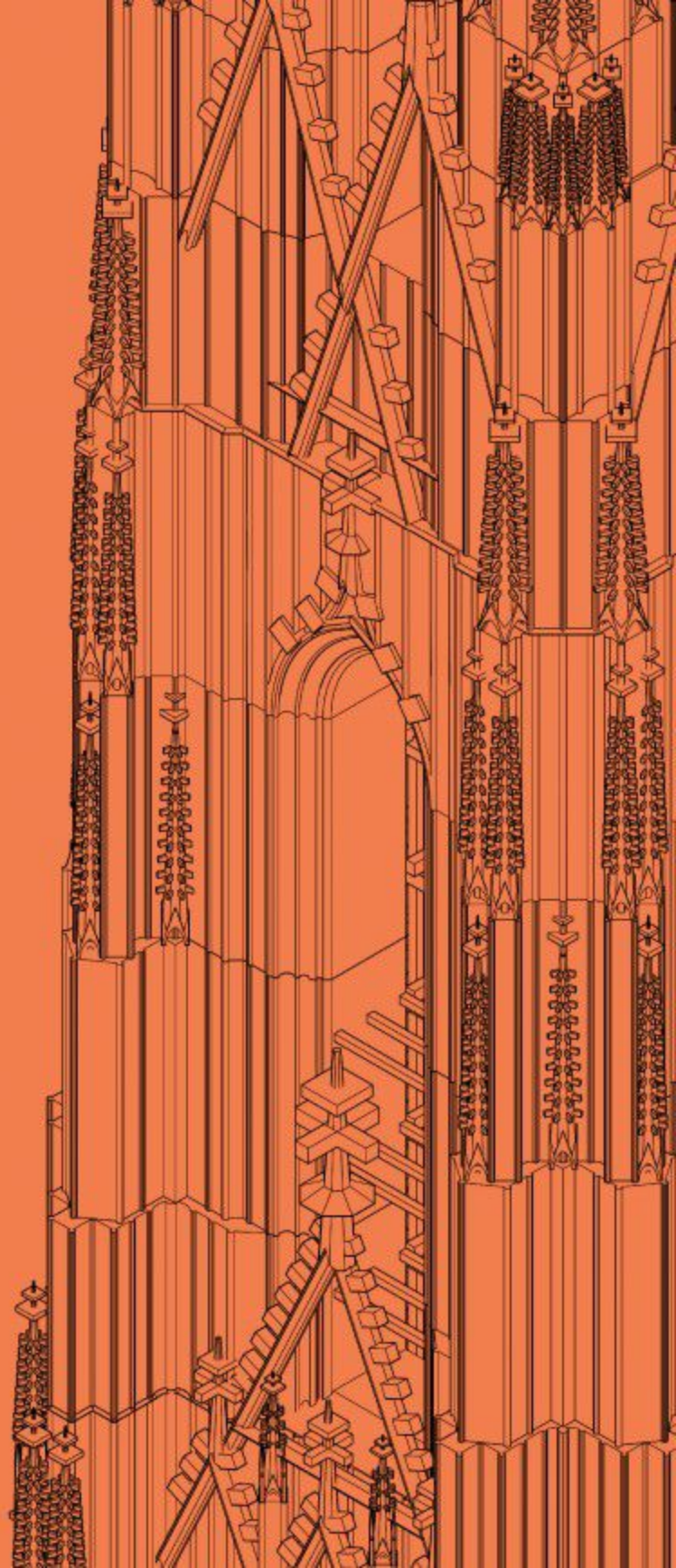


BERECZKI
ZOLTÁN

Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Építőmérnöki Tanszék

MAGASÉPÍTÉS
A KÖZÉPKORBAN:
A GÓTIKA
TEMPLOMTORNYAI



Bereczki Zoltán

Magasépítés a középkorban: a gótika templomtornyai



Debreceni Egyetemi Kiadó
Debrecen University Press

2021

Lektorálta:

SISA JÓZSEF

© Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press,
beleértve az egyetemi hálózaton belüli elektronikus terjesztés jogát is

ISBN 978-963-318-905-4

Kiadta: Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press

Felelős kiadó: Karácsony Gyöngyi

Borítóterv: Dombovári Ágnes

Tipográfia, tördelés: Takács József (Betűmester Bt.)

Nyomdai előkészítés: M. Szabó Monika

A nyomdai munkálatokat

a Debreceni Egyetem sokszorosítóüzeme végezte 2021-ben.

dupress.unideb.hu

Tartalomjegyzék

1. Előszó	5
2. A gótikus templomtornyok fejlődésének felvázolása, a toronyépítés technikai nehézségei	7
3. Egy XV. század végi építési hely rekonstruálása rajzi és tárgyi források alapján	17
3.1. A felhasznált források bemutatása	19
3.1.1. A bécsi északi torony tervei.....	25
3.1.2. Hans Hammer gépei	32
3.1.2.1. A szerző és portfóliója.....	32
3.1.2.2. A géprajzok.....	44
3.1.3. Állványok	65
3.1.3.1. Konkrét állványokat ábrázoló rajzok.....	68
3.1.3.2. Fennmaradt állványok	78
3.2. Egy toronyépítés szakaszai	92
3.2.1. Első szakasz: toronytörzs.....	97
3.2.2. Második szakasz: szabadonálló négyzetes rész	102
3.2.3. Harmadik szakasz: szabadonálló oktagonális rész.....	108
3.2.4. Negyedik szakasz: sisak	112
4. Összefoglalás	118
5. Képek jegyzéke	119
6. Köszönetnyilvánítás	122
7. Felhasznált források és szakirodalom	123

1. Előszó

Jelen kötet alapját 2017-ben summa cum laude megvédett doktori (PhD) disszertációm második része képezi. Mivel építészmérnökként az építőművészet technikai oldala különösen foglalkoztat, a disszertációmban kísérletet tettem egy XV. század végi toronyépítés menetének rekonstruálására, a lehetséges felhasznált segédszerkezetek (állványok és gépek) bemutatásával. Számos könyv foglalkozik a katedrálisok építésének módszereivel, ezek azonban elsősorban a hajók és a boltozatok emelésére koncentrálnak és a tornyok építéséről alig ejtenek szót, pedig a tornyok azok az épületelemek, amik a legnagyobb technikai-anyagi felkészültséget kívánták.

A kutatási téma több kanyarral jutott el a disszertáció végleges változatáig, majd jelen kötetig. Amikor 2012-ben elkezdtem a doktori képzést, elképzelésem szerint a dolgozat témája a strasbourg mester, Hans Hammer portfóliója lett volna. Erről a kéziratról a Budapesti Műszaki Egyetem műemlékvédelmi szakmérnöki képzésének kereteiben Székér Györgytől hallottam először 2011-ben, majd egy szerencsés véletlen folytán még abban az évben eljutottam a wolfenbütteli Herzog August Könyvtárba, ahol a kéziratot őrzik. A gótikus tervrajzok már gyerekként is különösen érdekelték, így amikor a szüleim a kilencvenes években Párizsban jártak, ajándékba Villard de Honnecourt vázlatkönyvét kértem (reménykedve, hogy létezik olyan kiadás, ami egy könyvesboltba besétálva is megvásárolható). Amikor Wolfenbüttelben szembesültem vele, hogy Villard könyvével ellentétben Hans Hammer portfóliójával alig foglalkozik a szakirodalom, eldöntöttem, hogy doktori disszertációban feldolgozom a témát.

A kutatás során a témában egyre inkább előrehaladva a hangsúlyok eltolódtak, majd fokozatosan átalakult, kiegészült a kutatási terv. Hans Hammer kapcsán felkeltette az érdeklődésemet a strasbourg katedrális meg nem valósult déli tornyának kérdése. Egy bécsi ösztöndíj során Michael Viktor Schwarz professzor hatására a gótikus templomtornyok témája felé fordultam, és ez lehetőséget adott arra, hogy magyarországi témákat is beemeljek a kutatás körébe. A hazai példákat kutatva került az érdeklődésem homlokterébe a két ferences kőtorony, a pozsonyi és a soproni, majd ezek bécsi kapcsolatai. Végül az ezekről szóló fejezetek lassan akkora terjedelműre nőttek, hogy

a disszertáció másik fő témáját jelentették. A velük kapcsolatos, nemzetközi érdeklődésre számot tartó eredmények a Szlovák Tudományos Akadémia Művészettörténeti Intézetének folyóiratában jelentek meg 2020-ban.¹

A téma kutatásához elengedhetetlen a gótikus építéstechnika első kézből történő megismerése. Ehhez a vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalom tanulmányozása mellett több, a mai napig nagyrészt középkori módszereket alkalmazó műhelyt, Bauhüttét is meglátogattam, hogy munkájukat megismerjem. Külföldi ösztöndíjaim is egy-egy mérföldkövet jelentettek a kutatásban és a középkori építési módszerek, toronyszerkezetek megismerésében, tanulmányozásában: Wolfenbüttel (2011, 2012), Bécs (2013, 2014, 2015, fogadó professzor: Michael Viktor Schwarz), Köln (2014, fogadó professzor: Norbert Nußbaum), Pozsony (2015, fogadó professzor: Ivan Gerát).

¹ (Bereczki 2020)

2. A gótikus templomtornyok fejlődésének felvázolása, a toronyépítés technikai nehézségei

Hans Koepf definíciója szerint a torony „egy olyan építmény, aminek az alapterülete a magasságához képest kicsi; és vagy szabadonálló, vagy más épületrészekhez kapcsolódik.”² Mojzer Miklós költőibb megfogalmazásában „a torony az ember építészeti működésének legigényesebb formája, amely a legszembetűnőbbben és »legmaradandóbban« fejezi ki azt, hogy a természetet formálni tudjuk.”³

Amikor e kötetben a gótikus tornyokról esik szó, a kifejezés nem egyszerűen a gótika idején épült tornyok összességére utal, hanem azokra a többnyire nagyméretű, bonyolult kialakítású, tagolt tornyokra, amik a gótikus építészeti technika csúcspontját jelentették. Ezekre alkotta meg a téma egyik legelismertebb kutatója, Robert Bork a Peter Kidson és Christopher Wilson-féle „great church” mintájára a „great spire” kifejezést.⁴ Mivel ez magyarra lefordíthatatlan, a kötet a továbbiakban egyszerűen gótikus toronyként hivatkozik ezekre az építményekre.

A gótikus tornyok aranykora a XIV–XV. század volt. Legszebb, legjelentősebb példák az egykori Német-római Birodalom területén vannak. Már a középkorban befejezték a freiburgi tornyot, a strasbourg-i északi tornyot és a bécsi déli tornyot; középkori tervek alapján pedig a XIX. században a két kölni tornyot és az ulmi tornyot. Csonk maradt a prágai torony (erről terv sem maradt fenn) és a bécsi északi torony, nem épült fel a strasbourg-i déli torony. Ez utóbbi kettőről fennmaradtak korabeli tervek.

A tornyoknak fő jellegzetességük, hogy környezetük fölé magasodnak. Ebből adódik két fő funkciójuk is: messziről látszanak és messzire lehet lát-

² (Koepf 1996) 396. p. Eredetiben: „ein über im Verhältnis zur Höhe kleiner Grundfläche errichtetes Bauwerk, das frei stehen, aber auch in Verbindung mit anderen Baukörpern vorkommen kann.”

³ (Mojzer 1971) 8. p.

⁴ (Bork 2003a) 9. p. 4. lábjegyzet

ni belőlük. Ezzel összefüggésben a tornyok egyrészt jelképek (fontos, hogy messziről látszódnak), másrészt őrző-figyelő funkciót látnak el (fontos, hogy messzire lehessen látni belőlük). Ez a két funkció általában egyesül a keresztény templomok tornyaiban, amik így jóformán elengedhetetlen tartozékai lettek ezeknek az épületeknek a román kor óta. Ennek következtében az európai építészet történetében a legtöbb torony templomokhoz kapcsolódóan épült. Ezeknél a tornyoknál a kilátáshoz hasonló, fontos funkció az is, hogy az itt elhelyezett harangok hangja minél messzebbre szóljon.

Az antik tornyoknál még nem egyesült a fenti két funkció. Ezek a tornyok őrtornyok voltak, és vagy városfalak és városkapuk részét képezték, vagy szabadon álltak, pl. a limes mellett a Dunánál. Vannak ugyanakkor példák az ókorban is a jelkép- és emlékmű-funkcióra is, bár ezek az építmények nem tornyok: ezek a diadalív és az obeliszk. Két fontos, legendás kivétel ókori, jelképet hordozó toronyszerű építményre Babel tornya és a pharoszi világitótorny.⁵ A Babel tornyának építéséről készült nagyszámú középkori ábrázolás a korabeli építéstechnikának is fontos forrása,⁶ ahogy az jelen kötetből is kiderül.

A keresztény templomok melletti első, különálló tornyok (campanilék) a VI. században jelentek meg.⁷ Ez az elrendezés Itáliában egészen a barokk korig uralkodó maradt. A campanilék a román korban általában négyszögletes építmények voltak, párkányokkal szintekre tagolva, félköríves záródású ablakokkal, kúp vagy gúla alakú sisakkal. A kúp alakú lefedések általában (de nem kizárólagosan) alacsony dőlésszögűek voltak. Az előbb felsorolt jellegzetességek alóli egyik híres kivétel a pisai ferde torony, áttört galériás kialakításával és kör alaprajzával.

Az Alpoktól északra a keresztény templomok tornyainak építészeti előzményei valószínűleg a lépcsőtornyok voltak, amik azonban eleinte nem emelkedtek az épület fölé, hanem pusztán a lépcsők elhelyezésére szolgáltak (így szigorúan véve nem is voltak tornyok). A korai középkor egyik legnagyobb hatású épülete Nagy Károly aacheni palotakápolnája volt (790–800 körül).⁸ A kápolna Westwerkje a később széles körben elterjedt hármastagolást al-

⁵ (Mojzer 1971) 8. p.

⁶ (Minkowski 1991)

⁷ (Koepl 1996) 213. p.

⁸ (Zádor 1994) 34. p.

kalmazta: egy középső, szélesebb tömböt két keskenyebb lépcsőtorny kísér. Valószínűleg ez az elrendezés a későbbi gyakori kéttornyos nyugati homlokzatok őse.

Lépcsőtornyok jelennek meg az Ottó-kor (kb. 951–1024) jelentős épületein is. A hildesheimi Michaeliskirchének nincs Westwerkje, így a lépcsőtornyok a keresztházak szélein helyezkednek el. Tetejük alig emelkedik a keresztházak teteje fölé. Fontos, hogy ezen a templomon már megjelentek a négyszögletes, tömörszerű négyzetes tornyok is. A gernrodei St. Cyriakus-templom Westwerk melletti lépcsőtornyai jelentősen a Westwerk fölé magasodnak, így hatásukban már a későbbi, típusá váló kéttornyos nyugati homlokzatokat előlegezik meg.

A száli-frank dinasztia korának (1024–1117) nagy székesegyházai már jelentős tornyokkal rendelkeznek. A speyeri dóm mindegyik karcsú, négyszögletes tornyának aljában csigalépcső indul a tornyok teljes alapterületét elfoglalva, ezzel is bizonyítva, hogy a magas tornyok az egyszerű lépcsőtornyokból fejlődtek ki.

Francia területeken a kéttornyos nyugati homlokzat főleg a bencések építészetre volt jellemző (pl. Cluny, Paray-le-Monial, Moissac). Valószínűleg bencés hatásra terjedt el ez a homlokzatkialakítás a korszak magyarországi építészetében is.

A későbbi fejlődés szempontjából Franciaországban Normandia építészete a legfontosabb. Főleg két caeni bencés apátsági templom tekinthető a gótikus katedrális-homlokzatok előfutárának. Az egyik a La Trinité (felszentelés: 1066).⁹ Két masszív, négyszögletű toronnyal rendelkező, hármas kapuzatú nyugati homlokzata arányaiban, megjelenésében a párizsi Notre Dame homlokzatát vetíti előre. Hasonló kialakítású a szintén XI. századi Saint-Étienne is. (Ez utóbbi magas toronysisakjai már a XIII. századból származnak.)

Vannak épületek, épületrészek, amik egyedi kialakításukkal olyan kristályosodási pontokká válnak, hogy utána évszázadokon át éreztetik a hatásukat és típusot alkotnak. A leghíresebb ezek közül a St. Denis-apátságtemplom Suger apát-féle átépítése, de ide tartoznak a laoni katedrális nyugati tornyai is a XII. század végétől. A hármas kapuzattal és nagyméretű rózsablakkal rendelkező homlokzat törpegalériával záródik. A tornyok ebből nőnek ki,

⁹ (Zádor 1994) 146. p.

alsó szintjeik négyszögletesek, felső (nyitott) szintjeik nyolcszögletűek. A kettő közötti egységet a négyszögletes szintek sarkain lévő támpillérek és az azokon álló baldachinok teremtik meg. Ezek a baldachinok nyolcszögletű fiatornyokat hordanak. Ez a logikus és harmonikus elrendezés Villard de Honnecourt figyelmét is felkeltette, aki a torony alaprajzát és nézetét is szerepeltette portfóliójában, azzal a megjegyzéssel, hogy sokféle járt már, de ilyen tornyot még sehol se látott.¹⁰

Természetesen a laoni tornyok sem előzmény nélküliek. A chartres-i katedrális déli tornya a XII. század közepén épült. Az elrendezés hasonló, mint Laonban, azonban az egész megjelenés sokkal zártabb: a torony a nyugati homlokzatból nő ki, alsó szintje négyzetes, két ablakkal, felső szintje nyolcszögletű, középen egy ablakkal, sarkain diagonális helyzetű, fiatoronnyal koronázott támpillérekkel. A sisak meredek, nyolcszögletű gúla. A gótikus tornyok a következő évszázadokban zömmel ezt az alaptípust fogják variálni: négyzetes alsó szintek, nyolcszögletű felső szintek, magas sisak. Azonban még az erre az alapsémára épülő tornyok is nagyfokú változatosságot mutatnak, főleg a három fő rész közötti átmenet terén.

