetbarát, hanem gazdaságosabb épületeket is tervezhetünk: nem csak az építkezési költségekből tudnánk lefaragni, hanem a későbbi felhasználók fenntartási költségein is tudnánk csökkenteni.

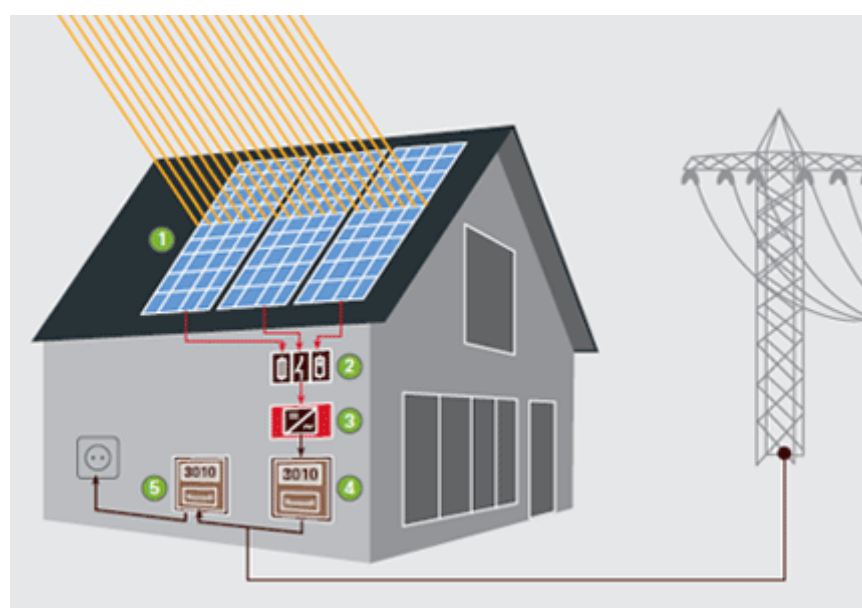
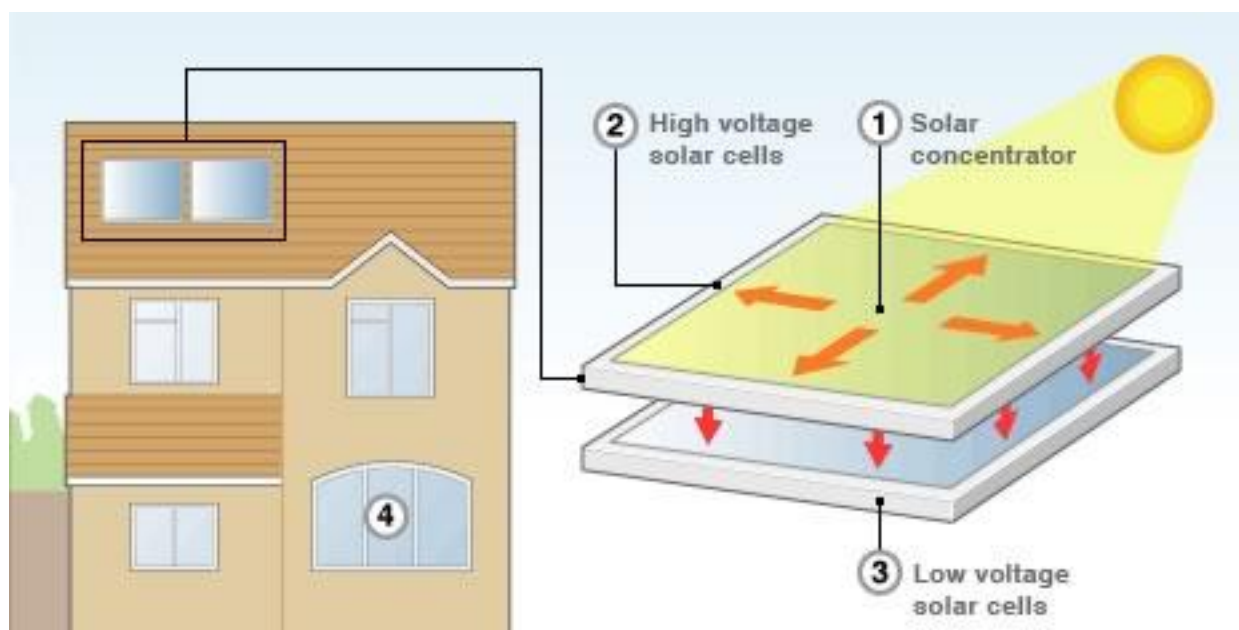
A Nap felhasználásával: a napenergia hasznosításával igen sokat tehetünk mind a környezetért, mind a tulajdonosokért: lehet tervezni napkollektorokat a fűtésrészegítésre, vagy használati meleg víz előállítására; napelemek elektromos áram előállítására, valamint a benapozás figyelembevételével csökkenteni lehet a világítás költségeit.

Egy épület léptékében:

1. **Napkollektor:** olyan berendezés, mely a Nap sugárzási energiáját alakítja át hővé, gépészeti berendezések segítségével. Elő tud állítani használati, fűtésrészegítési vagy medencefűtésre alkalmas meleg vizet. A napkollektor igazából egy hőcsapda, amelybe a napfény bejutva bennragad, elnyelődik, kijutni nem képes, közben hője felmelegíti a napkollektor csöveiben keringő folyadékot. Ezt a felmelegített folyadékot egy szivattyú keringeti a napkollektor csöveiben eljuttatva azt egy hőcserélő eszközökhöz, ahol a hője a hőcserélőn keresztül átadódik a tartály vizének, felmelegítve azt. Alapváltozatai: lefedés nélküli kollektorok (szolárszőnyegek, elsősorban medencék fűtésére), nem szelektív, szelektív, és vákuumcsöves síkkollektorok, és vákuumcsöves kollektorok. A hatásfoka függ a hőhordozó közeggel elvezetett hőmennyiség és a kollektor felületére érkező napsugárzás hőmennyiségétől. A hatásfok növelésére több lehetőség van: szelektív felületet képezünk rajta (a visszasugárzást 5%-ra le lehet csökkenteni), ha vákuum van benne (ez kiküszöböli a kollektor házban belüli konvektív hőátadását, emellett természetesen függ a hordozó épület tájolásától és a tetőszíkok hajlásszögétől. Mindemellett természetesen vannak újabb fejlesztések, melyek növelhetik a hatásfokot: ilyen például a termodinamikai szolárrendszer (nem csak a Nap, hanem a környezet energiáját is elnyelik, és azt is hővé alakítja át). [SZIC]

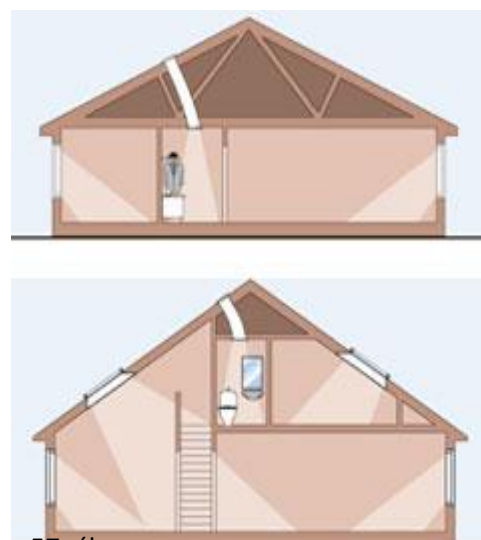


55. ábra
Napkollektor
felépítése és
működési sémája



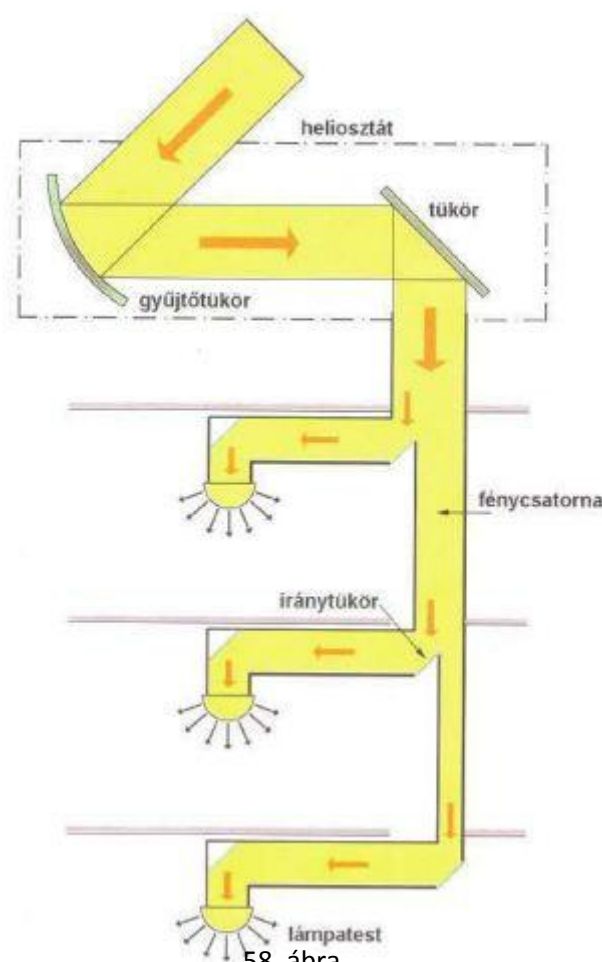
56. ábra
Napelem
felépítése és
működési sémája

2. **Napelem:** a fényt közvetlenül villamos energiává alakítja át. A rendszer legfontosabb része maga a napelem, amelyben a félvezető (amely általában kristályos szilícium) villamos energiát képes előállítani a fény gerjesztő hatására. A legáltalánosabb használat szerint beszélhetünk kristályos (nagy szilícium kristályok vannak vékonyra vágva – ezek a cellák – és ezek vannak villamosan összekötve egy alufólia-szerű vezetővel) és vékonyréteg (legolcsóbb és legújabb technológia, a félvezető valamilyen hordozón van néhány mikronos rétegben) napelemekről. Másik legfontosabb része az inverter, amihez egy vezetőkön keresztül vezetjük az elektronokat és feladata, hogy az napelemből érkező egyenáramot (általában használatos) váltóárammá. Ez a rendszer, és a technológia, sőt a közművek is képesek kezelni együtt a megtermelt és a közüzemi áramot: akinek van napeleme, és az áramot fel is használja, annak az áramszolgáltató csak a különbözetet számolja föl. Emellett most dolgoznak olyan megoldásokon a Massachusetts Institute of Technology és a Queenskandi Műszaki egyetem kutatói, amelyekben a napkollektorok, illetve napelemek helyét átveszik az ablaküvegek, amelyekre felhordásra kerül a napelemeket alkotóelemei. Működési elve, hogy a vanádium-oxid alapú bevonat 29 foknál aktivizálódik: az infravörös hullámokat visszaveri, de beérkező elektromágneses hullámok közül a látható fény tartományába esőt átengedi. (az teszi igazán hasznossá, hogy az adott hőmérséklet alatt mindkét fajta hullámot átengedi, így a déli délelőtti órák képes beengedni a hősugarakat is. A kutatók még küzdenek a problémával, mert az üveg elszíneződik a bevonattól, ezért gondolkodnak egy szerves alapú festékben.) Mindkét rendszernél igen fontos az épület megvilágítása, a tetők tájolása, dőlésszöge, anyaga, rétegfelépítése, használt anyagai. Ha koordinátáktól függően, ismerve a környezeti tulajdonságokat, napos órák számát, megvilágítottságok, magát a helyszínt, sokkal gazdaságosabb épületet lehet tervezni. Például: Makó, ahol Magyarországon a legnagyobb a napsütéses órák száma, tudván, hogy nem csak nyáron süt a nap, érdemes lenne elgondolkozni azon, hogy nem csak déli tájolású tetőre tervezünk napkollektort vagy napelemet, mert bár legnagyobb hatásfokát természetesen az ilyen tájolásban éri el, de csak nyáron képes dolgozni. Amennyiben nem déli, hanem keleti és nyugati tájolásban helyezünk el a kollektorokat, vagy napelemeket, úgy nem csak nyáron, hanem ősszel és tavasszal is képes energiát termelni, még hozzá nem is rossz hatásfokkal (körülbelül 80-85%-ot képes termelni). Szerencsére ma már a gyártók nagy része ajánlja a vásárlóknak, hogy vizsgálják meg megadott szempontok szerint a saját házukat, hogy a megfelelő terméket és legmegfelelőbb felszerelést tudják segíteni, de ez inkább utólagos felszerelést feltételeznek a már megépült házra.