Robert Bork ennek az alapformának az eredetét az ókori sírépítményekhez vezeti vissza.¹¹ Levezetésének alapja az antik sírtornyok gyakori piramisformájú lezárása. A közvetítők ezek és a gótikus tornyok között a dél-franciaországi román kori halotti lámpások lehettek. Ezekkel funkcióban és formailag is összefüggenek a Karoling-korban felbukkanó, torony formájú ereklyetartók, amikből a gótikus szentségházak, mint Krisztus testének hordozói fejlődtek ki. A tornyok nemcsak megjelenésükben, hanem funkciójukban is hasonlítanak a szentségházakhoz: a szent objektum, amire a magas toronysisak a figyelmet felhívja, a templom maga. A magas torony szimbolikájában Jákob lajtorjájához is hasonlítható, ahogy kapcsolatot teremt az Isten háza és a mennyek kapuja között. A középkoriak szemében ezen kívül a templom nem csupán Isten háza volt, hanem a Mennyei Jeruzsálem földi megtestesülése is. Bork megállapítása szerint ebben a szimbolikában a templom kapuja a városkapu, így a templom tornyai funkcióban hasonlatossá válnak a városkapuk már ókorban is használt tornyaihoz.

¹⁰ (Barnes és Hahn 2009) 222. p.

¹¹ (Bork 2008) 55–56. p.

Az előbbiekben tárgyalt alapforma kialakulása után a következő nagy fejlemény a gótikus tornyok építésében a XIV. század elején, a Rajna mentén következett be: megjelentek az áttört kősisakok. Az első megépült példány Freiburg im Breisgauban van (*1. kép*), azonban Köln is magának követeli az elsőbbséget annak ellenére, hogy itt a tornyok csak a XIX. században készültek el –, mégpedig a székesegyház középkorból fennmaradt, áttört sisakot ábrázoló úgynevezett F-tervrajza alapján.¹² A kutatók véleménye megoszlik abban, hogy Freiburgot vagy Kölnt illeti-e az áttört sisak feltalálásának elsőbbsége. Arnold Wolff, aki kölni dóm egyik XX. századi építőmestere volt, legendának minősíti Freiburg elsőbbségét,¹³ azonban Michael Viktor Schwarz eléggé meggyőzően érvel amellett, hogy a kölni rajz már a freiburgi gyakorlati tapasztalatok felhasználásával készült.¹⁴

Az áttört toronysisak olyan innováció, ami tökéletesen beleillik a gótika azon törekvésébe, hogy a tömör felületeket áttörje, légiessé tegye, és az egész épületet vázszerkezetté lényegítse. Ennek fényében talán meglepő is, hogy viszonylag későn bukkant fel. Az új formákkal való kísérletezés a tornyok terén ekkoriban átkerült a francia területekről a Rajna mellé.

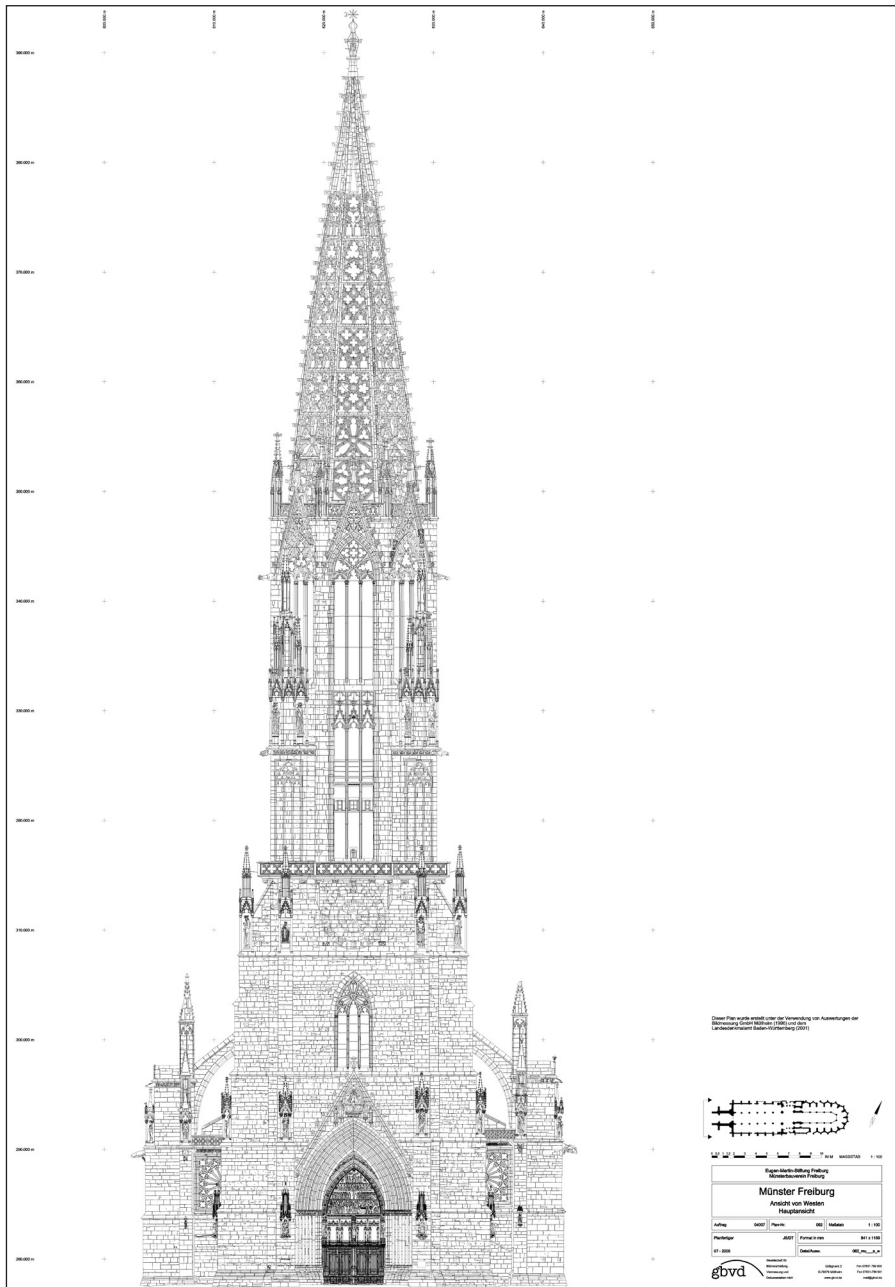
Freiburg és Köln mellett a harmadik jelentős ilyen vállalkozás a strasbourg-i székesegyház nyugati homlokzatának építése volt. A több szakaszban épült déli torony sok újítást vonultat fel, és a középkori Európa legmagasabb építménye lett. A homlokzat fejlődését amiben a tornyok kulcsszerepet játszanak korabeli tervrajzok és az elkészült épület kutatása alapján jól nyomon lehet követni.¹⁵ Az ún. B-terv egy kéttornyos katedrális homlokzatot mutat, ahol azonban a tornyok jelentősen különböznek a freiburgi, kölni úptustól. Ezek a tornyok végül nem valósultak meg, a strasbourg-i nyugati homlokzat így a XIV. században a Párizsból jól ismert, két csonkatornyos homlokzattípus képviselője lett. A következő lépés a két toronycsonk közé beépített harangház volt, amivel a homlokzat tetején kialakult egy nagyméretű vízszintes felület, az úgynevezett Wächter. Ezt kiindulási alapnak használva épült fel a

¹² Erről a rendkívül fontos rajzról lsd. (Steinmann 2003).

¹³ (Wolff és Gaertner 1986) 18. p.

¹⁴ (Schwarz 2013) 7. p.

¹⁵ A strasbourg-i nyugati homlokzatról és a tervekről lsd. többek között (Schock-Werner 1983), (Schock-Werner 1983), (Bork 2005), (Bork 2008) 82–89. p., 141–146. p., (H. J. Böker 2013) 145–225. p.



1. kép – A freiburgi Münster nyugati homlokzata

(Forrás: Münsterbauverein Freiburg)



2. kép – A strasburgi székesegyház tornya

(Fotó: Tinker George Jemmott, forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Strasbourg_Cathedral,_spire.jpg)

toronyoktoton, majd annak négy sarkán a négy lépcsőtorony. Az együttest Hans Hültz 1439-ben elkészült toronysisakja koronázza meg, amihez hasonló sehol máshol nem épült. Alapformája nyolcszögű gúla, aminek minden élén egy lépcső kanyarog, hogy a csúcsban egyesüljenek (2. kép). Ennek a toronynak köszönhetően lett a strasbourg-i építőpáholy a birodalom négy főpáholya (Bécs, Bern, Köln, Strasbourg) közül a vezető az 1459-es regensburgi páholygyűlésen,¹⁶ és Goethe nevezetes 1772-es írása révén (Von Deutscher Baukunst)¹⁷ a neogótikus mozgalomnak is fontos forrásául szolgált.

A strasbourg-i torony elkészültéig a legmagasabb torony címét a bécsi főpáholy birtokolta a Stephanskirche déli tornyával (3. kép). Ez a torony 1433-ban készült el, és 137 méteres magasságával csak néhány méterrel volt alacsonyabb a strasbourg-inál (142 m), ugyanakkor meg kell említeni, hogy míg a strasbourg-i tornyot egy már meglévő épület tetején emelték, a bécsiek a nulláról kezdték saját tornyuk építését. Ahogy azt Bork megállapította, a nagy toronyépítések (Strasbourg, Freiburg, Köln, Prága, Bécs) története azt is mutatja, hogy csak ott lehetett sikeres egy ilyen építkezés, ahol az uralkodó, a polgárság és az egyház (székesegyházak esetében a püspök) egyszerre tartotta fontosnak azt.¹⁸ Ezek a tornyok így a polgárság öntudatának kifejezői is lettek, az egész város jelképei. A kölni és a prágai toronyépítés kudarcba fulladt, mert nem bírta a polgárság támogatását, míg a freiburgi, a strasbourg-i és a bécsi sikerrel zárult (bár érdemes megjegyezni, hogy mindkét utóbbi templomhoz terveztek egy másik tornyot is, amit már egyik helyen sem tudtak megvalósítani).

A bécsi torony is a gótikus tornyok alapfelépítését követi: az alsó szintek négyszögletesek, a felsők nyolcszögletűek, és az egészet egy karcsú kősisak koronázza. Ez az alapfelépítés azonban a tornyot a helyszínen szemlélve alig lát-szik, és ebben rejlik a bécsi építmény egyedisége.¹⁹ A támpillérek a négyszögű szinteken felfelé haladva fokozatosan egyre beljebb ugranak, a nyolcszögletű szinteket pedig (Strasbourghoz hasonlóan, de sokkal kevésbé szembeszökően) négy oldalon fiatornyok kísérik, amik felfelé szintén keskenyednek. Ennek kö-

¹⁶ (Bork 2003b) 27. p.

¹⁷ (Goethe 1981)

¹⁸ (Bork 2003a) 204. p., (Bork 2003b) 33. p.

¹⁹ A torony hosszú építéstörténete folyamán az innovatív bécsi műhely az ötleteit más helyeken is, többek között Sopronban és Pozsonyban is kipróbálta. (Bereczki 2020) 167–171. p.



3. kép – A bécsi Stephanskirche északnyugat felől fotózva

szönhetően a négyszögű és a nyolcszögű szintek vizuálisan alig különülnek el egymástól, és az egész torony letről felfelé fokozatosan keskenyedő gúla formáját mutatja. Ezt koronázza meg a szintén teljesen egyedi, minden társánál karcsúbb, ugyan áttört, de a freiburginál sokkal zártabb, kúszólevelekkel tagolt toronysisak, ami megjelenésében szervesen illeszkedik a toronytörzshöz, vizuálisan alig válva el tőle. Valószínűleg a viszonylag rövid építési időnek is köszönhető ez a páratlan egységesség, ami a bécsi torony architektúráját jellemzi.²⁰ Norbert Nußbaum ennek az egységességnek köszönhetően a bécsi tornyot egyenesen a Német-római Birodalom legnagyobb gótikus tornyának nevezi.²¹ Az építmény különböző részeinek a fent leírt „összefolyása” párhuzamba állítható a későgótika egységre való törekvésével is (a klasszikus gótikával szemben, ahol az egyes épületrészek egymástól jól elkülöníthetőek voltak). Ez a törekvés a hálóboltozatokban és a csarnokterekben öltött leginkább testet, és talán összefügg azzal is, ahogy a bölcséletben (nagyon leegyszerűsítve) a dolgokat szigorúan részekre tagoló skolasztikát felváltotta a végtelenségben való feloldódásra törekvő miszticizmus, ahogy azt Erwin Panofsky nagy hatású esszéjében leírta.²²

A gótikus tornyok ideje a XV. századdal lezárult. Bár a század végéről fennmaradtak nagyon szép, részletes tervek mind a straßburgi déli,²³ mind a bécsi északi toronyról,²⁴ ezek a tervek végül nem valósultak meg.

A gótikus tornyok építését mint technikai kérdést vizsgálva fontos megjegyezni, hogy a gótikus torony olyan épületelem, aminek nincsen antik előképe. Építése nagyban különbözik az épület többi részének kivitelezésétől, mivel szabadon álló struktúra. Ennek azért van jelentősége, mert több szerző szerint is a gótikus építkezéseknek az volt az általános gyakorlata, hogy az épület már álló részeit is felhasználták a szükséges állványok, zsaluzatok ideiglenes támaszaiként.²⁵ Egy szabadonálló, alapterületéhez képest jelentős magasságú épületelemnél szomszédos falak, szerkezetek, amik támaszként

²⁰ Bár fontos megjegyezni, hogy alaposabban szemügyre véve ezen a tornyon is elkülöníthetők különböző építési fázisok. Részletesen lsd. (Zykan 1970).

²¹ (Nussbaum 1994) 206. p.

²² (Panofsky 1986)

²³ (H. J. Böker 2013) 219–224. p., 224–225. p.

²⁴ (J. J. Böker 2005) 268–275. p.

²⁵ (Fitchen 1961) 164. p., (Binding 1993) 427. p., (Lüpnitz 2011) 224. p.

lennének használhatók, nincsenek.²⁶ Nem véletlen, hogy a félbemaradt nagy toronyépítkezések általában a kapcsolódó templomhajó főpárkányának magasságában maradtak félbe. Ennek egyik oka az lehet, hogy a torony törzse a hajó falául is szolgál, így eddig a magasságig mindenképp fel kell építeni, de olyan helyen is megfigyelhető ez a jelenség, ahol a hajó már állt, amikor a tornyot elkezdték építeni (erre példa a bécsi északi torony).

A gótikus templomok erőjátékát vizsgálva több kutató is arra a megállapításra jutott, hogy az állékonyság szempontjából a templomok anyaga és mérete kevésbé számít, a geometriájuk annál inkább²⁷ (ezt egyébként a fennmaradt csekély számú középkori építészeti írás alapján maguk a középkori mesterek is tudták).²⁸ Ez leegyszerűsítve annyit jelent, hogy egy gótikus templomot az összes elemének arányos felnagyításával bizonyos ésszerű határok között bármekkora méretben fel lehetne építeni. Van egy elem azonban, amire nem igaz ez a megállapítás: a torony. Egy toronynál tartószerkezeti szempontból már nem csak a geometria számít. Míg a templomhajó állékonysága a jól megválasztott geometria függvénye nem jöhet létre a kőanyagban a határfeszültséget túllépő igénybevétel, addig egy nagy toronynál ez már nem így van.

A fent elmondottak a kőnek mint építőanyagként abból a sajátos tulajdonságából adódnak, hogy a nyomószilárdságához képest a húzószilárdsága elhanyagolható. Jacques Heyman a *Stone Skeleton* című könyvében teoretikusan meghatározza azt a maximális magasságú oszlopot, amit egy átlagos szilárdságú kőanyagból a kihajlással nem számolva fel lehetne építeni: ez 2 km.²⁹ A legmagasabb középkori templomhajó Beauvais-ban van, 48 m.³⁰ Ebből is látszik, hogy a szűk keresztmetszet nem a kő nyomóhatárfeszültsége. A probléma ott adódik, hogy a húzószilárdság csekély volta miatt a kőszerkezetek a nyomatékot sem bírják, ezért a szerkezet formáját úgy kell

²⁶ Ez lehetett az oka annak is, hogy már a XIX. században a kölni dóm két tornyát egyszerre építették, olyan állványzattal, ami mindkét tornyot összefogta. Lsd. pl. (Wolff 1980) 119., 129., 135. p.

²⁷ (Heyman 1997) 22. p., (Huerta 2012), a szerző számításait a kassai Szent Erzsébet-templomra vonatkozóan lsd. (Bereczki 2014b)

²⁸ Lsd. pl. „Von des Chores Maß und Gerechtigkeit”, 1500 k., „Die Unterweisungen von Lorenz Lacher für seinen Sohn Moritz”, 1516. Irodalom róluk: (Coenen 1989)

²⁹ (Heyman 1997) 12. p. A szerző 2000 kg/m³ térfogatsúlyú és 4 MN/m² nyomószilárdságú kővel számol.

³⁰ (Wolfe és Mark 1976) 463. p.

megválasztani, hogy seholy se menjen át az igénybevétel húzásba: ezt jelenti a megfelelő geometria.