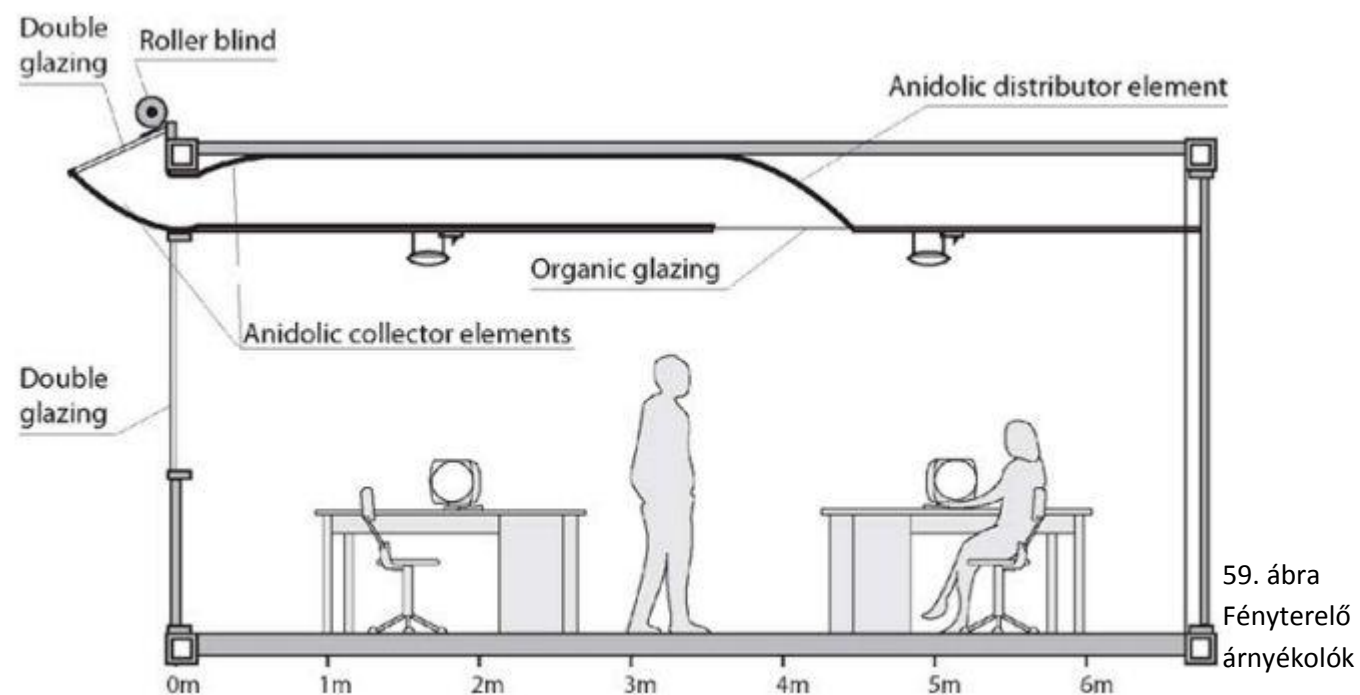
57. ábra

Nyílászárók és fénytérelő csatorna



58. ábra

Fénycsatorna rendszer



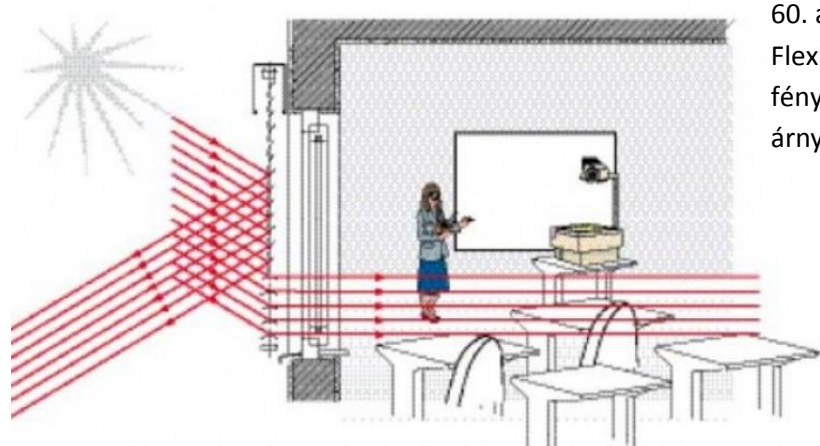
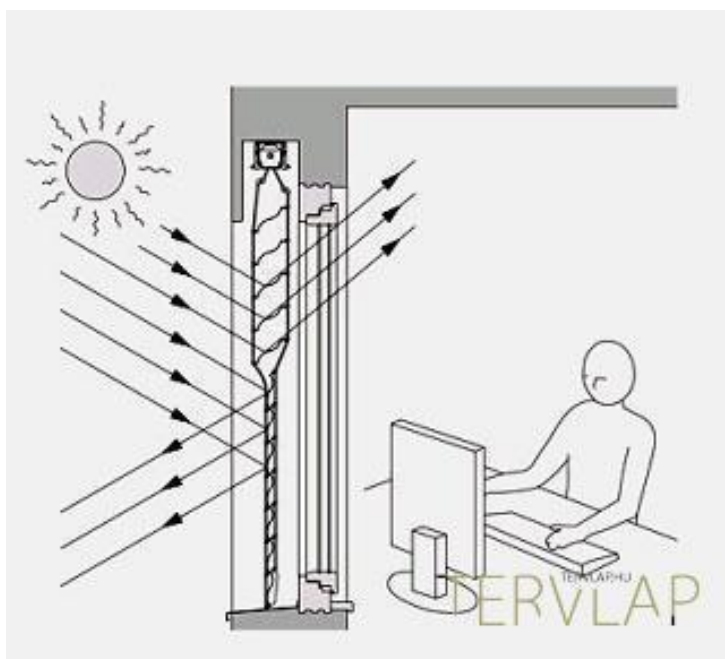
59. ábra

Fényterelő

árnyékolók

3. Bevilágítás és benapozás-védelem: a természetes fény betervezése az építészervező feladata, szinte

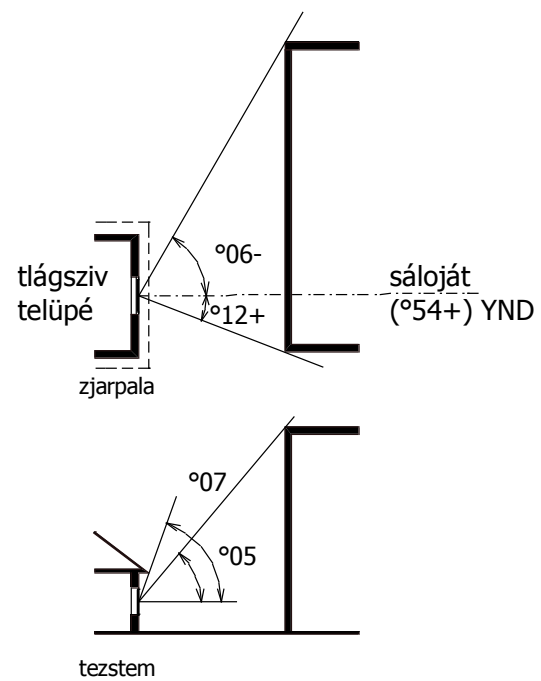
már a kezdetektől fogva, és nem csak a be- vagy megvilágítási igény befolyásolja, hanem számos egyéb tényező is (épület szerkezetan, szilárdságtan, épületenergetika, stb.). A természetes fény, vagy megvilágítottság igénye helyiségek funkciójától is függ, emellett a szabványok szerint az alapterületüktől is. Fényforrásai a Nap, az égbolt szórt fénye, és a környezet visszavert fénye. Maga a közvetlen napfény igen ritkán alkalmazható, disz-komfort hatásai és a szabványok szerint is inkább kerülni kell a közvetlen benapozást: nem csak mert nem állandó, hanem mert egyenetlen bevilágítást és káprázást eredményez. Az égbolt elképzelése ebben a kérdésben a már fent említett sztereografikus módon történik: az égboltot egy félgömbként képzeljük el, melynek középpontja a belső tér középpontja, és nagyságrendekkel nagyobb mint a belső tér. Különböző fénysűrűségi állapotok léteznek, melyek befolyásolják a szórt fényt. Az égbolt fénye egy évben eléri a közel 4400 órát, amelynek előállítása igen drága lenne mesterséges úton (izzóval 275000Ft/év, fénycsővel 51000Ft/év körülbelül). A szórt fény igen fontos a belső tér használóinak: a nappalok során igen nagy biztonsággal és folyamatosan rendelkezésre áll, éles kontúroktól mentes megvilágítást hoz létre, a kápráztatást el lehet kerülni, és egyértelműen egyenletesebb megvilágítást hoz létre, tehát kijelenthetjük, hogy az égbolt szórt fényének szerepe igen jelentős. Mindezek mellett igen fontos a visszavert fénnyel is foglalkozni, hiszen kizárja az égbolt egy részének szerepét (megakadályozza a benapozást), fényt reflektál a belső térbe (a geometriai szerkesztések során kiderülhet, hogy milyen szögben, irányba), és minőségét a visszaverő felületek minősége határozza meg. A benapozás függ a helyiségtől (funkciójától, benapozás igényétől, a rá kiírt szabványoktól, szerkezetétől), a nyílászáróktól (milyen a dőlés szög a nyílászárón; mekkora az üvegfelület; maga az üvegfelület hogy viselkedik; milyen bevonatokkal, tulajdonságokkal rendelkezik), elhelyezésüktől (homlokzaton helyezkedik el vagy tetőn), tájolásuktól (északi - csak szórt fény jut be, déli - közvetlen benapozás egész nap, keleti - közvetlen benapozás reggeli órákban, nyugati - közvetlen benapozás a délutáni, esti órákban). Manapság igen sok eszköz, lehetőség segítségünkre áll: nagyon sok program foglalkozik már az ilyen felmérésekkel, de ezek is inkább a megépítés utáni helyzetet vizsgálják. Emellett igen fejlett találmányok segítik a tervezőt abban, hogy a természetes napfényt be tudja juttatni a belső térbe: ilyenek például a fénytérelő csatornák (57. ábra) (a tető alatt elhelyezkedő helyiségek megvilágításának biztosítására alkalmasak; igazából egy cső, mely tetején egy fénynyelző felülettel rendelkezik, és azt a belső térbe juttatja, kb. 1,5 méterig hasznosak), fénycsatorna rendszerek (58. ábra) (kb 10 méterig hatásosak, külső végén egy heliostat tükör gyűjti a természetes fényt melyet mikro-fiber kábelek juttatnak a belső térbe, és kiváló színvisszaadással rendelkezik) igaz nem képesek a külvilággal való közvetlen kapcsolat biztosítására), prizmák és fénytérelő árnyékolók (59. ábra) (leginkább oldalvilágításnál használhatók: a prizmák az árnyékolók felületén van elhelyezve, amelyek a