A legnagyobb középkori tornyok 130–140 m magasak. Ez is messze a két kilométeres elméleti határ alatt marad, a gyakorlatban azonban mégsem ilyen egyszerű a helyzet. Először is, egy torony jóval nehezebb, mint az áttört falú gótikus templomhajók, így komolyabb alapozásra van szükség. Mivel a magassága sokszorososa az alapterületének, a szerkezet sokkal érzékenyebb a talaj egyenetlen süllyedésére. A nagy magasság és a csatlakozó szerkezetek hiánya miatt az esetleges boltozatok és a toronysisak vízszintes terhének felvétele is problémásabb.³¹ Éppen ezért a sisakok jelentős fémmegerősítéseket is tartalmaznak, tehát nem kizárólag kőszerkezetek.³² Erőtanilag már a vasbetont vetítik előre: a nyomást a kő veszi fel, a húzást a rejtett vasszerkezetek. A tornyok az önsúlyukon kívül jelentős hasznos terhet is hordanak: ezek a harangok, amik ráadásul dinamikus terhelést is jelentenek. Dinamikus terhelés a szél is, ami komoly mozgásokat is okozhat a szerkezetben. Egy 130 m magas toronynál a torony tetejének csupán 1%-os kilengése is 130 cm-t jelent, amit egy merev kőszerkezet nem tudna felvenni. Ennek a megoldására a kritikus helyeken ólommal kiöntött fugákat, kapcsolatokat használtak.³³

A tisztán függőleges terhelést a kőszerkezetek jól viselik, viszont ívelt (pl. boltozat) vagy ferde (pl. tető vagy toronysisak) szerkezetek esetében vízszintes erők is keletkeznek. Ezek felvétele a teljes építészettörténeten végigfutó probléma. Minél inkább közelít a keletkező erők eredője a függőlegeshez, annál kisebb lesz a vízszintes komponens, tehát az oldalnyomás. Ilyen módon egy karcsú torony bizonyos méret fölött statikailag sokkal kedvezőbb, mint egy széles. A méret a stabilitás miatt számít. A stabilitásnak a szélteher felvételénél van szerepe. A szélteher a szélnek kitett homlokzati felület nagyságától függ, a széltehernek való ellenállás pedig a tömegtől. Egy kocka példáján szemléltetve, ha a kocka élhosszúságát megduplázzuk, akkor egy lapjának a felülete az eredetinek a négyszerese lesz (az új élhossz négyzete), a kocka tömege pedig az eredeti nyolcszorosa (az új élhossz köbe). Tornyok esetében a tömeg akkor nő jelentősen nagyobb mértékben, mint a felület, ha a ma-

³¹ A toronysisakok erőtanai működéséről lsd. (Heyman 1997) 127–138. p.

³² (Schock-Werner 1978) 58. p., (Heyman 1997) 121. p., (Sass 2000) 20. p.

³³ (Alexander 2005)

gasság növelésével a falvastagságot is növeljük.³⁴ Arra vonatkozóan, hogy a tornyokat a gótika idején hasonló elvek szerint tervezték, írásos forrásaink is vannak: ezek a torony szükséges falvastagságát a magasság arányában adják meg.³⁵ Így ha a tornyot merev szerkezetnek tekintjük, akkor azt látjuk, hogy minél nagyobb, annál stabilabb.³⁶ Összefoglalva a fentieket, minél magasabb és karcsúbb egy torony, és minél meredekebb a sisakja, annál jobban működik erőtanilag. A gótikus tornyok fejlődése éppen ezt az irányt követte: a bécsi torony magasabb és karcsúbb, mint egy évszázaddal korábbi freiburgi előképe, és a sisakja is jóval meredekebb. A nagyobb méret, a karcsúság, a meredekebb sisak viszont nyilvánvalóan a kivitelezést nehezíti meg.

A fent elmondott nehézségek ellenére a toronyépítéssel mint technikai, kivitelezési feladattal kevésbé foglalkoztak akár a gótikus kivitelezésről, akár a gótikus tornyokról szóló, átfogó művek, pl. Fitchen,³⁷ Bork³⁸ egyáltalán nem. A feladat bonyolultságát a gyakorlat is mutatja: a középkorban alig néhány nagy gótikus torony valósult meg teljes egészében. A három legnagyobb Freiburgban, Straßburgban és Bécsben van, a másodvonal ezeknél jóval szerényebb méretű. A gótika végével pedig a magas, tagolt kőtornyok ideje véget ért, a reneszánsztól és a barokktól idegen volt ez a forma. A gótikus tornyokhoz hasonló szerkezeteket így csak a neogótika idején emeltek újra, a legjelentősebbeket éppen félbehagyott középkori tornyok eredeti tervek alapján történő befejezésével (Ulm, Köln).

³⁴ A szélteher és a torony falvastagságának összefüggéséről részletesebben lsd. (Huerta 2012) 187–188. p.

³⁵ (Huerta 2012) 168. p.

³⁶ (Huerta 2012) 191. p.

³⁷ (Fitchen 1961)

³⁸ (Bork 2003a)

3. Egy XV. század végi építési hely rekonstruálása rajzi és tárgyi források alapján

Egy középkori építkezést akkor lehetne a legbiztosabban rekonstruálni, ha egy akkoriban szokásos struktúrát a valóságban felépítenénk az akkoriban rendelkezésre álló technika felhasználásával. Mivel erre nem igazán van lehetőség, a háromdimenziós modellezés kínálkozik a megfelelő eszközhöz: egy olyan struktúra építésének a rekonstruálása lépésről lépésre a felhasznált lehetséges segédeszközökkel együtt, amiről részletes korabeli tervek állnak rendelkezésre.

A kötetben ez a struktúra a bécsi Stephanskirche északi tornya. A választás szándékosan esett egy olyan toronyra, ami csak részben épült fel: a cél ugyanis nem annak a bemutatása, hogy egy adott torony hogyan **épült** fel (ez nem is lenne lehetséges), hanem az, hogy a rendelkezésre álló korabeli források alapján megismert eszközök segítségével hogyan **épülhetett** fel egy torony.

Fontos kiemelni, hogy ahogy azt Norbert Nußbaum több írásában is kifejtette,³⁹ a gótikus kivitelezést nem lehet generalizálni, tipizálni. Míg a formák tudtak papíron, pergamenen terjedni, a rész megoldások és technikai megoldások nem. Norbert Nußbaum írásában megkülönbözteti az „entwerfen” és a „planen” kifejezést: az első új formák kitalálását jelenti, a második pedig az új formák konkrét projektnél történő alkalmazását. A kettő közötti váltás médiumváltást (pergamenről Reissbrette) és léptékváltást is jelentett.⁴⁰ Kicsit arra hasonlít ez, ahogy a mai építészetben a formákat, funkcionális megoldásokat rögzítő vázlattevéből technikai részleteket is megoldó, rögzítő kiviteli terv lesz. A könyvben az építést bemutató ábrarozat így leginkább arra hasonlít, ahogy a középkori mester az elkészült tervek alapján előkészíti a kivitelezést. Így a kötet tehát nem csak azt nem állítja, hogy így épült fel egy konkrét torony, de azt sem, hogy általában így épültek a tornyok: az ab-

³⁹ (Nußbaum 2010), (Nussbaum 2011), (Nussbaum 2012)

⁴⁰ (Nussbaum 2012) 284–285. p.

rasorozat egy lehetséges megoldást rögzít, aminek az elemei legnagyobbbrészt korabeli forrásokon alapulnak.

Gótikus toronyépítésről még nem készült ilyen, korabeli forrásokon alapuló, segédstruktúrákat is bemutató rajzsorozat.⁴¹ Más a helyzet az Alpoktól délre: az építészettörténet legjobban kutatott építkezéséről, a firenzei kupolaépítésről több ilyen is rendelkezésünkre áll,⁴² nyilván nem függetlenül attól, hogy Brunelleschi gépeiről fennmaradt egy korabeli rajzgyűjtemény.⁴³ Jelen kötet ábrásorozata a kupolaépítést bemutató rajzoknak az északi párja, azt is sugallva, hogy a nagy gótikus tornyok felépítése, bár más jellegű, mégis a firenzei építkezéshez mérhető mérnöki teljesítmény volt.

⁴¹ Caston készített egy nagyon informatív ábrásorozatot a murai sisak építésének menetéről állvánnyal együtt, de ez csak a sisakról szól és gépeket nem tüntet fel; a bebe nhauseni torony építését pedig jóformán kősről kősrá megrajzolta, de segédstruktúrákat feltüntetése nélkül. (Caston 1997) 24., 136–158. p. A freiburgi várostörténeti múzeumban pedig egy modell található, amin a torony építését mutatják be állvánnyal és gépekkel, de csak egy fázist. (Kalchthaler 2013) 20. p.

⁴² Pl. (Prager és Scaglia 1970), (Saalman 1980). A téma ismeretterjesztő folyóiratban is megjelenik: 2014 februárjában a *National Geographic* közölt a kupolaépítésről látványos illusztrációkat és honlapján animációt.

⁴³ Bonaccorso Ghiberti: Zibaldone. Firenze, Biblioteca Nazionale, B. R. 228.

3.1. A FELHASZNÁLT FORRÁSOK BEMUTATÁSA

Torony építésénél a legfontosabb segédeszközök az emelőgépek és az állványok, így egy építkezés rekonstruálásához három fő forráscsoportra van szükség: magának a toronynak az építészeti terveire, toronyépítéshez használt gépek rajzaira, és a toronyépítéshez használt állványzatok rajzaira.

Szerencsés módon az első csoportból elég sok forrás áll rendelkezésre. Gótikus építészeti tervekből több ezer fennmaradt.⁴⁴ Mivel ezek a rajzok népszerű, sokat kutatott témát jelentenek, a kötet a bécsi északi torony terveinek bemutatásánál csak a legfontosabb szakirodalom megállapításainak rövid ismertetésére szorítkozik.

Más a helyzet a második csoporttal. Bár hadi felhasználású géprajzból szintén több ezer fennmaradt a középkorból, civil használatra szántból meglehetősen kevés. Az építészeti rajzokkal szemben ráadásul a géprajzok többnyire nincsenek is publikálva. A könyv témájának szempontjából nagy szerencsét jelent, hogy fennmaradt a sträßburgi székesegyház építőmesterének, Hans Hammernek a portfóliója,⁴⁵ benne rengeteg gép rajzával. Amikor ezek a rajzok keletkeztek, a bécsi északi torony építés alatt volt. A portfólió nyomtatásban a sträßburgi székesegyház folyóiratában jelent meg 1992-ben, nem túl jó minőségű reprodukciókon.⁴⁶ A publikáció nagy értékét a szövegek (fordítás nélküli) átírása jelenti. A portfólióval eddig a kutatók kevéssé foglalkoztak. Monográfia még nem jelent meg róla, a két legfontosabb feldolgozása két mesterszakos diplomamunka,⁴⁷ amik publikálatlanok. Ezért indokolt Hans Hammer géprajzait, Hans Hammer és a toronyépítés kapcsolatát jobban körüljárni.

A harmadik csoporttal még nehezebb a helyzet. Bár az állványzatok komoly technikai felkészültséget igénylő segédszerkezetek, ezekről korabeli tervek nem maradtak fenn. Az állványok kérdéséhez így a képzőművészet ábrázolásait kell segítségül hívni, valamint a csekély számú, épp ezért na-

⁴⁴ Katalógusaikat lásd. (Kletzl 1939), (Pause 1973), (Koepl 1969), (Koepl 1977), (J. J. Böker 2005), (H. J. Böker 2011), (H. J. Böker 2013).

⁴⁵ Hans Hammer: Zeichnungen. Wolfenbüttel, Herzog August Bibliothek, Cod. Guelf. 114.1 extrav. Online elérhetősége: <http://diglib.hab.de/wdb.php?dir=mss/114-1-extrav>.

⁴⁶ (Fuchs 1992)

⁴⁷ (Nagy 1995), (Tissot 1995)

gyon értékes fennmaradt középkori állványt. Ezek azért maradhattak fenn, mert nem a ma szokásos külső állványok, hanem a tornyok belsejében helyezkednek el.

Az első műszaki rajzok, amik tornyok állványozását mutatják, már a XIX. századból valók, mégis fontos kitérni rájuk, mert ahogy korábban szó esett róla, a gótika és a neogótika közötti évszázadokban az építészek és a kivitelezők nem szembesültek nagy, tagolt kőtornyok építésének feladatával. Hasonló építészeti feladat több évszázados különbséggel is hasonló megvalósítást igényel, főleg, ha a közben eltelt évszázadokban az adott feladat nem is létezett.⁴⁸ Ezt a feltételezést alátámasztja az is, amit Viollet-le-Duc írt a gépekről szótárának ötödik, 1861-ben megjelent kötetében: eszerint csak az előző kevesebb, mint húsz évben történtek jelentős fejlesztések az építőipari gépek terén, addig ugyanazokat használták, mint a XIII. században.⁴⁹ Az állványok kapcsán ugyanakkor Viollet-le-Duc rámutat egy fontos különbségre: a XIX. századhoz képest a középkor nagyon spórolt az anyaggal (de nem a munkaerővel).⁵⁰

Hogy mennyire nagy technikai kihívást és „újdonyságot” jelentett a gótikus tornyokon és neogótikus társaikon végzett munka a XIX. században, azt az állványok példája jól mutatja. A középkor óta nem emeltek olyan magas állványokat, mint a neogótika idején.⁵¹ A bécsi torony felső részének 1838–1842-ban lebontása, majd visszaépítése annyira nagy érdeklődésre tartott számot, hogy a felhasznált állványzatról részletes publikáció jelent meg az Allgemeine Bauzeitungban⁵². Pár évtizeddel később, a kölni dóm befejezésekor az állványt építő ácsokat szinte jobban csodálták, mint a kőfaragókat.⁵³ Az állványzat fotóját külföldi lapokban is közölték,⁵⁴ és Amerikából is érkeztek szakemberek a megtekintésére.⁵⁵

⁴⁸ Kurt Bechtold az állványzatok történetéről írt, áttekintő jellegű cikkében ki is emeli, hogy az állványok a római időktől a beton megjelenéséig keveset változtak. (Bechtold 1980) 20. p.

⁴⁹ (Viollet-le-Duc 1861) 218. p.

⁵⁰ (Viollet-le-Duc 1861) 114. p.

⁵¹ (Knorre 1974) 231. p.

⁵² (Trost 1843)

⁵³ (Wolff 1980) 158. p.

⁵⁴ (Wolff 1980) 134. p.

⁵⁵ (Knorre 1974) 79. p., (Borger 1980) II. 273. p.

3.1.1. A BÉCSI ÉSZAKI TORONY TERVEI

A Dehio-Handbuch így foglalja össze a bécsi északi torony építéstörténetét:⁵⁶

- 1450: alapkö és alapozás (mester: Hans Puchsbaum)
- 1467: szünetet követően elindul az építés (mester: Laurenz Spenning)
- 1476-ig: elkészül a Portalvorhalle és Barbarakapelle
- Simon Achleitner (Spenningutódja) 57 alatt: Turmhalle, Doppelfenstergeschoss
- Georg Kling alatt: Glockengeschoss, Blendgiebeln (tervváltozás)
- Anton Pilgram alatt továbbépítés 1511-ig, akkor leáll az építés.

Minden bizonnyal már a Stephansdom gótikus átépítésének első, XIV. századi, IV. Rudolf Habsburg herceghez köthető koncepciójában is szerepelt a második torony.⁵⁸ Az északi torony építésekor uralkodó III. Frigyes mintaképként tekintett Rudolfra, és sikerült azt is elérnie, hogy Bécsből püspöki székhely legyen. Mindez ösztönözhetette az északi torony kiépítését.⁵⁹

A bécsi torony terveinek tárgyalása előtt érdemes néhány szót ejteni a késő-gótikus tervrajzokról általában. Egyetértve Bökerrel, ezeket a rajzokat a modern építészeti ábrázolás előfutárának lehet tekinteni.⁶⁰ Egy mai építészeti tervdokumentáció a látványtervek kivételével ortogonális rajzokból áll: alaprajzok (amik tulajdonképpen vízszintes metszetek), metszetek, homlokzatok. Az épület egészét ábrázoló rajzok mellett részletrajzok is készülnek, szintén ortogonális projekcióval. Fontos jellemzője a rajzoknak a lépték: egyrészt az egyedi rajzoknál, másrészt az összetartozó rajzok is azonos léptékben készülnek. A mai építészeti gyakorlat épületek esetében általában csak néhány léptéket használ: 1:100, 1:50, 1:10. A lépték nemcsak a rajzok mérete, hanem a részletezettség miatt is fontos: a nagyobb méretarány nagyobb részletezettséggel jár. További fontos jellemzője az építészeti rajzoknak a pontosság és az áttekinthetőség, illetve a kóták megléte. A fenti jellemzők nemcsak új épület tervrajzainál igazak, hanem meglévő épület

⁵⁶ (Buchinger és Pichler 2003) 182–183. p.

⁵⁷ A templom mesterei a XV. század második felében és a XVI. század elején: 1446–1454 Hans Puchsbaum; 1454–1477 Laurenz Spenning; 1477–1488 Simon Achleitner; 1488–1506 Georg Kling; (1506–)1510 Jörg Öchsl; 1510–1515 Anton Pilgram; (Buchinger és Pichler 2003) 174. p.

⁵⁸ (Zykan 1970) 30. p., bár Böker ezt vitatja. (J.J. Böker 2007) 104. p.

⁵⁹ (Bork 2003a) 207. p.

⁶⁰ (J.J. Böker 2005) 27. p.

felmérési rajzainál is. A fennmaradt későgótikus építészeti rajzok nagy része a kótázás kivételével megfelel a fenti kritériumoknak, mind új épület tervezésénél, mind meglévő felmérésénél. Néhány elszigetelt esetben pedig ha modern értelemben vett kótázást nem is, de odaírt méreteket is találhatunk gótikus rajzokon.

Következzen néhány példa a fentiekre a bécsi gyűjtemények rajzaiból, a Böker-féle katalógus bevezetésének segítségével.⁶¹

Ortogonalis projekció: mind az alaprajzok, mind a homlokzatok pontos ortogonalis projekciót használnak. Olyan esetekben, amikor egy épülelem szöveget zár be a projekció síkjával (például egy poligonális szentély vagy egy szentség ház esetében), akkor precízen kiszerszertett rövidülést alkalmaznak. Erre jó példa a 16.816-os rajzon látható kápolnahomlokzat vagy a 16.871-es rajz (regensburgi portálelőcsarnok).

Lépték: a bécsi rajzok legtöbb esetben pontos léptéket használnak. Ekoriban még az egységes decimális mértékegységek nem voltak használatban, ezért ezeknek a rajzoknak a léptéke a tizenkettes számrendszeren alapul (ahogy egy láb 12 hüvelyk): 1:6, 1:12, 1:24, 1:48, 1:96, 1:192. A pergamen jobban zsugorodik, mint a papír, ezért a pergamenen lévő rajzok léptéke kicsit máshogy adódik: 1:25, 1:50, 1:100.⁶² A ma használatos léptékekhez való hasonlóság itt nyilvánvalóan nem szándékos, hanem a pergamen zsugorodásának az eredménye. A mai gyakorlattal ellentétben az egyes rajzok léptéke csak ritkán van feltüntetve. Erre példa az 16.846-os rajz (augsburgi székesegyház kórusa) vagy a 16.851-es (a bécsi Stephanskirche nyugati karzata).⁶³ A léptéknek megfelelő részletezettség leginkább a különböző toronyterveken figyelhető meg. A 16.852-es toronyhomlokzat (152 cm magas rajz) lényegesen kevesebb részletet tartalmaz, mint a Stephanskirche csaknem öt méter magas toronyterve (17.061). A léptéknél érdemes kitérni a részletrajzok meglétére is. A gyűjteményben több részletrajz is van, ezek közül a profilok rajzai valószínűleg 1:1-es léptékűek, így a kőfaragósablonok gyártmánytervének tekinthetők.

Konzisztencia: egyazon épület különböző, de összetartozó rajzainál (pl. homlokzat és metszet) nagyon fontos, hogy a rajzok azonos léptékűek és

⁶¹ (J. J. Böker 2005) 15–52. p.

⁶² (J. J. Böker 2005) 25. p.

⁶³ (J. J. Böker 2005) 25. p.

összemérhetőek legyenek. A bécsi rajzok között erre több példa található, néhányat kiemelve: a 16.890-es rajz (Bécs, Stephanskirche, Magdalenenkapelle alaprajza és homlokzata), a 17.028-as és 17.055-ös rajz (Konstanz, szószek), a 16.836-os rajz két oldala (Bécs, városháza),⁶⁴ vagy a csütörtök-helyi (Spišský Štvrtok) kápolna rajza (17.022). Ide sorolható az a mai szemmel különös, de a gótikus alaprajzokra nagyon jellemző eljárás is, amikor a különböző szinteket egymásra rajzolják (pl. 105.064, Bécs, Stephanskirche déli toronyalaprajz). Ennek az oka nem annyira az anyagtakarékoságban, mint inkább abban keresendő, hogy a tervek készítői pontosan át akarták látni, hogy mi helyezkedik el mi fölött.⁶⁵ A mai építészeti gyakorlatban erre a pausz használatos, mind fizikai, mind a CAD-programok esetében átvitt értelemben. A középkori mestereknek természetesen ezek az eszközök nem álltak a rendelkezésükre, de az elv ugyanaz.

Felmérési rajzok: a mai építészeti gyakorlatban ha egy meglévő épülethez kell hozzányúlnunk, a munka a meglévő épület pontos felmérésével és felrajzolásával kezdődik. A késő középkori gyakorlat is hasonló lehetett. Erre a bécsi gyűjteményben azok a rajzok utalnak, amik olyan struktúrákat ábrázolnak, amik már évtizedek óta álltak, viszont nagyjából a rajzok keletkezésével egy időben kerültek bővítésre vagy beboltozásra. Ezek a rajzok így valódi munkaterveknek tekinthetők, ahol először felmérték a meglévő épületet, majd pontosan felszerkesztették, és ennek a rajznak a segítségével készítették el a bővítési-átalakítási terveket,⁶⁶ ahogy az a mai gyakorlatban is szokásos. A bécsi anyagban erre példa a 16.841-es rajz, ami a Kutná Horai Szent Borbála-templom alaprajzi részlete. A falak már 1420-ban álltak, de a boltozásra csak 1481-ben került sor.

A bécsi gyűjtemények első átfogó katalógusa 18 darab, a Stephanskirche északi toronyával összefüggésbe hozható rajzot sorol fel.⁶⁷ Ezek közül jelen kötet témája szempontjából az egész tornyot ábrázoló rajzok a fontosak: az 105.063, 16.872v, 105.064 leltári számú alaprajzok; és a 105.067, 17.061, 105.062 leltári számú homlokzati rajzok.

⁶⁴ (J. J. Böker 2005) 25. p.

⁶⁵ (J. J. Böker 2005) 25. p.

⁶⁶ (J. J. Böker 2005) 26. p.

⁶⁷ (Koeopf 1969) 3. p.

A katalógust összeállító Hans Koepf szerint két fő kérdés merül fel a tervek kapcsán: hogy miért fektettek ennyi energiát egy olyan feladatba, aminek a megoldása a megépült déli torony képében már rendelkezésre állt; illetve hogy kik voltak a mesterek, akiknek a tervek köszönhetőek.⁶⁸ Az első kérdést azonnal meg is válaszolja: a középkorban sosem másoltak le egy meglévő struktúrát, és az eltérés a régi és az új között annál nagyobb, minél több idő telt el közben. Példának a strasbourg-i északi tornyot és Hans Hammer későbbi toronytervét, valamint a bázeli Münster két tornyát hozza. A rajzok szerzőinek kérdését kevés kivétellel nem válaszolja meg egyértelműen, inkább csak az összetartozó rajzokat azonosítja.

A bécsi rajzok újabb átfogó katalógusa Johann Josef Böker munkája, és 2005-ben jelent meg.⁶⁹ A rajzokat Koepffel ellentétben nem téma szerinti sorrendben és csoportosításban tárgyalja, hanem a leltári szám szerint. A fent említett, a teljes tornyot ábrázoló rajzokról a következő megállapításokat teszi.

Az Akademie der Bildenden Künste gyűjteményében lévő tervek:

16.872v:⁷⁰ az északi torony alaprajza, Laurenz Spenning munkaterve. Az előcsarnoktól a felső oktagonig az összes szintet tartalmazza, a komplex sisak csak bekarcolva szerepel. Ez nem feleltethető meg egyik fennmaradt homlokzati terven lévővel sem. A rajz közvetlen kapcsolatban van a Wien Museum Karlsplatzban őrzött két alaprajzzal (105.063, 105.064), a legnagyobb különbséget köztük a délnyugati lépcső jelenti. A három közül a legegyszerűbb, kivitelezésre is került megoldás ezen a rajzon van, itt a lépcső a hosszház már meglévő támpillére mellé kerül, és kívülről közelíthető meg. Különbözik továbbá a rajz a másik két rajztól az előcsarnok ábrázolásának módjában. A három rajz közül ez tekinthető a felépítmény első, eredeti tervének (Originalentwurf), és 1470 körülre datálható.

17.061:⁷¹ az északi torony 1465 körülre datálható homlokzati rajza, Laurenz Spenning műve. A rajz a brünni Hans Zierholt szignója van. A rajz fontosabb vonásaiban megegyezik a Wien Museum Karlsplatzban őrzött három homlokzati rajzzal (105015, 105.061f., 105.067). Leginkább a toronysisak különbözik, ennek aljánál a rajz kidolgozatlan, befejezetlen. A rajz kétségkívül egy variációja a déli toronyra jobban hasonlító első tervnek.

⁶⁸ (Koepf 1969) 3. p.

⁶⁹ (J. J. Böker 2005)

⁷⁰ (J. J. Böker 2005) 176–178. p.

⁷¹ (J. J. Böker 2005) 375–382. p.

A Wien Museum Karlsplatz gyűjteményében lévő tervek:

105.062:⁷² a XIX. század közepéről származó másolata Laurenz Spenning 17.061-es számú homlokzati rajzának, Hans Zierholt mesterjegyével. Csak a duplaoromzat jobb oldalán van egy kis eltérés az eredetitől.

105.063:⁷³ az északi torony 1465 körülre datálható alaprajza, Laurenz Spenning műve. A rajzon Georg Hauser mesterjele szerepel. Korai tervezési fázist mutat. Főleg abban különbözik a többi alaprajzról és a megvalósult toronytól, hogy nem szerepel rajta a délnyugati lépcső. Az előcsarnok még tervezés alatt állhatott, mert csak két pillérrel van ábrázolva. A faltagolás és a boltozat ábrázolása is hiányzik. A délnyugati csatlakozás a hosszház támpillérehez pontosan van ábrázolva. A bekarcolt segédvonalak (Blindrillen) azt támasztják alá, hogy nem másolatról, hanem eredeti tervről van szó. A három fennmaradt alaprajz közül ez mutatja a legkorábbi tervváltozatot, valószínűleg közvetlenül az építkezés 1467-es kezdete előtt keletkezett. A hátoldalon a biztosan Laurenz Spenningnek tulajdonítható városházaterv van, ez segíti a szerző meghatározását. Hauser mesterjegye arra utal, hogy a rajz a XVI. század elején az ő tulajdonában volt.

105.064:⁷⁴ az 105.063-as rajz befejezett és letisztázott verziója, Georg Hauser mesterjegyével (4. kép). A hosszházpillérhez való csatlakozást a 105.063-as rajzzal szemben nem ábrázolja, viszont feltünteteti a boltozatokat, egyedülként. Valószínűleg Georg Hauser 1516-os, aktualizált másolata a korábbi eredetiről.

105.067:⁷⁵ az északi torony 1465 körülre datálható homlokzati rajza, Laurenz Spenning műve (5. kép). Szorosan követi a déli torony szintbeosztását, és az északi torony megvalósult részével messzemenően egyezik. Korrigálja azokat az egyenetlenségeket, amik a déli torony folyamatos tervváltozásainak az eredményei, így a déli torony aktualizált, egységesített újraalkotásának tekinthető.

Az északi torony kapcsán meg kell említeni Böker több helyen kifejtett elméletét, ami szerint Hans Hammer is kapcsolatba hozható az építkezéssel.⁷⁶

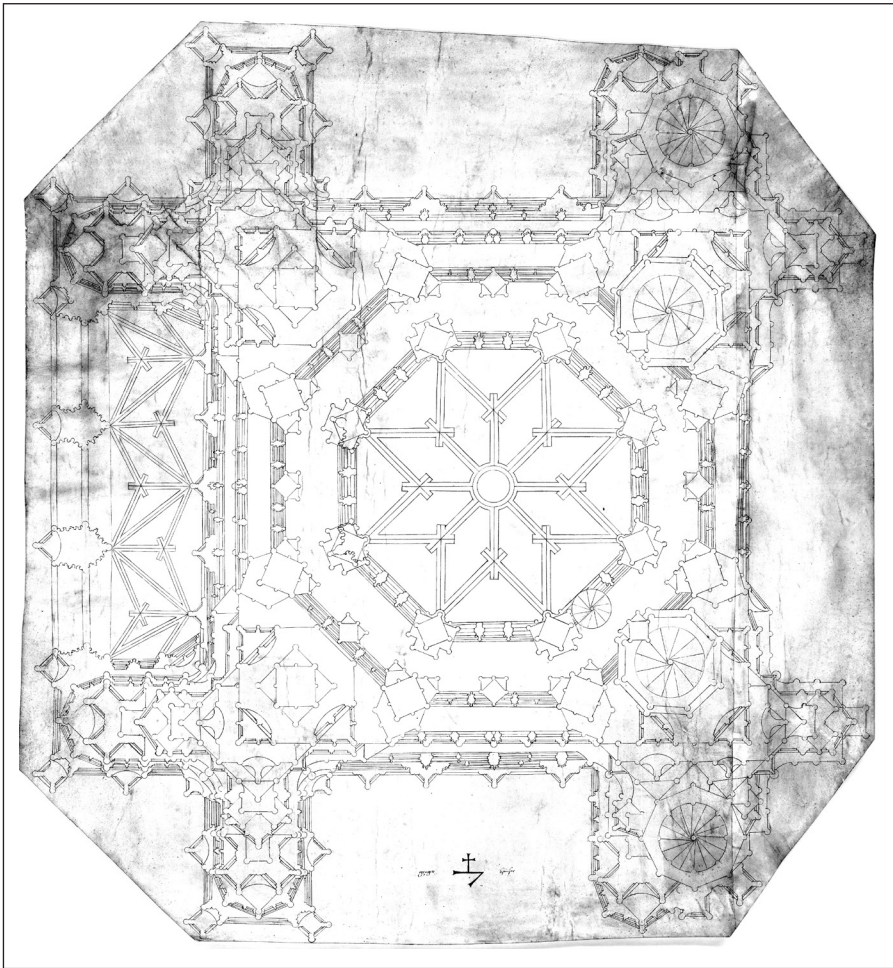
⁷² (J.J. Böker 2005) 420. p.

⁷³ (J.J. Böker 2005) 420–423. p.

⁷⁴ (J.J. Böker 2005) 421., 424–425. p.

⁷⁵ (J.J. Böker 2005) 435–443. p.

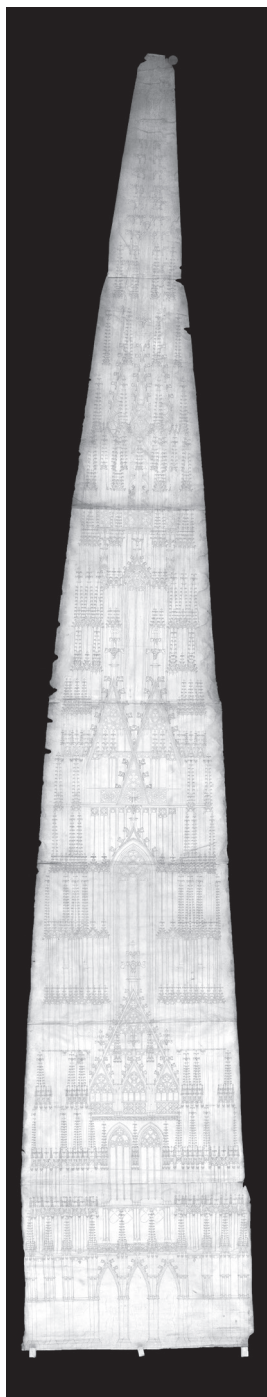
⁷⁶ (J.J. Böker 2008), (H.J. Böker 2009) 204–205. p., (J.J. Böker 2009) 274. p., (J.J. Böker 2011) 48. p., (H.J. Böker 2013) 153. p.



4. kép – A bécsi Stephanskirche északi tornyának eredeti alaprajza

Forrás: Wien Museum Karlsplatz 105.064

Eszerint a mester még az első utazásakor, 1478-ban Bécsben feljegyezte az északi torony méreteit a portfóliójába, ezzel jelezve érdeklődését a projekt iránt, és ő vitte Straßburgba a bécsi toronynak a Musée de l'Œuvre Notre-Dame gyűjteményében fellelhető rajzát. Majd amikor 1490-ben elvesztette az állását Straßburgban, munkát keresve újra eljutott Bécsbe, magával hozva a straßburgi szószékének rajzát és egyéb rajzokat is. Bécsben ekkor az északi torony építése folyt, a mesterek gyorsan váltották egymást, de Hans Hammer sikertelenül folyamodott az építómesterei állásra.



5. kép – A bécsi Stephanskirche északi toronyának eredeti homlokzati rajza

Forrás: Wien Museum Karlsplatz 105.067

Portfóliójából valóban tudható, hogy Hans Hammer 1478-ban Bécsben járt, és feljegyezte egy toronynak egy méretét is;⁷⁷ és valóban feltűnően sok, téma és vízjel alapján a XV. század végi sträßburggal kapcsolatba hozható terv van Bécsben.⁷⁸ Ezek témáikban kétségkívül mutatnak egyezést Hans Hammer rajzaival (a szószék mellett a legfeltűnőbb ugyanannak az ötszögszerkesztésnek a megléte Hans Hammer portfóliójában és Bécsben).⁷⁹ Nem zárható tehát ki, hogy valóban járt a mester Bécsben másodszer is, valamikor 1490 és 1510 között (ebben az időszakban nagyon keveset lehet tudni róla, hogy mivel tevékenykedett;⁸⁰ ekkor a bécsi építkezés a harangszintnél tartott), de nem is bizonyítható; azt pedig végképp nem lehet tudni, hogy valóban folyamodott-e az építőmesteri pozícióra.

A méretek szerepeltetése mindenesetre érdekes. A Hans Hammer által használt láb méretét sikerült rekonstruálni, ez kb. 27 cm.⁸¹ Ez alapján az általa közölt bécsi toronyméret, a 46 láb kb. 12,42 m-nek felel meg. Zykan disszertációjában közli a déli torony

⁷⁷ 7v: „1478 do het man zü Wien den herhsz jn gelessen uff Sant Sebastian clag und aht dage vor unser vrawen Liechtmesse dage”, 17v: „item der durn zü Wien ist jnwendig wit 46 schü”. (Átírások: (Fuchs 1992)).

⁷⁸ (J. J. Böker 2008) 24–26. p.

⁷⁹ (J. J. Böker 2008) 26. p., (Fehér, Halmos, és Szilágyi 2018), 298–299. p.

⁸⁰ Hans Hammer kivonatos életrajzát lsd. jelen kötet következő fejezetében.