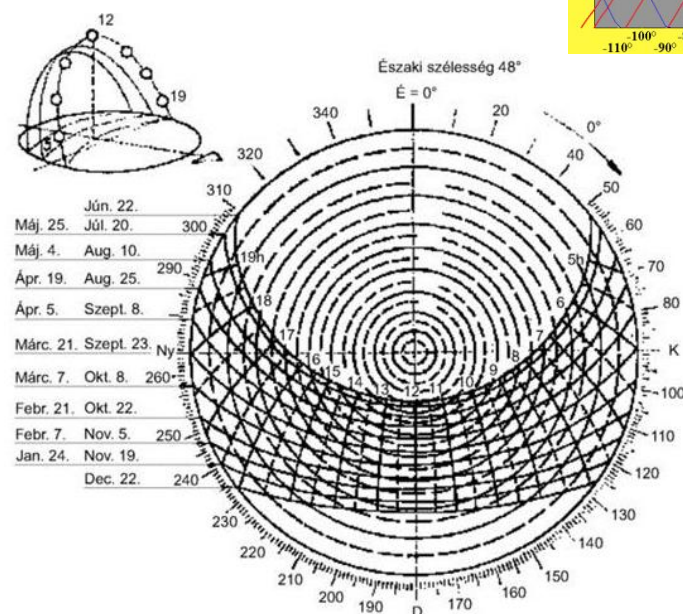
60. ábra
Flexibilis
fényterelő
árnyékolók

belső térbe irányítják a fényt az árnyékolók szögének beállításával). Sőt már olyan rendszerek is léteznek, melyek a természetes fény beengedését segítik elsősorban, de a rendszerbe be van építve mesterséges világítás, ami kiegészíti borúsabb, felhősebb napokon a természetes megvilágítást, és természetesen kézi vezérléssel este,éjjel lehet működtetni. Ezek a rendszerek már az árnyékolás tervezésénél is igen hasznosak: a fényterelő árnyékolók a fényáram többletét a helyiség mennyezetén elhelyezett reflektáló felület felé irányítja, mely azt a helyiség belsejébe továbbítja (természetes ennek a rendszernek is vannak hatásai). Természetesen amennyiben többemeletes, esetleg társasházat kell tervezni, a közvetlen benapozás ellen lehet védekezni az esetleges kiülő szerkezetekkel is: egy erkély tud árnyékolóként funkcionálni, ha az árnyékmáskját (napsugárzás hatására vetett árnyéka) helyesen készítjük el. Amennyiben már előre gondolkozunk ezeken, akár a már fent említett összeget is meg lehet spórolni, emellett ismét környezetbarát megoldást választottunk. [FILL] [KUBG1]

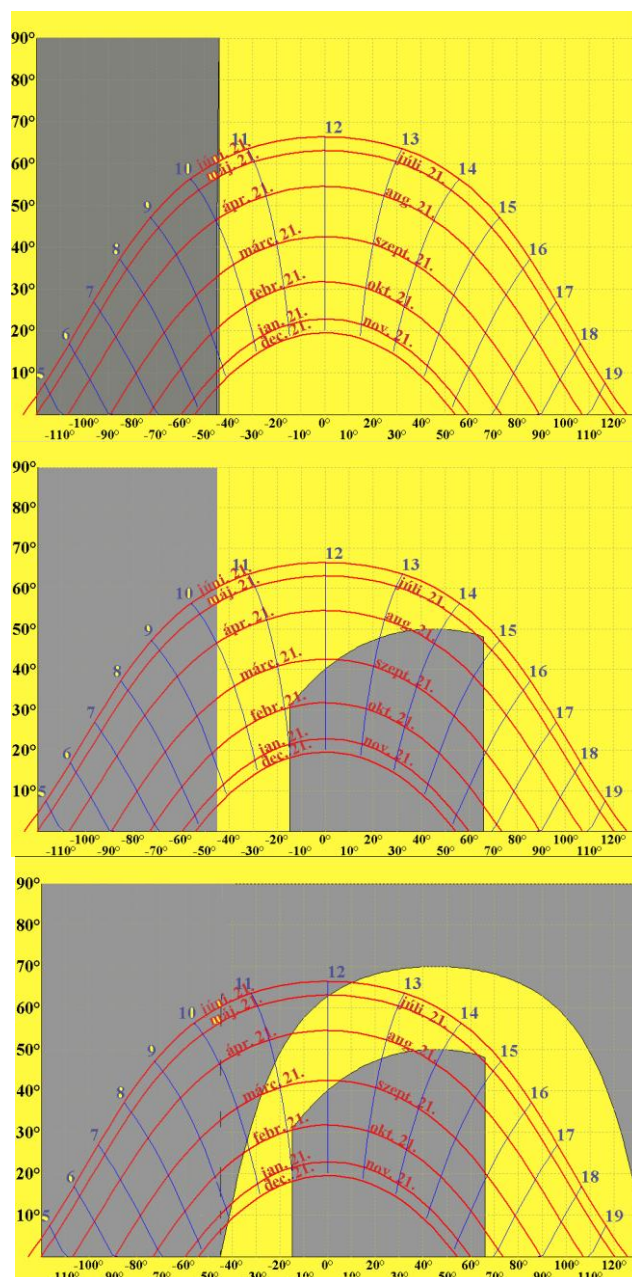
Rengeteg lehetőség (melyeket itt felsorolni nem lehet a hely hiánya miatt) van a napfény ésszerű, korszerű és optimális felhasználására, csak meg kell ismerni ezeket az eszközöket és nem csak utólag beépíteni az épületekbe, hanem már a tervezés során használni lehet ezt a tudást, hogy az egész épület tudjon reflektálni a környezetre, az onnan érkező direkt, vagy szórt fények, hőre, fény sugarakra. Esetleg azt is meg lehet tervezni előre, hogy hol szükséges kizárni a napot, és ezt milyen módon érdemes megtenni: a teljes napfény kizárásával vagy csak a közvetett fény beengedésével. A korszerű megoldások már variálható rendszerekként jönnek létre: léteznek például olyan fényterelő árnyékolók (60. ábra), melyek egyéni igény szerint állíthatók : bizonyos magasságig kizárja a napfényt, majd e fölött szórt fényt generál a mennyezetre felvetített fény sugarakkal.