⁸¹ (Bereczki 2014a) 635. p.

méreteit,⁸² az északi torony méretei is hasonlóak. A torony aljának külső mérete támpillérek és lábazat nélkül 14,20 m, a belső kb. 7 m. Erre tehát biztosan nem vonatkozhat a Hans Hammer által közölt méret, ahhoz leginkább a harangszint négyzetes alsó részének az oldalhossza hasonlít, ami 12,60 m. 1476-ban a Portalvorhalle és a Barbarakapelle már kész volt, tehát 1478-ban, Hans Hammer dokumentált látogatásakor már a harangszint alsó részén kellett, hogy folyjon a munka. Egy komplex struktúráról egyetlen méret közlésének pedig csak akkor van értelme, ha birtokunkban van egy vonatkozó rajz, amit léptékbe akarunk helyezni. Böker nem említi, de ide kapcsolódik, hogy Fuchs átírása szerint a portfólió 1v oldalán a bécsi méretrendszer leírása olvasható.⁸³

3.1.2. HANS HAMMER GÉPEI

3.1.2.1. A szerző és portfóliója

Hans Hammer a XV–XVI. század fordulóján alkotott. Szerencsés módon sok rajza fennmaradt eredetiben: portfóliója 34 lapjából 29,⁸⁴ és a strasbourg-i Frauenhausban (Musée de l'Œuvre Notre-Dame) további tervrajzait őrzik. Ez a kéziratkorpusz azért alkalmas kiválóan a gótikus építés vizsgálatára, mert teljesen fiktív skiccektől konkrét épületekhez köthető előzetes vázlatokon át a részletesen kidolgozott tervekig terjed a rajzok spektruma, a kivitelezéssel kapcsolatosan pedig számos építőipari gép és műszer rajza is szerepel. Hans Hammer ezenkívül annak a templomnak volt kétszer is az építőmestere, aminek a tornya a legmagasabb és legcsodáltabb gótikus torony. Bár ő maga nem épített tornyot, készített egy részletes tervet a sosem megvalósult strasbourg-i déli toronyhoz, és a portfóliójának több rajza is összefüggésbe hozható torony tervezésével.

Hans Hammerről a legtöbbit Barbara Schock-Werner 1983-ban publikált doktori disszertációjából,⁸⁵ illetve Jean-Sébastien Sauvé 2012-es könyvéből⁸⁶ lehet megtudni. Utóbbi a mesterrel kapcsolatos forrásokat is közli.

⁸² (Zykan 1967) II. 49. p.

⁸³ (Fuchs 1992) 15. p. 65. lábjegyzet

⁸⁴ Hans Hammer: Zeichnungen. Wolfenbüttel, Herzog August Bibliothek, Cod. Guelf. 114.1 extrav. online elérhetősége: <http://diglib.hab.de/wdb.php?dir=mss/114-1-extrav>.

⁸⁵ (Schock-Werner 1983) 175–198. p.

⁸⁶ (Sauvé 2012) 246., 323–330. p.

Ezen kutatások alapján a mester életútja és életműve néhány fehér folt kivételével eléggé nagy biztonsággal rekonstruálható.

A De Gruyter-lexikon így foglalja össze a legfontosabb adatokat Hans Hammerről:⁸⁷

- 1440/45(?): megszületik.
- 1470-es évek: Straßburgban tanul.
- 1472. I. 20.: bejegyzik a straßburgi kőfaragócéhbe.
- 1476 után (valószínűleg legényként) Magyarországon tartózkodik.
- 1481: visszatér Straßburgba.
- 1482: Hans von Erfurt kőfaragó özvegyének, Margredennek a feleségül vételével megkapja a polgárjogot.
- 1483-tól: a straßburgi Münster építésvezetőjeként (Parlier) tevékeny.
- 1485: a Münster szószékének készítése (Hans Hammer csúcsműve).
- 1486. VII. 15.: kinevezik a Münster mesterévé (Werkmeister).
- 1489-ig: forrásokkal igazolhatóan építőmesterként és kőfaragóként tevékeny Straßburgban.
- 1490-es évek: lakó- és tartózkodási helye nem ismert, de Straßburgban (a Jung-St. Peter Trinitatis-Kapelléje, 1492) és Zabernben (Marien-Kapelle, 1493–94; a plébániatemplom északi mellékhajója, 1496; egykori püspöki felsővár /Oberhof/, 1497) is aktív.
- 1495: zaberni szószék készítése.
- 1508–1516: okleveles adat zaberni tartózkodásáról.
- 1512–1519: újra a straßburgi Münster építőmestere. Ebből az időszakból nem maradt fenn egy biztosan neki tulajdonítható munka sem, mégis nagy valószínűséggel elfogadhatjuk, hogy részt vett a Münster 1515-re datált Martinskapelléjének (a mai Laurentius-kápolna) szobrászati kialakításában.
- 1518. III. 19.: a konstanzi münster toronyépítésénél szakértőként jelenik meg.
- 1519. V. 17. és XII. 11. között: meghalt.

További neki tulajdonított munkák:

- Dornhan, Stadtkirche: kórus és sekrestye, 1510

⁸⁷ (Meißner 2011) 519–520. p.

- Finstingen (Fénétrange), St-Rémy-templom: nyugati portál, 1496; északi portál, 1497; lettner, 1500 körül (1565-ben megsemmisült)
- Leidringen, templom
- Markgröningen, Stadtkirche: kórus és sekrestye, 1472
- Rottweil, Hl.-Kreuzkirche: déli oldalhajó, 1497; két kápolna az északi és a déli bejáratnál; északi oldalhajó, 1507
- Sulz am Neckar, Stadtkirche, 1515 körül.

A mester portfóliója 29 db, 21×29 cm-s papírlapból áll, jelenleg a wolfenbütteli Herzog August Bibliothekben őrzik, jelzete Cod. Guelf. 114.1 extrav. Keletkezési idejének meghatározásához a benne lévő dátumok adnak fogódzót: a legkorábbi évszám 1476, a legkésőbbi 1507. Ez persze nem azt jelenti, hogy pontosan 1476-tól 1507-ig vezette a mester. A pergamenborító mappaszerűen körbefogja a lapokat, a behajtott fülön kis kötélrészlet van, ezzel lehetett eredetileg lezárni. A borítón szakadások figyelhetők meg, amik belülről foltozva vannak kb. háromszög alakú, felíratos pergamenlapokkal. A borító egy 1393-ból származó adásvételi szerződés felhasználásával készült. Az elülső oldalán XVI. századi felirat: „Machinas beim Münster zu Straspurg gebraucht worden”.⁸⁸

A kéziratban van egy láthatóan későbbi a könyvtár katalógusa szerint XVII. századi⁸⁹ betoldott lap az elején, kettéhajtván. Ez széltében kb. 1 cm-rel, magasságra kb. 3 cm-rel nagyobb, mint a többi lap.

Az oldalak tetején barna, néhol sötétszürke tintás számozás van, nem az eredeti kéztől. Ez a számozás hármassal kezdődik (ez az oldal a Butzmann által használt számozás szerinti 1r), és az 5–6–7 oldal hiányzik. A XVII. századi betoldott lap 34 lapról ír. Ez és a tollal írt oldalszámozás is azt mutatja, hogy a portfólióból azóta 5 lap eltűnt. Az oldalak jobb felső sarkában modern, ceruzás számozás van, amit Butzmann is használt (jelen kötet is ezt használja a továbbiakban).

A lapok jelenleg nincsenek összefűzve, de egykor össze lehettek, mert tűszúrás méretű lyukak vannak az összehajtásnál.

Az 1–2 lap egy levélen van, csak szövegeket tartalmaz. 3–10-ig egymásba vannak hajtogatva a levelek, a témák alapján a belső két levél (5–6–7–8 lap) talán utólag került erre a helyre (összes többen emelógépek vannak).

⁸⁸ A kézirat rövid leírását lsd. a Herzog August Bibliothek katalógusában: (Butzmann 1972) 57. p.

⁸⁹ (Butzmann 1972) 57. p.

Az oldalak megoszlása rajzstílus szerint a következő:

- 1r–2v: csak szöveg
- 3r–8r: barnával, helyenként kékkel lavírozott tollrajzok, három kivétellel: 5v: pirossal lavírozott egész oldalas címer, 7r: lavírozás és sraffozás nélküli rajzok (napórák), 7v: piros feliratok és egy piros mondatszalg (életrajzi adatok)
- 8v–29v: egyszínű, helyenként sraffozott rajzok, néhol szövegek.

Tehát a váltás egy lap elő- és hátlapja között történik. Ennek a lapnak a két oldalán a témák is hasonlóak (létrák, amik amúgy az egész portfólióban csak ezen a lapon vannak), így nem valószínű, hogy két kéz műve lenne a két stílus.

A kézirat faksimile-jellegű kiadása nem túl jó minőségű fekete-fehér reprodukciókkal, rövid bemutatással és a szövegek fordítás nélküli átírásaival a Bulletin de la Cathédrale de Strasbourgban jelent meg 1992-ben.⁹⁰ A portfólióról 1995-ben a Strasbourg II egyetemen két mesterszakos diplomamunka készült Roland Recht vezetése alatt. Nagy Krisztina az építészeti rajzokat tárgyalta,⁹¹ míg Pierre Tissot a géprajzokat.⁹² Mindkettő értékes munka, de nincsenek publikálva.

A portfólió jelentősége az alábbiakban rejlik:

- egy kéztől származik,
- szerzője ismert, jelentős személyiség (a főpáholy vezetője volt kétszer is), sok egyéb adat fennmaradt róla, egyéb rajzai is fennmaradtak, fennmaradt építészeti alkotásai is ismertek,
- több rajz (és szöveg) konkrét épülethez köthető,
- a kézenfekvő építészeti tárgyú rajzok mellett inkább a kor haditechnikai kézirataira jellemző rajzok (gépek, létrák, műszerek) is vannak benne, nyilván összefüggésben a szerző szakmájával. Ezek a rajzok ráadásul ún. workshop drawingok, amikből jóval kevesebb maradt fenn, mint prezentációs rajzból, pedig fontosabbak⁹³, mert a számos illusztrált tűzérési kézikönyv (Büchsenmeisterbuch) kivételével a fennmaradt korai, XIV–XV. századi mérnöki rajzok szinte kizárólag prezen-

⁹⁰ (Fuchs 1992)

⁹¹ (Nagy 1995)

⁹² (Tissot 1995)

⁹³ (Lefèvre 2004) 13. p.

tációs céllal készültek.⁹⁴ Szerzőik nem is gépkészítők, 1550-ig a legtöbb ilyen tárgyú rajz nemesi patrónusok számára készült.⁹⁵

- Szöveges része is van, ezzel a nagyon kevés középkori építészeti tárgyú, traktátus-szerű könyv sorába illeszkedik,⁹⁶
- 5 lap híján valószínűleg teljes egészében fennmaradt,
- a végén lévő magyar-német szószedet fontos nyelvemlék.

A portfólió jelentőségét támasztja alá indirekt módon az is, amit Rostás Tibor Villard de Honnecourt-ról írt: „ismerjük a magyarázó feliratokkal kísért rajzgyűjteményének egy részét is, amely csodával határos módon és egyedülként a műfajában ránk maradt”.⁹⁷ A fentiek alapján látható, hogy műfajának nem egyetlen fennmaradt képviselője Villard rajzgyűjteménye, még ha Hans Hammeré későbbi is. Ugyanakkor a kutatás ma elfogadott állása szerint Villard laikus volt,⁹⁸ míg Hans Hammer szakmabeli, ami tovább növeli az utóbbi portfóliójának jelentőségét.

Szintén fontos, hogy több boltozatnál nemcsak a bordaalaprajz, hanem a hozzá tartozó ívek is fel vannak szerkesztve. Werner Müller azt írja, hogy nem ismert olyan későgótikus boltozat, aminek az alaprajzán kívül meglenne az eredeti tervrajza.⁹⁹ Hans Hammer egyik, íveket is tartalmazó boltozattervén¹⁰⁰ a bordakiosztás apró eltérésekkel azonos a strasbourg katedrális kincseskamrájának boltozatával. Ezt az épületrészt Hans Hammer építette,¹⁰¹ így valószínűsíthető, hogy a portfólióban ennek a tervei vannak.

A mester szakmájához kapcsolódó rajzokon kívül egy címer egész oldalas, színes rajza is szerepel a kéziratban (5v). Ez Siebmacher 1605-ös Wappenbuchja alapján a svábföldi Hael de Suntheim címere.¹⁰² Hogy miért szerepel a kéziratban, azt nem lehet tudni, de ez is Hans Hammer svábföldi iskolázottságának az elméletét támasztja alá.

⁹⁴ (Popplow 2004) 20. p.

⁹⁵ (McGee 2004) 55. p.

⁹⁶ Ezekről lsd. (Coenen 1989)

⁹⁷ (Rostás 2010) 127. p.

⁹⁸ (Barnes és Hahn 2009) 218–219. p.; legújabban Jean Wirth újra építészként határozza meg Villard-t (Wirth 2015).

⁹⁹ (Müller 2005) 9. p.

¹⁰⁰ Fol 18v

¹⁰¹ (Schock-Werner 1983) 177–178. p.

¹⁰² (Siebmacher 1605)

Hans Hammer és Magyarország

Maga a szerző ír portfóliójában magyarországi tartózkodásáról: eszerint 1481-ben ért vissza hazánkból Straßburgba.¹⁰³ A portfólió végén lévő magyar-német szöszedet¹⁰⁴ arról tanúskodik, hogy a látogatása hosszabb időt ölelhetett fel. Sajnos semmi biztosat nem lehet tudni arról, hogy hol járt és mit csinált. A Hans Hammerről magyar nyelven először publikáló nyelvészek dél-magyarországi tartózkodást feltételeznek.¹⁰⁵ Entz Géza a mester látogatási ideje alatt épülő alkotásokat veszi sorra a mester lehetséges működési helyeit és megbízóját keresve, a Dunántúlra koncentrálva.¹⁰⁶ Nagyvázsöny (Kinizsi Pál), Veszprém (Vetési Albert püspök), Siklós (Garai Jób).

Nagy Krisztina azt feltételezi, hogy Hans Hammert maga a király hívta Magyarországra, így a korszak királyi építkezéseit veszi sorra mint lehetséges működési helyeket, külön kitérve a kassai Szent Erzsébet-templomra, mint a legvalószínűbb helyszínre, anélkül, hogy konkrétan állást foglalna bármelyik helyszín mellett. Marosi Ernőre hivatkozva leírja, hogy a kassai szentély sváb közvetítésű rajnai stílus, és szintén Marosi Ernő alapján az építési ideje is nagyjából Hans Hammer tartózkodási idejére esik.¹⁰⁷

A külföldi szakirodalomban több helyen felbukkan, hogy Hans Hammer Kassán dolgozott. Johann Joseph Böker több helyen is ír erről¹⁰⁸, állításait azonban semmivel sem támasztja alá. Valószínűleg tőle nem függetlenül Kassára helyezi Hans Hammer magyarországi ténykedését a Bökerhez hasonlóan szintén karlsruhe-i Anne-Christine Brehm is.¹⁰⁹

Ami Nagy Krisztina elméletét illeti, az újabb kutatások korábbra, 1450 előttre datálják a szentélyt,¹¹⁰ így kizárható, hogy Hans Hammer műve lenne. Böker fő állítását pedig, miszerint a kassai fő- és kereszthajó boltzatai Hans Hammer vezetése alatt készültek 1478–81 között,¹¹¹ szintén elég

¹⁰³ Fol 7v: „MCCCCLXXXI jor da kam jch/vs vngern her gon stroszburg vff den/Crist dag.”

Átírás: (Fuchs 1992) 66. p.

¹⁰⁴ Fol 29v

¹⁰⁵ (Mollay 1989) 7. p.

¹⁰⁶ (Entz 1992) 39. p.

¹⁰⁷ (Nagy 1995) 58–59. p.

¹⁰⁸ (H. J. Böker 2009) 205. p., (J. J. Böker 2011) 46. p., (H. J. Böker 2013) 12. p.

¹⁰⁹ (Brehm 2013) 104–105. p.

¹¹⁰ (Juckles 2012) 173. p.

¹¹¹ (H. J. Böker 2009) 205. p.

könnyű cáfolni: bizonyos, hogy ezek az épületrészek 1440-ben már tető alatt voltak.¹¹²

Mindezek ellenére mégsem zárható ki teljesen, hogy Hans Hammer éppen itt volt tevékeny, kiemelve, hogy erre se közvetlen, se közvetett bizonyítékunk nincs. A portfóliójában van ugyan néhány rajz, amihez nagyon hasonló építészeti elemeket megfigyelhetünk Kassán, de ezek közül csak egy rajz olyan, ami felkeltheti az érdeklődésünket: ez egy dupla csigalépcső rajza. Kassán a Szent Erzsébet-templomban az 1420-as vagy 30-as években készült el a dupla csigalépcső.¹¹³ Ebből a típusból Hans Hammer utazásának idejéből egész Európában nem ismerünk másikat.¹¹⁴ A lépcsők szempontjából egyébként a kassai déli torony is érdekes: a falában olyan komplex lépcsőrendszer van elrejtve, aminek a mai napig nem ismerjük a funkcióját.¹¹⁵ Ez a lépcsőrendszer is a kassai templom második építési fázisához tartozik,¹¹⁶ tehát kész volt már Hans Hammer magyarországi látogatásának idején. Portfóliója tanúsága szerint Hans Hammer nagy érdeklődést mutatott a lépcsőrendszerek iránt: az építészeti tárgyú rajzok kb. 30%-a lépcsőket ábrázol.¹¹⁷ Ezek között felirattal szerepelteti¹¹⁸ Peter Parler híres prágai lépcsőjét, ami a Szent Vitus-székesegyház egyik támpillérehez tapadva épült fel.¹¹⁹ Hans Hammer kapcsolódó rajza ugyanennek a lapnak a másik oldalán szerepel (Fol 12r), és a kassai lépcső alaprajzával szinte teljesen megegyező lépcsőt ábrázol, duplázva.

Ezenkívül Hans Hammer portfóliójában több olyan boltozat rajza is szerepel, amihez hasonlót találunk Kassán is, de ez önmagában nem jelent semmit, mert legtöbbjük meglehetősen elterjedt típus (ilyen a szentély hálóboltozata¹²⁰ vagy a négyzeti boltozat),¹²¹ és/vagy Hans Hammernél teljesen

¹¹² (Juckes 2012) 142. p.

¹¹³ (Juckes 2012) 129. p.

¹¹⁴ (Mielke 1993) 174–175. p. Ennek a lépcsőtípusnak a második ismert példája Grazban épült 1499/1500-ban, jóval Hans Hammer utazása után.

¹¹⁵ (Schmiedlová 1996)

¹¹⁶ (Juckes 2012) 153. p.

¹¹⁷ (Nagy 1995) 83. p.

¹¹⁸ Fol 12v: „Dis ist ein Sneck vnd stet zü bro in bemen vnd/ist ein pfiller von einer kirchen.”

Átírás: (Fuchs 1992) 38. p.

¹¹⁹ (Bereczki 2013) 5–7. p.

¹²⁰ Fol 21r/1

¹²¹ Fol 22r/12

más helyzetben vannak, mint Kassán (pl. a déli előcsarnok boltozata mint kerengőboltozat).¹²²

Ezeknél egy kicsivel beszédesebb a Fol 23v-n az egyik boltozat, ami a kassai ferences templom szentélyének egyik, a Szent Erzsébet templom boltozataival valószínűleg egyidős boltozatmezőjével mutat nagy hasonlóságot, mivel ez egy kevésbé elterjedt, de a bécsi tervrajzok között is fellelhető tört csillag (Knickrippenstern) forma.¹²³ Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy Hans Hammernél számos más, bécsi jellegű Knickrippenstern is szerepel, nem csupán ez.¹²⁴ Érdekes egybeesés, hogy a bécsi tervrajzgyűjteményben a 16.895-ös lapon ez a rajzolat a kassai Szent Erzsébet-templom kereszthajója déli szárának boltozat-rajzolatához nagyon hasonló rajzzal szerepel együtt.¹²⁵ Böker ezt a lapot Hans Hammernek tulajdonítja, különösebb magyarázat nélkül.¹²⁶

Mivel ezek az elemek biztos, hogy jóval korábbiak Hans Hammer látogatásánál, kizárható, hogy Kassán ő tervezte/kivitelezte volna őket, és amellett se lehet érvelni, hogy csak Kassán láthatta volna őket, és nem máshol. Ha né-
tán mégis dolgozott Kassán, leginkább a szentségházon képzelhető el a köz-
reműködése, de fontos kiemelni, hogy ez szintiszta spekuláció. A kassai szent-
ségház a magyarországi gótika egyik csúcscsalkotása, de készítője ismeretlen.
1477 körüli keletkezési ideje¹²⁷ kb. egybeesik Hans Hammer látogatásával,
és az alkotás hexagonális szerkesztésével, finoman tagolt kialakításával némi
formai hasonlóságot is felvonultat Hans Hammer strasbourggi szószékével.
Hans Hammer egyébként Strasbourgban egy szentségházat is készített, de ez
sajnos elpusztult, és nem ismerjük, hogy milyen volt.¹²⁸ A kassai szentségházat
a korábbi irodalom Stephan von Kaschaunak tulajdonítja,¹²⁹ de ezt Marosi
Ernő elveti: a bártfai szentségház ugyanis oklevelesen is Stephan mester al-
kotása, és egészen más szerkesztést-formákat vonultat fel, mint a kassai.¹³⁰ Az

¹²² Fol 22v

¹²³ (Juckes 2014) 47. p.

¹²⁴ (Nagy 1995) 93. p.

¹²⁵ (J. J. Böker 2005) 210. p.

¹²⁶ (H. J. Böker 2009) 200. p.

¹²⁷ (Timmermann 2009) 73. p., (Juckes 2012) 187. p.

¹²⁸ (Schock-Werner 1983) 185. p.

¹²⁹ Pl. (Mihalik 1912) 245. p. A magyar nyelvű szakirodalom a mestert Kassai Istvánként ismeri, de pontosabb úgy hivatkozni rá, ahogy a korabeli források is teszik.

¹³⁰ (Marosi 1971) 270–272. p.

újabb külföldi szakirodalom ismét Stephan von Kaschau szerzőségét fogadja el, éppen a bártfai szentségházra hivatkozva: elismerve a különbözőségeket, de kiemelve a hasonlóságokat.¹³¹

Összefoglalva, sajnos semmi biztosat nem lehet tudni arról, hogy miért járt Hans Hammer hazánkban. A mester iskolázottsága nyújthat némi fogódzót. Papp Szilárd az 1480 utáni királyi stílus eredetvidékét Svábföldre, Stuttgart környékére teszi, külön megnevezve a stuttgarti Hospitalkirchét és Aberlin Jörg körét.¹³² Barbara Schock-Werner könyvében elemezte Hans Hammer stílusát, és arra jutott, hogy Hans Hammer Svábföldön tanulhatott, és Aberlin Jörg lehetett a mestere. Ő is megemlíti a Hospitalkirchét ezzel kapcsolatban.¹³³ Ez valóban afelé mutat, hogy maga a király hívhatta a mestert akár közvetítőkön keresztül Magyarországra. Papp Szilárdot idézve: „A szóban forgó stílusirány pontosabban fogalmazva, a mérceként számon tartott terület épületeinek az ismeretanyagával rendelkező szakemberek kiválasztása tehát nyugodtan lehetett a király és környezete tudatos döntése is.”¹³⁴

Ebben a relációban érdemes még megemlíteni a straßburgi szobrász, Nicolaus Gerhaert nevét is. Őt Mátyás király nagy ellenlábasa, III. Frigyes császár alkalmazta 1467-től 1473-ig.¹³⁵ Az ő alkotása a császárnak a bécsi Stephanskirchében ma is látható sírja, a Friedrichsgrab. Szintén Barbara Schock-Werner az, aki szerint Hans Hammer szobrászati alkotásai éppen Nicolaus Gerhaert hatását mutatják.¹³⁶ Nem kizárt, hogy Mátyás a III. Frigyes-sel való versengés egyik eszközeként hívott Hans Hammer személyében egy straßburgi mestert hazánkba.

Hans Hammer és a toronyépítés

A mester portfóliója jelen értekezés témája szempontjából azért különösen értékes, mert több jel utal arra, hogy Hans Hammer meg szeretne volna építeni a straßburgi katedrális déli tornyát.¹³⁷

¹³¹ (Timmermann 2009) 75. p.

¹³² (Papp 2005) 138. p.

¹³³ (Schock-Werner 1983) 195–198. p., Abb. 118.

¹³⁴ (Papp 2007) 102. p.

¹³⁵ (Papp 2005) 125. p. 132. lábjegyzet

¹³⁶ (Schock-Werner 1983) 191–192. p.

¹³⁷ Ezt már Barbara Schock-Werner és Nagy Krisztina is felvetette: (Schock-Werner 1983) 185. p., (Nagy 1995) 127. p.

Ezzel kapcsolatban érdemes leszögezni, hogy a portfólió nem kizárólag prezentációs anyag, ahogy azt a szakirodalom helyenként állítja:¹³⁸ nemcsak fiktív rajzokat, formákat tartalmaz, hanem konkrét épületekhez köthető előzetes skicceket is. Ilyen minden bizonyosan az a három boltozatalaprajz, amelyekhez vezérgörbe (Prinzipalbogen) is tartozik.¹³⁹ Ezek közül a 18v-n lévő a székesegyház írásos forrásokkal is Hans Hammerhez köthető kincsházának a boltozata.¹⁴⁰ Ennek az épületrésznek a mérnműves mellvédje a Hans Hammerre leginkább jellemző mintát mutatja, ami a portfólió 27r lapján is megtalálható. A 19v oldalon lévő boltozat a székesegyház egykori Martinskappelléje (a mai Szent Lőrinc-kápolna) boltozatának a variációja.¹⁴¹ Ez az épületrész is összefüggésbe hozható Hans Hammerrel.¹⁴² A harmadik rajzhoz (Fol 28v) csak nagyon vázlatos vezérgörbe tartozik. Ez a terv a strasbourg Jung Peterskirche Hans Hammerhez köthető Szentháromság-kápolnája¹⁴³ boltozatának egy bonyolultabb variációja.

Ezek fényében feltételezhető, hogy a Fol. 23r rajzai is előzetes skiccek, kivéve az elsőt: ez ugyanis az északi torony oktogonszintjének boltozatát ábrázolja, felírással¹⁴⁴ és konkrét méretekkel. Az oldalon lévő maradék öt rajz ugyanekkora oktogonalaprajzra szerkesztett boltozatokat tartalmaz. Legérdekesebb közülük az ötödik, ami a bécsi Stephanskirche déli tornya második oktogonszintjének boltozatához nagyon hasonló.¹⁴⁵ Ehhez is tartozik felirat, méretekkel.¹⁴⁶

A méretekről szólva a portfólió 27v oldalán van egy fontos lista, ami a strasbourg székesegyház nyugati homlokzatának magassági méreteit tartalmazza párkánytól párkányig és a torony alsó szintjének külső és belső szélességi méreteit.

¹³⁸ Pl. (Papp 2005) 139. p.

¹³⁹ A vezérgörbés boltozatszerkesztésről lsd. pl. (Meckel 1933), (Müller 1990) 152–157. p.

¹⁴⁰ (Schock-Werner 1983) 177–178. p.

¹⁴¹ (Bereczki 2014a) 634. p., 3. kép. Érdekesség, hogy a strasbourg Alt St. Peter-templom Jean Geoffroy Conrath által tervezett neogótikus hajóboltozata teljesen megegyezik Hans Hammer rajzával. Az egyezés valószínűleg nem véletlen, mert ez egy elég különleges alaprajz.

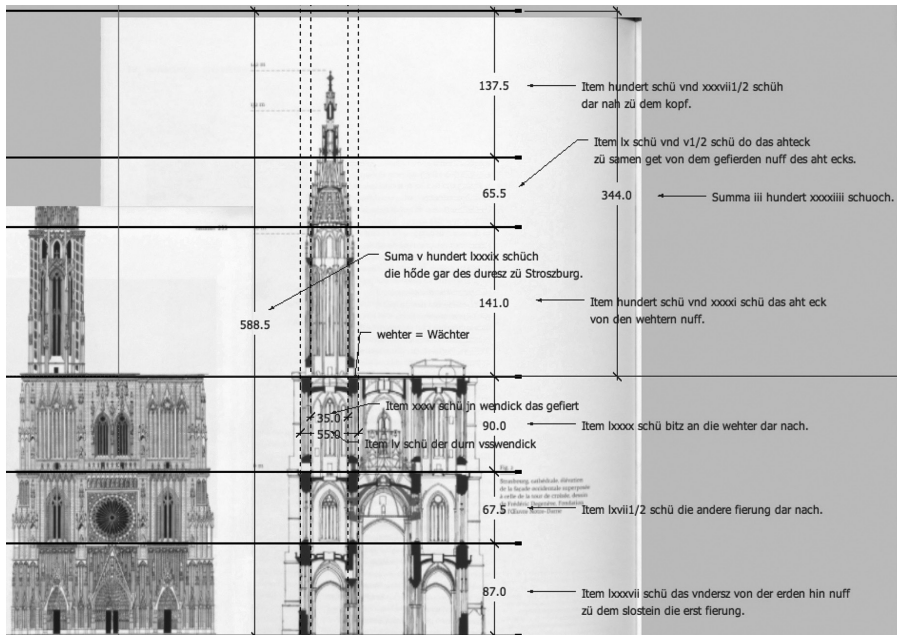
¹⁴² (Schock-Werner 1983) 192–194. p.

¹⁴³ (Schock-Werner 1983) 179. p.

¹⁴⁴ „Dis gewoelbe stoet zü Stroszburg in dem durm von vnszer frowe Münster.” Átírás: (Fuchs 1992) 56. p.

¹⁴⁵ Erről a boltozatról lsd. (Juckes 2014) 51–52. p.

¹⁴⁶ „Item von a bitz an b über ort ist es 77 schüw eins halben zolles onguer.” Átírás: (Fuchs 1992) 56. p.



6. kép – A strasbourg székesszínház homlokzata és metszete a Hans Hammer által közölt méretek felszerkesztésével

Háttérnek használt rajzok:

(Binding 2000) 253. p. (homlokzat), (Lorentz és Borlée 2008) 96. p. (metszet)

A méreteket felszerkesztve látható, hogy meglehetősen pontosak, a legfelső magassági méret kivételével, ami irreálisan nagy, még annak tudatában is, hogy a torony legfelső része Hans Hammer idején másmilyen volt, mint ma (6. kép). Ez az utolsó méret a külön is megadott össz méretet is torzítja. A templom méreteinek ismeretében kiszámítható, hogy a láb, amit Hans Hammer használt, kb. 27 cm-nek felel meg.¹⁴⁷

Van Hans Hammernek két rajza a strasbourg Frauenhausban, amik további érvek mellett, hogy a mester fel szerette volna építeni a déli tornyot: az ún. 7-es rajz¹⁴⁸ egy torony részletes homlokzati rajza, a 12-es¹⁴⁹ pedig ugyanennek a toronynak az alaprajza az oktogonnal, a sisak részletével, a négy lép-

¹⁴⁷ (Bereczki 2014a) 635. p.

¹⁴⁸ Leltári szám: D.22.995.0.16, közlése: (H. J. Böker 2013) 220–223. p.

¹⁴⁹ Leltári szám: D.22.995.0.18.2, közlése: (H. J. Böker 2013) 225. p.

csőtoronnyal. A homlokzati rajzhoz a mester minden bizonnyal felhasználta az úgynevezett 8-as rajzot, amit Hans Hültz készített évtizedekkel korábban az északi toronyhoz, de a rajza nem egyszerű másolat, hanem annak a továbbfejlesztése, modernizálása. Ezekről a rajzokról megoszlik a kutatók véleménye. Barbara Schock-Werner szerint a rajzok a déli torony tervrajzai,¹⁵⁰ míg Sauvé¹⁵¹ és Böker¹⁵² szerint fikcionális rajzok, az északi torony prezentációs célú variációi. Schock-Werner megállapítása lehet a helytálló, és ezek a rajzok az új, déli toronyhoz készültek. Sauvé elsősorban azért kételkedik ebben, mert a terv igencsak hasonlít a meglévő toronyhoz. Mivel az északi torony ekkorra a város jelképévé vált, nincs abban semmi meglepő, hogy Straßburg polgárai és az építőmesterük nem egy gyökeresen különböző másik tornyot akartak építeni. A bécsi példa is alátámasztja ezt: az északi torony (meg nem valósult) XV. század végi terveit ott is meglehetősen hasonlíthatnak az 1433-ban elkészült déli toronyra, de mégsem egészen ugyanolyanok.¹⁵³

Szót kell ejteni a lépcsőrendszerekről is, amik elég nagy részét teszik ki a portfólió építészeti rajzainak. A strasbourg-i északi torony legkülönlegesebb eleme a toronysisak az élein kanyargó lépcsőkkel (*2. kép*). Ez egy olyan építészeti alkotás, aminek ha csak a terve maradt volna fenn, bonyolultsága miatt ma valószínűleg fiktív tervnek tartanánk. Amikor a fiatal Hans Hammer az 1470-es években Straßburgba érkezett, ez az alkotás még viszonylag új volt: 1439-ben készült el.¹⁵⁴ Ez a szerkezet lehet a Hans Hammer portfóliójában lévő bonyolult lépcsőrendszerek fő inspirációja. A rajzok egy részénél a befoglaló építmény ábrázolása is szerepel, ami az esetek nagy részében toronyszerű: például a Fol 12r-en két hexagonális alaprajz van, a 13r-en egy egész bonyolult, hexagonális alapelemekből álló rendszer, a 13v-n összetett poligon, a 14r-en ismét egy hexagon és egy három hexagonból álló rendszer. Bár nem tudjuk, hogy ezek a rajzok mikor keletkeztek, nagy számuk miatt arra lehet belőlük következtetni, hogy Hans Hammert a toronyépítés és a lépcsők már azelőtt is foglalkoztatták, hogy kinevezték volna a Münster mesterévé.

¹⁵⁰ (Schock-Werner 1983) 183. p.

¹⁵¹ (Sauvé 2012) 235. p.

¹⁵² (H. J. Böker 2013) 220. p.

¹⁵³ (J. J. Böker 2005) 268–275. p.

¹⁵⁴ (Bork 2003b) 37. p. Sauvé jóval későbbre, már az 1480-as évekre teszi a befejezést. (Sauvé 2012) 276. p.

Végezetül a toronytervezés mellett szóló egyik legfontosabb érv a gépek nagy számban történő szerepeltetése, mivel a székesegyháznak nincsen olyan, Hans Hammernek tulajdonított része, ami indokolná a használatukat. Nyilvánvaló, hogy nincs szükség különösebb gépesítésre egy szószék, szentségház, kisméretű kincsház vagy kis oldalkápolna építésénél, annál inkább kellene ezek az eszközök egy hatalmas toronyhoz.