61. ábra: egy példa az árnyékmáskészítésre



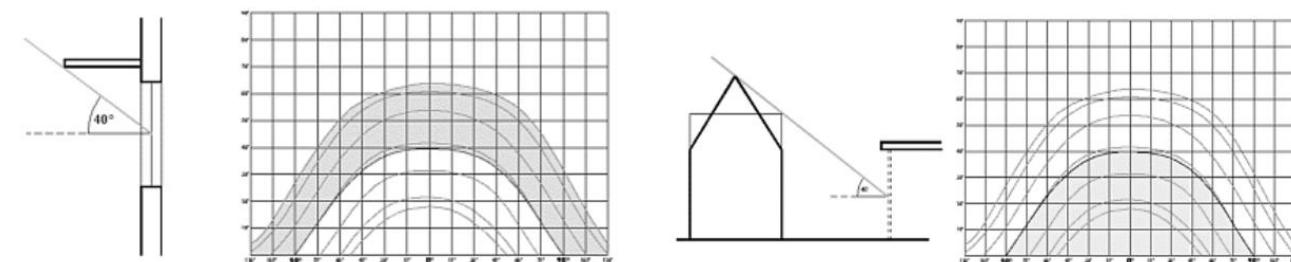
62. ábra
Budapest egész éves árnyékmáskja



61/a. önárnyék

61/b. önárnyék és szomszéd épület árnyéka

61/c. önárnyék, szomszédos épület és saját tagozatok árnyéka

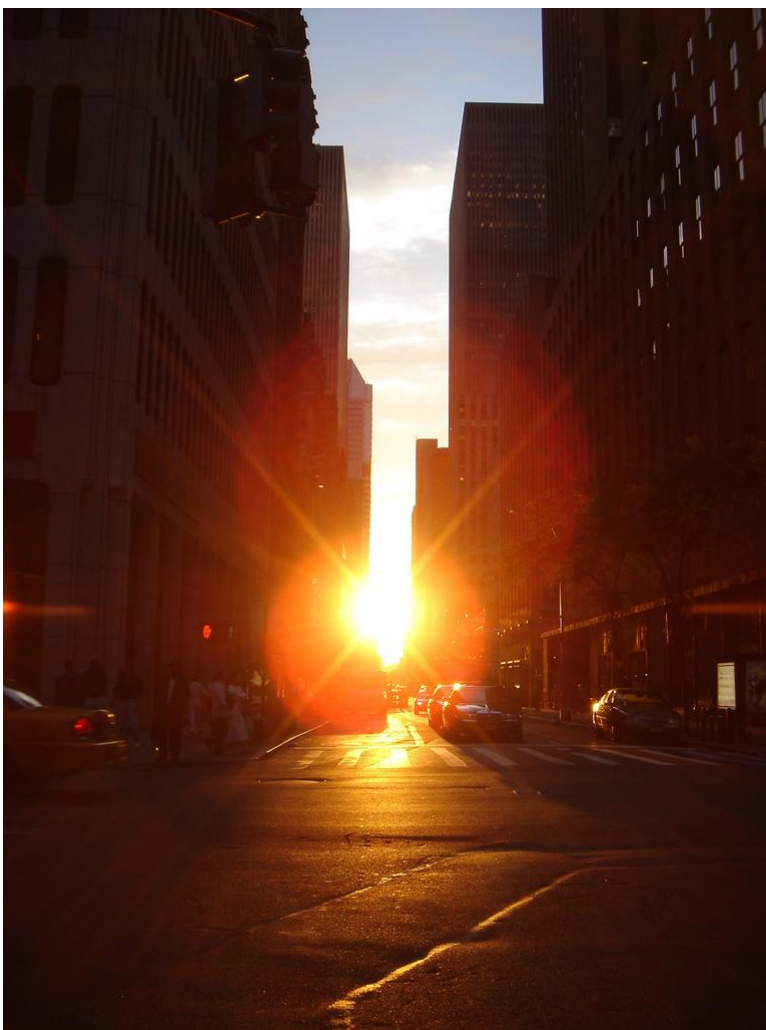


63. ábra
Árnyékmásk-szerkesztés

Városrész-tervezési léptékben

Az épületek tervezésénél nem csak az épület belsejét, belső tereit, saját fény-árnyék hatását kell figyelembe venni. Az új épületek betervezésénél el kell végezni egy vizsgálatot, mely az tervezett épület környezetére gyakorolt hatásával foglalkozik. Ez alatt azt a beárnyékolást, fénytakarást kell érteni, mely előfordulhat a beépítéseknel. Természetesen egy szabadon álló, maximum kétszintes családi ház építésénél ezzel gyakorlatilag nem nagyon kell foglalkozni, hisz igen kicsi az esélye annak, hogy a telekhatárokon átnyúljon aház árnyéka, vagy esetleg eltakarja a napot a környező házaktól (természetesen akadnak igen kivételes helyzetek, mikor meg kell vizsgálni ezt a lehetőséget is: nem sík terepen előfordulhat ilyen szituáció). Fontos lehet viszont ez a vizsgálat például egy foghíjbeépítésnél, egy toronyház tervezésénél, melyek igen erősen befolyásolják az épített környezet képét és hatását.

A város egy ilyen kisebb részének tervezésénél, akárcsak egyetlen tervezendő épült miatt szokták, illetve a külföldi építési gyakorlatban már szükséges az épület árnyékmáskjának megrajzolását (az Amerikai Egyesült Államokban a sok felhőkarcoló, toronyház hatásait vizsgálni kell az építészeknek: nem csak az árnyékhatást, hanem a szél hatásának megváltozását, a levegő összetételének esetleges megváltozását, akár a zajhatásokat növekedését is). Az árnyékmásk készítése kétirányú folyamat: el lehet készíteni a tervezett épület hatását a környezetére, de a környezet hatását az épületre is meg kell vizsgálni. Az árnyékmásk szerkesztése a korábbiakban ismertetett sztereografikus ábrázolásmóddal történik: egy bizonyos kiválasztott dátum idején megvizsgálják az épület árnyékát elsősorban a környező területre, majd amennyiben eléri az épített környezet, akkor a már meglévő épületekre. Mivel egy dátum vizsgálata nem adná ki a megfelelően pontos eredményt, ezért természetesen több időpontra kell kiterjeszteni ezt az analízist. A már korábban említett külföldi gyakorlatban a magasházak építésénél egy százalékos egységet adnak meg a környező házakra, hogy egy év vagy nap mekkora részében kell fényt kapnia.