Hans Hammer és a torony kapcsolatát összefoglalva, ha egy mai építész megbízást kap egy hasonló munkára, nagyon hasonlóan áll neki ahhoz, amit az előzőekben láttunk: előzetes inspirációkat gyűjt (a portfólió lépcsőrajzai, poligonális alaprajzra készült boltozatai), a meglévő épületrészeket felméri, megrajzolja (a lista a Fol 27v-n, a meglévő boltozat rajza méretekkel a Fol 23r-en), az eredeti terveket átnézi (Hans Hültz 8-as számú rajza), skicceket készít (a boltozatvariációk a 23r-en), majd megrajzolja a részletes tervrajzokat (a két rajz a Frauenhausban); végül meghatározza-összegyűjti a kivitelezéshez szükséges eszközöket (a portfólió géprajzai).

3.1.2.2. A géprajzok

Hans Hammer portfóliójában 9 oldalon összesen 19 gép ábrázolása látható, egy kivételével mindenféle írásos kommentár nélkül. A rajzok a portfólió elején vannak, négy szöveges oldal után. Ezek az oldalak hasonlóak a többi csekély számú fennmaradt korabeli traktátus-jellegű íráshoz (Lorenz Lechler, Des Chores Maß und Gerechtigkeit), de a gépekről egy szót sem ejtenek. A portfólióból a valószínűleg XVI. századi oldalszámozás és a XVII. századi betoldott leírás ami 34 lapról ír, de csak 29 maradt fenn alapján hiányzik a gépeket megelőző 3 lap. Talán itt lehettek a gépekre vonatkozó információk. Ezek nélkül csak magukra a rajzokra hagyatkozhatunk.

A gépábrázolások rajzilag két jól elkülöníthető szériára oszthatók:

- 3r–4r: lavírozott rajzok, több színű tintával
- 9r–10v: egyszínű, lavírozatlan, de sraffozott rajzok.

A különböző stílusú rajzok ha nem is egy oldalon, de többször egy levélen vannak, egymásba hajtogatva:

- 3, 10 lap egy levél
- 4, 9 lap egy levél
- 5, 8 lap egy levél
- 6, 7 lap egy levél.

A két stílus közötti váltás a 8. lapnál van (recto: első, verso: második; mindkettő főleg létraszerűségeket ábrázol). Innentől nincs több lavírozott lap. Előtte a 7r (napórák) kivételével mindegyik az. Rajzilag a legkevésbé a 10r gépei vannak kidolgozva, itt árnyékolás, sraffozás is alig van.

Talán többet megtudhatunk a gépek működés szerinti csoportosításából. Ez alapján két fő típus különíthető el: a bakemelők és a konzolos daruk. Egy harmadik csoportot alkot az a néhány gép, ami nem sorolható be a két fő típusba. A gépekhez kapcsolódó negyedik rajzcsoporthoz pedig a létrák alkotják.¹⁵⁵

Gépek fő részei

A korabeli ábrázolások alapján egy középkori daru az alábbi fő részekből állt (ugyanezek találhatóak meg Hans Hammernél is):

1. meghajtás (egyes típusoknál ezzel kapcsolatban visszagurulás-gátló racsnis is van)
 - csörlő (lendkerékkel v. anélkül), típusai:
 - fogantyús
 - kurbli
 - taposókerék
2. felépítmény
 - bakdaru
 - konzolos daru, részei:
 - keretszerkezet
 - daruoszlop, típusai:
 - fix
 - forgatható
 - darukar, típusai:
 - fix, típusai:
 - egy oldalra kinyúló
 - T
 - állítható szögű, típusai:

¹⁵⁵ Tissot is hasonló felosztást alkalmazott munkájában: les grues, les engins de levage, les échelles et les mécanismes auxiliaires. A második kategórián belül ő még megkülönbözteti az egyszerű bakokat („chèvre”) a portáldaru-szerűen kialakított keretektől („portique”). Ez működésbeli különbséget nem jelent.

- kötéllel + csörlővel
- létrafokokkal

3. kötél és kötélvezető elemek, típusaik:

- egyszerű csigák
- áttételek

4. teherrögzés (fémkampó szinte minden esetben van, ehhez jöhetnek az alábbiak), típusai:¹⁵⁶

- Zange (fémfogó)
- Wolf (tulajdonképpen egy specifikus ékrendszer)
- Palette (vízszintes tálcaszerűség, kötelekkel)
- vödör vagy doboz

Bakemelők

Hans Hammer portfóliójában nyolc bakemelő rajza szerepel.

Ezek a szerkezetek általában fordított V-alakú állványból állnak, és a középkürről lóg le a kötél. A teher vízszintes pozicionálására nincs lehetőség (7. kép).

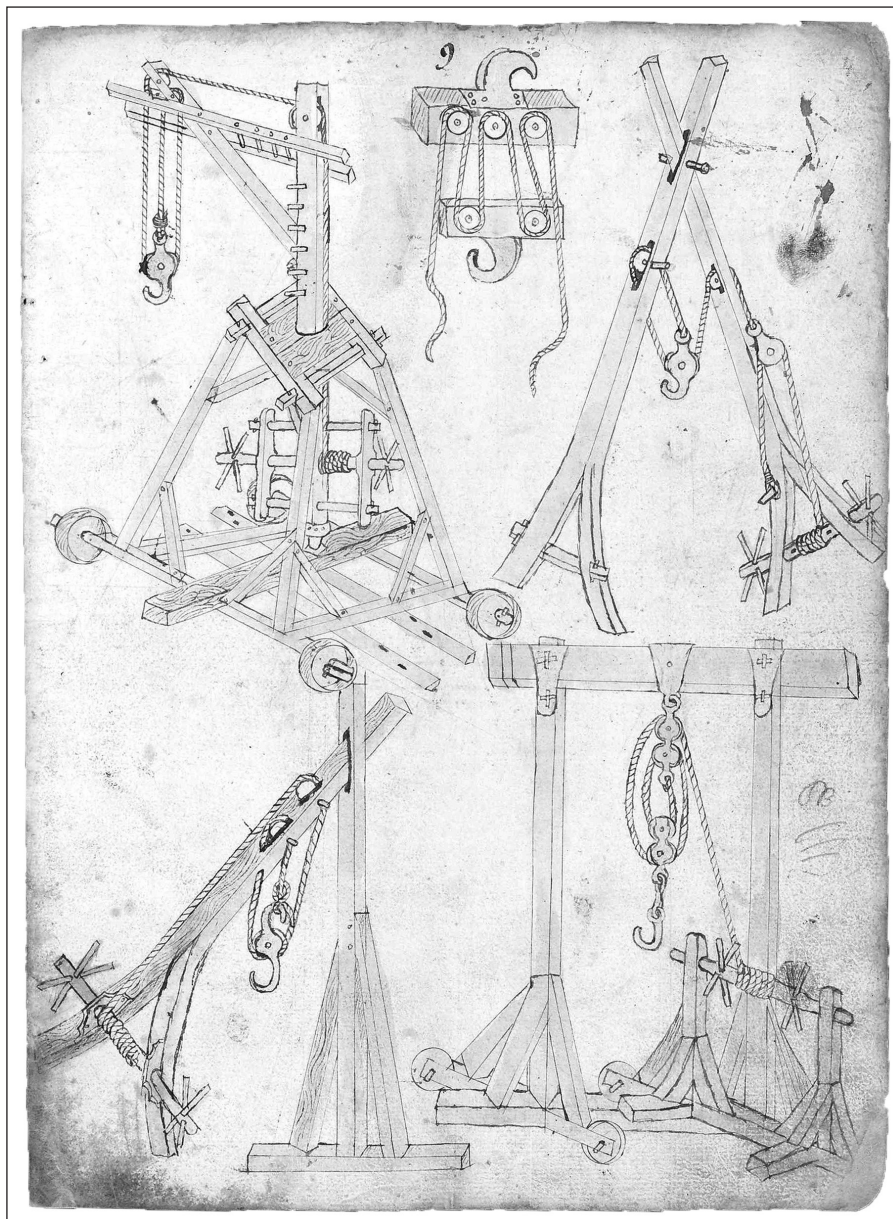
A meghajtásuk minden esetben fogantyús csörlő (maguk a karok nincsenek minden esetben jelölve), vagy egy, vagy kettő. Minden esetben a csörlő tengelyének mindkét oldalán vannak karok, tehát vagy 2, vagy 4 ember kezelte őket.

Mindegyik bakemelő (még a legegyszerűbb is) csigasoros áttétellel rendelkezik. Ez (ahogy a több emberes kezelés is) azt támasztja alá, hogy nehéz terhek emelésére tervezték őket. Három közülük (10r 2, 10r 3, 10v 1) racsnis visszafutásgátlóval is bír (ilyen a konzolos darukon egyáltalán nincs). A 4r 4 rajznál a meghajtás külön áll a darukerettől (7. kép). Ebben az esetben a csörlő a földön vagy egy alacsonyabb szinten lehetett, míg a keret fent a magasban. Hasonló elrendezést több korabeli ábrázoláson is láthatunk.¹⁵⁷

A fennmaradt kortárs haditechnikai rajzok többször ábrázolnak bakdarukat ágyúemelőként. Valószínű, hogy az építkezéseken is használták őket a talajszinten nehéz kövek kocsira rakására vagy onnan való leemelésére, pl. a kőbányából érkező nyers tömbök lerakására. A Spiezer Bilderchronik Hans Hammer gépeihez nagyon hasonló gépet mutat a kváderköveket készítő munkások, a

¹⁵⁶ (Binding és Nussbaum 1978) 78–79. p.

¹⁵⁷ (Binding 2001) 83. p., (Matthies 1992) 517. p.



7. kép – Hans Hammer portfóliójának 4r lapja egy konzolos daruval, csigasoros kampóval és három bakemelővel

Forrás: © Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel
<http://diglib.hab.de/mss/114-1-extrav/start.htm?image=00009>.

Steinhauerek munkahelyén.¹⁵⁸ Straßburgban, de máshol is elképzelhető, hogy valahol a magasban is elhelyeztek egy kőfaragóműhelyt (Straßburgban a nyugati homlokzatot lezáró vízszintes platform, a Wächter ehhez ideális). Ebben az esetben az építkezést jelentősen meggyorsíthatta, ha a nagy tömböket először egy racsnis, áttételes bakemelővel eddig a szintig emelték, itt megmunkálták őket, majd innen a kisebb teherbírású, de a teher vízszintes pozicionálására is alkalmas konzolos darukkal pozicionálták be őket a végső helyükre. Ez esetben a bakemelő egy belső állványzat tetején, a torony tengelyében állhatott, és az alatta lévő boltozatok középső nyílásán át emelheték be vele a nagyméretű köveket (ilyen lyukak Bécsben és Straßburgban is megfigyelhetők). Torony belsőjében futó kötelet több középkori rajz is ábrázol.¹⁵⁹

A kétféle (földi vagy magasban történő) alkalmazásmódra abból is lehet következtetni, hogy a daruk milyen magasra képesek emelni. A 4r 3, 10 v 1 kicsi; a 4r 4, 4r 5, 4v 1, 4v 4, 10r 2 nagy magasságra tud emelni, ahogy erre a kötélvezetésből és a csigák helyzetéből következtetni lehet (7. kép).

További lehetséges felhasználási módjuk a harang beemelése. Erre több példa van középkori forrásokban. Johannes Fromschneider XV. század közepén megjelent, tűzérési tárgyú könyvének 60v oldalán bakemelő látható ágyúemelés közben, de a szöveg mellette harangot is említ,¹⁶⁰ és bakdaruval történő harangemelést láthatunk egy Bécsben őrzött XV. századi kézirat egyik rajzán is.¹⁶¹

Konzolos daruk

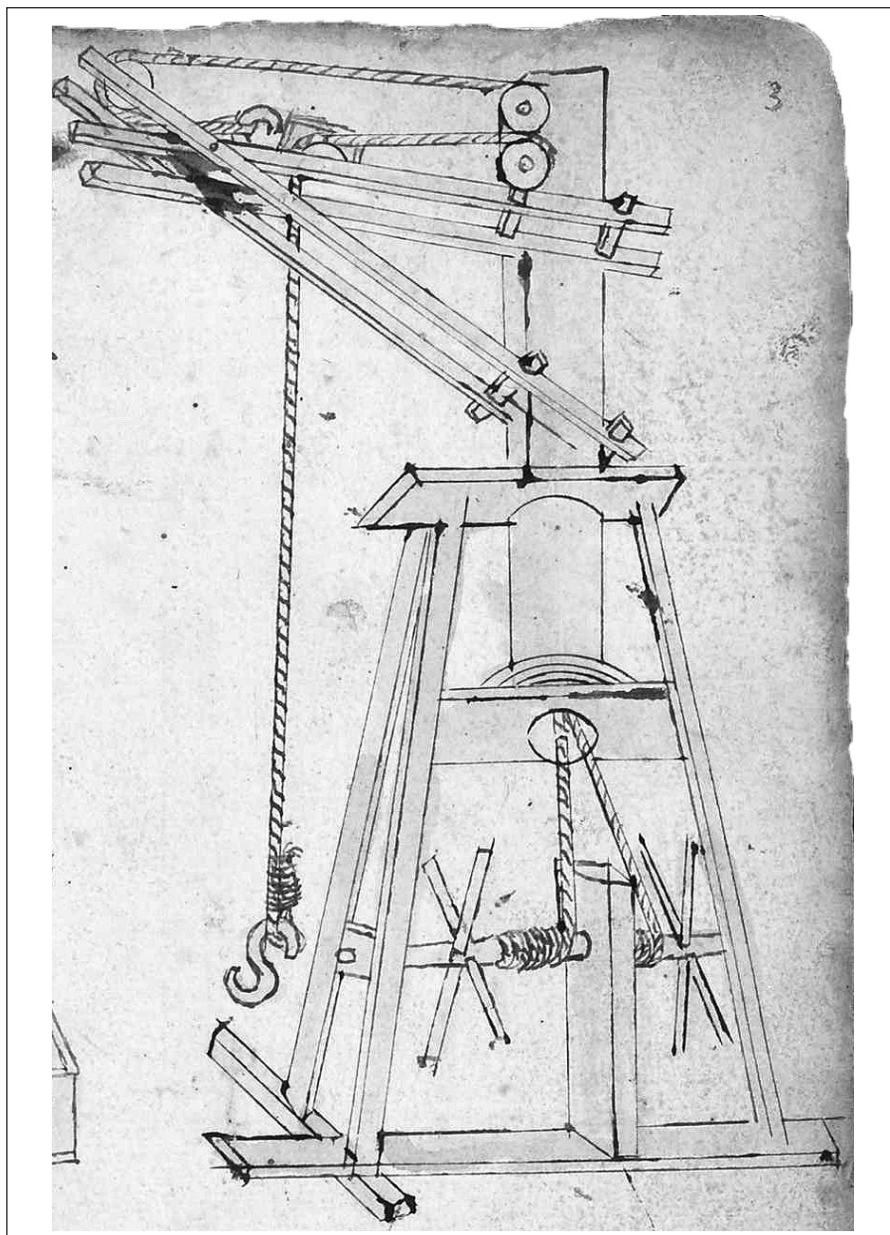
Hans Hammer portfóliójában nyolc konzolos daru rajza szerepel. Felépítésük: ácsolt állványból kiáll egy függőleges daruoszlop, ehhez csatlakozik (ferdén vagy vízszintesen) a darugém. Az állványzat két esetben kerekeken gurul (4r 1, 4r 2). A daruoszlop minden esetben forgatható. Két rajzon a daruoszlop üreges, és a közepében futnak a kötelek (3r 2, 3v). A gém szöge a legtöbb esetben állítható: vagy egy második csörlővel, vagy létraszerűen kialakított segédgémmelel. Mind az állítható szögű gém, mind a forgatható daruoszlop a teher vízszintes pozicionálását szolgálja. Az egyik rajzon (3r 2) kötéllal mozgatható futómacska is van (8. kép).

¹⁵⁸ (Scheidegger 1990) 204. p.

¹⁵⁹ (Binding 2001) 31. p., 44. p., 51. p., 57. p., 87. p., 100. p. (csörlős bakemelő), 147. p. (bakemelő), 187. p., 191. p., 210. p. (bakemelő)

¹⁶⁰ (Leng 2004) 96. p.

¹⁶¹ ÖNB Cod. 3069 Ambras Fol 93r. (Tissot 1995) ill. 58.



8. kép – Forgatható, futómacskás konzolos daru Hans Hammer portfóliójának 3r oldaláról

Forrás: © Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel
<http://diglib.hab.de/mss/114-1-extrav/start.htm?image=00007>.

A meghajtás a konzolos daruk esetében is egy kivétellel karos csörlő. Az egyetlen kivételnél (3r 3) egy pár taposókerék van ábrázolva, kissé torz arányokkal (9. kép). Egy átlagos taposókerék átmérője (a fennmaradt példák alapján) 4,5–5 m volt,¹⁶² ez alapján a szóban forgó daru 30 m magas lenne. Ez azonban nem biztos, hogy rajzi hiba. A korabeli géprajzok nem léptékben készültek, és nem volt céljuk az arányos ábrázolás sem. Fontosabb volt az elvek megmutatása, az elemek egymáshoz való viszonyának, a működés szempontjából fontos részleteknek az ábrázolása.¹⁶³ Formschneider már említett rajza egy emelőgépről például az áttételeket és a csigákat ábrázolja aránytalanul nagyban.¹⁶⁴ Hans Hammer számára is fontosabb lehetett ezen a rajzon a darugém szögének rögzítésére szolgáló, újszerű fogasléces megoldást kiemelni és értelmezhetően ábrázolni, mint a valóságban nagyságrendekkel nagyobb méretű, de már jól ismert taposókerekeket.

A konzolos daruknál a teher vízszintes pozicionálása a (gyakran fémper-selyen) forgatható daruoszloppal és az állítható szögű gémmel megoldott (8. kép). Ezek a daruk biztos, hogy kisebb terhek emelésére szolgáltak, már csak a konzolos darukar kisebb teherbírása miatt is, de erre utal az is, hogy legtöbbjükénél semmilyen áttétel nincs, a csigák (a 9r-en nem kevesebb, mint öt darab) egyszerűen a kötél vezetésére szolgálnak. A könnyebb terhekre utal a racsnik hiánya is.