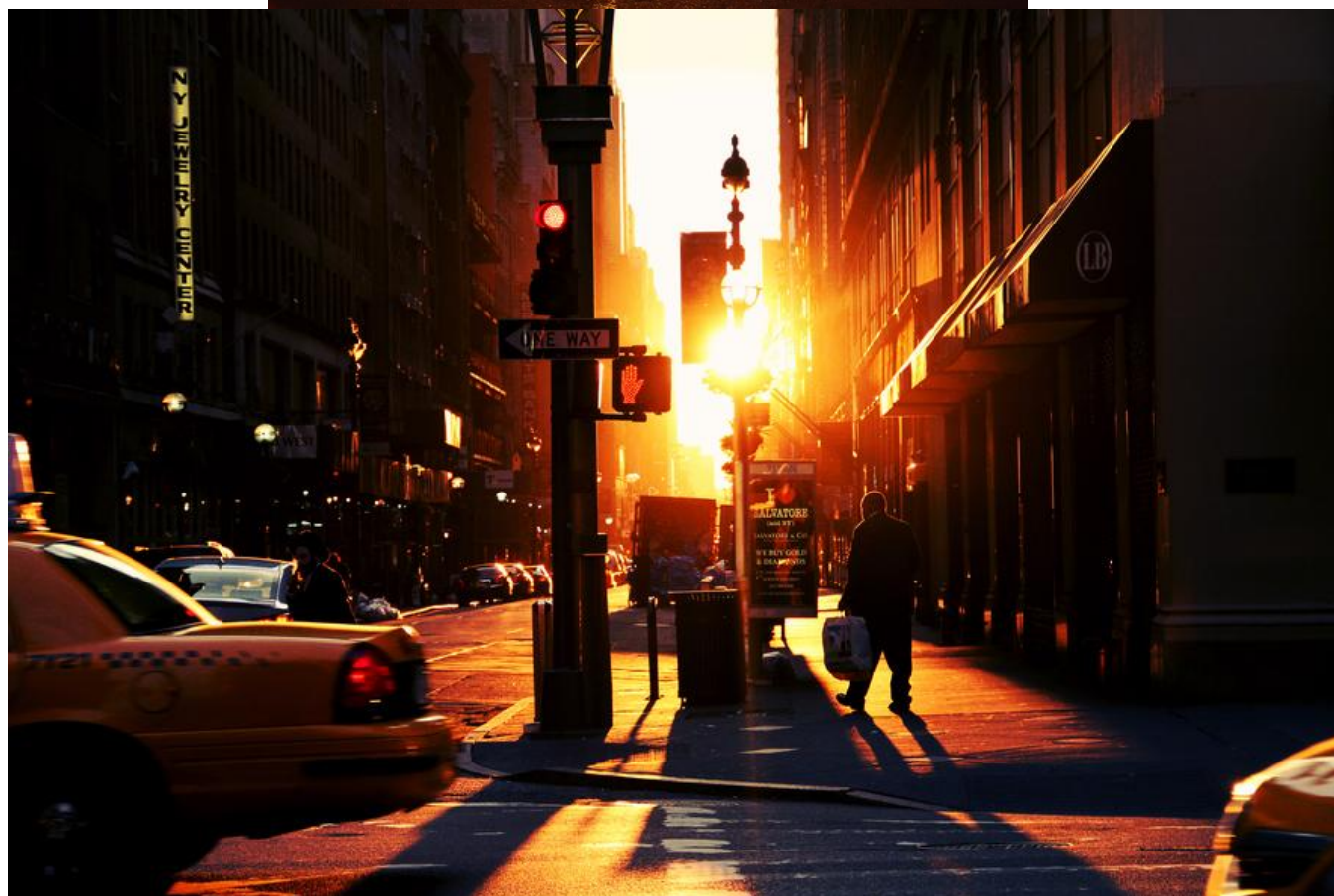


Várostervezési léptékben:

Az előbbiekben kifejtett Városrész-tervezési léptékben elmondottakat természetesen itt is ki lehetne fejteni, ám egy város tervezésénél vizsgálhatjuk a város szövetét is, nem csak az épületeket benne. Egy város tervezésénél igen sok, és rendkívül különbözőproblémával találkozunk, melyek megoldásait össze kell hangolni, ám amennyiben a tervezőnek kapacitása van ilyesmire, a város szövetébe különleges jelentőségű utakat, utcákat, tereket is be lehet tervezni.

Ilyen különlegesség lehet például egy olyan sugárút létrehozása, melynél az év egy megjelölt időpontjában az út egyik végén kel föl a Nap, és a másik végén nyugszik. Ezt a különlegességet hordozza a New York-i 5th Avenue. A tervezőknek úgy sikerült megtervezniük a városszövetet, hogy a kizárólag erre az alkalomra odalátogatóknak igen különleges és hatásos élményben lehet részükhöz: fantasztikus megcsodálni a felkelő Nap fényét az épületdzsungel közepén. Igazi turisztikai látványosság, nem mellesleg az ott lakók kötődését is fokozza lakóhelyük iránt, és fölfedezik, hogy a természetet, jelen esetben a fényt meg lehet tapasztalni a városon belül (még egy olyan megapoliszban is, mint New York).

Emellett a város különleges terei alkalmasak lehetnek turisztikai rendezvények helyszínéül. Például szabadtéri zenei fesztiválok háttérül megszervezni egy olyan teret, melynél meg lehet határozni, hogy a napkorong mikor bukik le az épületek mögé, hogy a már csak a város sziluettje látszódjon – ez igazán Pazar élmény lehet mind az előadók, mind a hallgató- és nézőközönség számára. Esetleg koncertkezdésnek igen hatásos lehet, ahogy az énekes áll a színpadon, és hátulról megvilágítja a lemenő nap fénye, majd mikor az utolsó fénysugár is elhagyja az adott teret, kigyúlnak a mesterséges fények. De nem csak ennyire egyedi funkciókat tud ellátni egy ilyen különlegesen megtervezett tér: alkalmas egyszerű éttermek, esti szórakozóhelyek csodálatos háttérül, de akár csak egy egyszerű, nyugodt sétáló utca csodás látképének is.



Összefoglalás:

Az építészeti tervezés folyamat során nagyon fontos megvizsgálni a környezetet, a helyszínt, a beépített környezetet, nem csak a ma már oly megszokott módon: fontos megvizsgálni a napsugárzás, az árnyékolás, környező épületek árnyékvetési lehetőségeit, hogy megfelelően komfortos épületet lehessen tervezni. Erre a feladatra nem mint újabb problémára kell tekinteni, hanem egy eszközként lenne jó látni: ha használjuk ezt a tudást, élhetőbb környezetet teremtünk megfontoltan, minden lehetséges ismeretet felhasználva. Ma már szerencsére nem nehéz ezzel a kérdéssel foglalkozni: ahogy fentebb látható, a tervező programok egyre erősebben kezdenek foglalkozni ezzel a kérdéssel, de még nem volt igény egy erre a feladatra specifikálódott program megszületésére, mert még nincs meg a köztudatban a szükségessége.

Érdekes lenne, ha már kezdettől fogva úgy folyna a tervezés folyamata, hogy a figyelem egy része a napfényre is kiterjed: sokszínű, igen világos, energiatudatos, környezetbarát építőgondolkodás alakulna ki. Nagyon sok lehetőség van a tervező kezében, még csak nem is kell nagyon kutatnia utána, csak felhasználni a meglevő és kész anyagokat, tudást, programokat.

A téma érdekessége kifejeződik abban, hogy mennyi irányban el lehetne még indulni:

1. a történelmi példák felkutatása (például a középkori templomok nagyrészének névadó napján valamilyen kiemelt helyen levő ablakából az oltárra irányul a fény)
2. a sztereografikus ábrázolás kifejtésének folytatása: nem csak egyenesek, hanem görbék, többször görbült felületek ábrázolás, sőt akár árnyékvetése (ha csak a hiperbolikus-paraboloidra vagy a tóruszra gondolunk, már az önárnyék kiszerkesztése is igen izgalmas feladat lehet valamilyen „nappályáról”)
3. a tanulmányprogramok további specifikációja, fejlesztése
4. a gyakorlati felhasználások kutatása és továbbfejlesztése, a modern vagy ultramodern, esetleg hi-tech megoldások keresése, megismerése, vagy csak összegyűjtése

Irodalomjegyzék:

[FILL] Filetóth Levente PhD: Természetes világítás és építészet (2012) cikk – Electro Installateur 1-2 /p 26-28.

[GYÖJ] Györffy János: A sztereografikus vetület és magyarországi alkalmazása

[KUBG1] Dr. Kuba Gellért: Benapozás, árnyékolás tervezése (1998) – egyetemi jegyzet

[KUBG2] Dr. Kuba Gellért: Sunarch – Elmélet és alkalmazás (2006)

[LÓPE] Dr. Petrich Géza, Lőrincz Pál: Ábrázoló geometria (1969) – p 256.

[LUK1] dr. Lukács Manuéla: A világ alaptörvény kutatásának kezdetei – A nagy gondolkodók (2009)

[LUK2] dr. Lukács Manuéla: Világképek a középkorban – Az ókori kozmológiai elméletek átmentése (2009)

[MCSE1] Magyar Csillagászati Egyesület: Csillagászat az ókorban- A babiloni és egyiptomi csillagászatról (2009)

[MCSE2] Magyar Csillagászati Egyesület: Ókori görög csillagászat- filozófusok (2009)

[MCSE3] Magyar Csillagászati Egyesület: Ókori görög csillagászat- megfigyelők (2009)

[MCSE4] Magyar Csillagászati Egyesület:Csillagászat a középkorban (2009)

[MCSE5] Magyar Csillagászati Egyesület: A reneszánsz Európa csillagászata (2009)

[MCSE6] Magyar Csillagászati Egyesület: Csillagászat az újkorban- a távcsöves megfigyelések fejlődése (2009)

[MCSE7] Magyar Csillagászati Egyesület: Csillagászat az újkorban- az égi mechanika születése (2009)

[MCSE8] Magyar Csillagászati Egyesület: A modern csillagászat kezdetei (2009)

[MCSE9] Magyar Csillagászati Egyesület: A XX: század nagy felfedezései – az extragalaxisok és a Világegyetem (2009)

[MÉLG] Mélykúti Gábor: Topográfia 2, vetületi alapfogalmak (2010) – egyetemi jegyzet

[PÁPP] Pápics Péter István: Csillagásztörténet 1 (2004) – Balázs Béla jegyzetei alapján Egyéb források:

[SLIR] Slimbarszki Réka: A magyarországi muszlim vallási épületek tájolásának kartográfiai értékelése (2011) – Szakdolgozat / p 13.

[SZIC] Szikra Csaba: Vízellátás- csatornázás (2012) elektornikus jegyzet

[SZOV] Szokolay Vajk: A napsugárzás geometriája (1996)

Melles Fanni BME-ÉPK-EpAb

[VANL] Vanicsek László: Stonehenge célja és működése – A Hoyle-féle megfejtés (2000)

Egyéb források:

<http://sagv.gyagk.u-szeged.hu/tantargy/fizika/WEBROL/CSILL/STONEHEN/STONE.HTM>

<http://vilagcsodai.webatu.com/europa/stonehenge.html>

<http://ramet.elte.hu/~vanicsek/pubpap/pb000527.htm>

<http://referaty.atlas.sk/cudzie-jazyky/madarcina/20051>

http://lazarus.elte.hu/hun/digkonyv/szakdolg/2012-bsc/slimbarszki_reka.pdf

<http://mercator.elte.hu/~gyorffy/jegyzete/alapfoga/sztereo1.html>

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TOP2/ch01s04.html

<http://www.vmig.sulinet.hu/csillag/torokor.htm>

http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/1_Csillagaszattortenet/csillagaszattortenet.htm#id2852577

http://www.konkoly.hu/~kovari/CSILLAGASZAT/tananyag/CSILLAGASZAT/07_01.html

<http://termtud.akg.hu/okt/7/ido/3csillkezd.htm>

<http://www.kihagy6atlan.hu/temak/epiteszeticsoda/chichenitzaamegfejtethetetlenmajamiszterium/>

http://ipon.hu/elemzesek/hangokkal_festve/1257/

<http://enciklopedia.fazekas.hu/tarsmuv/reneszansz.htm>

<http://www.mnnsz.hu/2012/08/14/borus-esos-napokon-es-ejszaka-is-hot-termelo-napkollektor/>

<http://www.tiszaenergiak.hu/napkollektor>

<http://www.buderuspalota.hu/downloads/napelem%20rendszerek%20tervezese.pdf>

<http://www.kihagy6atlan.hu/temak/epiteszeticsoda/newgrangeamegalitikusorokseg/>