Valószínű, hogy ezek a daruk az állványhoz rögzítve, nagy magasságban dolgoztak, és a már megmunkált, kisebb méretű köveket emelték velük a helyükre. Tissot a 3v oldalon szereplő darunál feltételezi, hogy állványhoz rögzítve használták, abból, hogy a meghajtás módja nincs jelölve:¹⁶⁵ a kötelek egyszerűen lefelé lógnak a daru aljáról. Az úgynevezett német iskolában egyébként ritka függőleges tengelyű csörlő többszöri előfordulása is állványon való használatra utal Tissot szerint.¹⁶⁶ Egy korabeli ábrázolás is alátámasztja a feltételezést, hogy a középkorban használatosak voltak állványhoz rögzített gépek tornyok építésénél.¹⁶⁷

¹⁶² (Matthies 1992) 524. p.

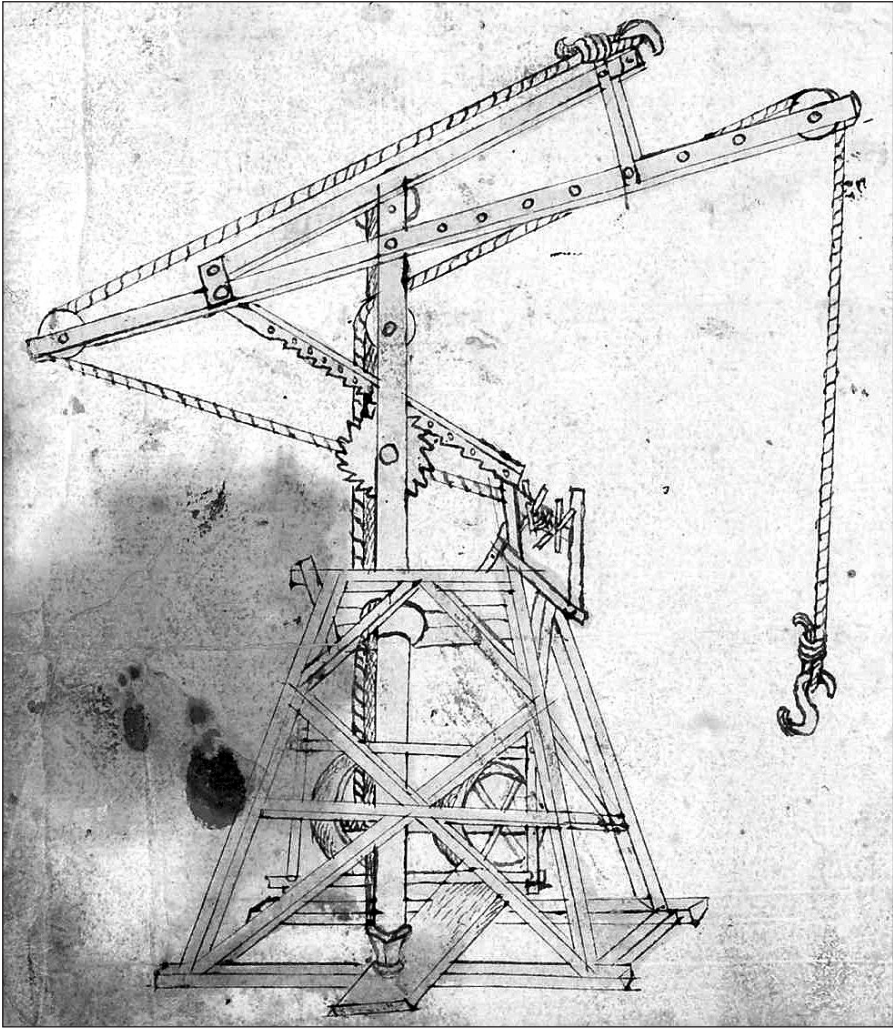
¹⁶³ (McGee 2004) 59. p., (Leng 2004) 98. p.

¹⁶⁴ 61v, (Leng 2004) 98. p.

¹⁶⁵ (Tissot 1995) 62. p.

¹⁶⁶ (Tissot 1995) 70. p.

¹⁶⁷ ÖNB Cod. 2549, fol. 164. (Binding 2001) 620. katalógustétel.



9. kép – Táposókerékkel egybeépített daru Hans Hammer portfóliójának 3r oldaláról

Forrás: © Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel
<http://diglib.hab.de/mss/114-1-extrav/start.htm?image=00007>.

Hans Hammer konzolos darujainak egyik különleges példánya egy dupladaru, két oszloppal és gémmel (3v). Talán fiktív szerkezet, mert az egyik oszlop helyzete-rögzítése nem teljesen egyértelmű.

Egyéb gépek

A fenti két fő csoportba tartozó darukhoz hasonlóakat más korabeli ábrázolásokról is ismerünk. Ezeken kívül még három további gépezet rajza szerepel Hans Hammernél, ezek közül az első kettő teljesen egyedinek tűnik.

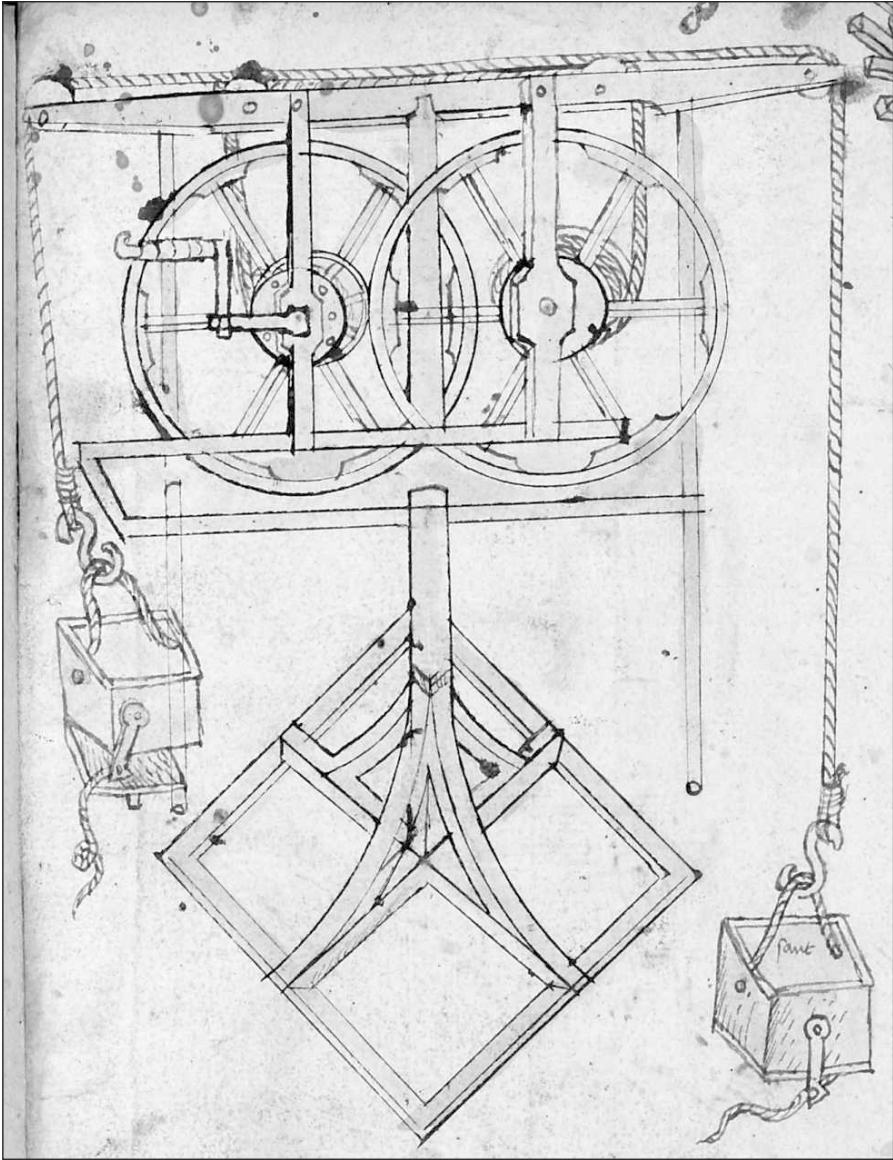
Az első (3r 1) egy kurbliis-lendkerekes szerkezet, lassító áttétellel, ellensúlylyal, ívelt lábakkal (*10. kép*). Mind a kurbli, mind az íves láb déli kapcsolatokra utal: az Alpoktól északra keletkezett ábrázolásokon ezek alig tűnnek fel, míg Itáliában általánosak.¹⁶⁸ A kurblival meghajtott kerék egy nála jóval nagyobb kereket hajt, aminek a tengelyére a teher kötele van csévélve. Ugyanakkor a kurbli tengelyén is fut egy kötéll, aminek a végén egy nyitható aljú, „homok” feliratú ládat mutat a rajz. Ez minden bizonnyal ellensúlyként működött.¹⁶⁹ Hasonló, egyértelműen ellensúlyként használt homokosláda látható egy 1450 körüli rajzon (*Tractatus Pauli Sanctini*).¹⁷⁰ Az áttétel miatt ezzel a géppel az ellensúlynál kb. háromszor nehezebb terhet lehet emelni különösebb erőfeszítés nélkül. A kötéilveretés ábrázolása viszont hibás. Nyilvánvaló, hogy a gép akkor működőképes, ha alteráló mozgást használ: amikor az egyik kötéll emelkedik, a másik süllyed. A rajzon azonban nem így van jelölve a kötéll, amit az ábrázolás hibájának lehet tulajdonítani. Ilyen ábrázolási hiba a kéziratban több helyen is előfordul, de ezeket a megépítés során a hozzáértők korrigálni tudták.

Ennek a gépnek további különlegessége a dupla lendkerék, ami az ismert kortárs géprajzokon egyáltalán nem tűnik fel. Az ehhez leginkább hasonló szerkezet korabeli ábrázoláson egy kínzóeszköz képe szintén kurblikkal a tirolai Neustift templomának egyik, 1480-as években készült oltárfestményén.

¹⁶⁸ (Matthies 1992) 519. p. Érdekes, hogy Ackerman ((Ackerman 2000) 46–48. p.) mennyire félreérti ezt a lapot: szerinte az a jelentősége, hogy itt egy oldalon látható az átmenet a Villard-féle „primitív” ábrázolásmódról (erre példa szerinte a 3r 1 rajz) a modernebb, itáliai ábrázolásmódra (erre példa a többi rajz). Arról, hogy ez mennyire félrevezető leegyszerűsítés lsd. jelen kötet *Hans Hammer géprajzai a XV. századi gépábrázolások kontextusában* alfejezetét.

¹⁶⁹ Tissot szerint a homok nem ellensúly, hanem maga a teher. (Tissot 1995) 37. p.

¹⁷⁰ (Binding 2001) 143. p.



10. kép – Lendkerekes, ellensúllyal ellátott daru
Hans Hammer portfóliójának 3r oldaláról

Forrás: © Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel
<http://diglib.hab.de/mss/114-1-extrav/start.htm?image=00007>.

A másik egyedi gép (4v 2) egy függőleges hengerhez rögzített keret és fémkurbli, csigasorral (Flaschenzug). Ez egy már meglévő épületszerkezethez (falhoz, pillérhez) rögzíthető, egyszemélyes kismelő lehet. Tissot feltételezése szerint a henger üreges lehet, így bármilyen meglévő függőleges rúdra (pl. daruoszlopra, állványelemre) rá lehet húzni a szerkezetet, ilyen módon egy építkezésen több helyen is hasznos lehetett, több példányban.¹⁷¹ Érdemes megfigyelni a leszerelhető fémfogantyút, aminek eltávolításával megakadályozható, hogy illetéktelenek kezeljék a gépet.

A harmadik egyedi gép (5r) nem emelőszerkezet, hanem szélmeghajtású csirkésütő. Miközben a többi gépnél semmilyen felirat nem található, itt a mester viszonylag bőbeszédűen kommentálja a rajzot: közli például a szélkerék tengelyének hosszát (4 láb) és a fogaskerek méretét és fogszámát (a felső 1 láb széles 43 foggal, az alsó 1/2 láb 17 foggal). Marcus Popplow megemlíti, hogy hasonlóan az utazó építésekhez, az utazó mérnökök is a rajz eszközt használták egy-egy látott gép rögzítéséhez. Ezekhez a skiccekhez magyarázatok is tartoznak méretekkel, áttételekkel, kommentárokkal.¹⁷² Lehet, hogy Hans Hammer csirkésütője is egy útközben látott gép rögzítése. Ezen a rajzon technikatörténeti szempontból nagyon fontos a fém fogaskerek ábrázolása. A középkorban mindig fa fogaskereket használtak, ennek például az is a haszna volt, hogy egy kitört fog miatt nem kellett az egész fogaskeretet kidobni.¹⁷³ Hans Hammer egy fém homlokfogaskeretet és egy fém koronafogaskeretet ábrázol, mindkettő csapkoszorús kerékhez kapcsolódik.¹⁷⁴ A csapkoszorús kerék a fa fogaskerékművek pontatlanságát küszöbölte ki, a csapok közötti rések elég jól tűrték a kapcsolódó fogaskerek méretpontatlanságát. A későbbi évszázadokban, a pontosabb fémfogaskerékművek elterjedésével inkább már csak olyan helyeken használták, ahol a tisztaságot kevésbé lehetett biztosítani (pl. toronyórák).¹⁷⁵ A koronafogaskerék szintén jellegzetes faszerkezet, a pálcás fogaskerék leszármazottja. Ezen az első pillantásra inkább gegnek tűnő rajzon így a fa fogaskerékművektől a fém fogaskerékművek használatára történő átmenet figyelhető meg. Ha igaz a feltételezés, hogy ez

¹⁷¹ (Tissot 1995) 147. p.

¹⁷² (Popplow 2004) 38. p.

¹⁷³ (Hall 1979) 97. p.

¹⁷⁴ A szerkezetek anyagára a színiükből következtethetünk.

¹⁷⁵ (Hall 1979) 97. p., (Kammerer 1912) 246. p.

a rajz egy útközben megfigyelt gép rajza, akkor valószínűleg ezért kelthette fel Hans Hammer figyelmét.

Tissot számos hasonló csirkesütőszerkezet ábrázolását idézi, de ezek későbbiek.¹⁷⁶ Ezeken a rajzokon a szerkezet a tűzhely kéményével van egybeépítve, így a felszálló füst hajtja meg. A Hans Hammer rajzán ábrázolt vitorlák a helyzetükből adódóan erre nem alkalmasak.

Létrák

A gépek rajzaival egy blokkban szerepel a különböző elmés kampós létrák ábrázolása. A merev létrák mellett van közöttük kötélletra és szíjakkal összeállított létra is. Több közülük csigasorral kombinált, és nagy részük moduláris. Hasonló létrák szerepelnek a korabeli fennmaradt hadtechnikai tárgyú rajzok között, ostromeszközként.¹⁷⁷ Ezekkel a létrarajzokkal kapcsolatban érdemes kitérni Hans Hammer és a hadászat kapcsolatára. Ő maga említi vázlatkönyvében, hogy 1476-ban Straßburg melletti kolostorok lebontását végezte.¹⁷⁸ Ez a burgundiai háború hadműveleteivel lehetett kapcsolatban, és valószínűleg stratégiai célokat szolgált.¹⁷⁹ Ugyanezen az oldalon említi egy másik hadieseményt, a svájci Grandson 1476-os ostromát,¹⁸⁰ hogy milyen összefüggésben, az nem derül ki.¹⁸¹ Hadtechnikára utalnak továbbá a 6v oldalon ábrázolt műszerek és felirataik is (bussen = Büchsen). Más írott forrásunk Hans Hammer és a hadászat kapcsolatáról nincsen, igaz, hogy az életrajzában van egy tíz éves szakasz (1492–1502-ig), amiről nem áll rendelkezésünkre adat.¹⁸²

Mindezekkel együtt az a valószínűbb, hogy Hans Hammer nem dolgozott hadmérnökként. Erre utal az ostromgépeknek a létrákat kivéve teljes hiánya is a portfólióban, pedig a korabeli hadászati traktátusoknak értelemszerűen ez volt a fő témája.¹⁸³ A XV. század végére mind az építőmesterség, mind a hadmérnökség magas képzettséget igénylő szakmává vált, nem valószínű, hogy valaki mindkettőben magas szinten tevékenykedett volna. Ugyanakkor

¹⁷⁶ (Tissot 1995) 151. p.

¹⁷⁷ A létrák történetéről lsd. (Hornung 1969)

¹⁷⁸ Fol 7v

¹⁷⁹ (Brehm 2013) 105. p.

¹⁸⁰ (Entz 1992) 35. p.

¹⁸¹ Vö. (Hall 1979) 32. p.: egy ostrom említése még nem bizonyítja, hogy az említő részt is vett benne.

¹⁸² (Sauvé 2012) 327–328. p.

¹⁸³ (Hall 1979) 54. p.

a két szakma még ha furcsának is tűnik az építés és a rombolás között párhuzamot húzni sok hasonlósággal bírt. A legfontosabb, hogy mindkettő korának hi-tech-szférájához tartozott, és a használt gépek is hasonlóak voltak. A vándorló építőmesterek (és legények) és a vándorló fegyverkészítő-mesterek (Büchsenmeister) életmódja is hasonló volt. Ahogy az építőmesterek a nagy építkezések helyszínein, a nagy Bauhüttékben találkoztak és cseréltek eszmét, úgy a fegyverkészítők ugyanezt a nagy fegyveres konfliktusok helyszínén tették.¹⁸⁴ Valószínű, hogy Hans Hammer ismerte az ekkor már nagy számban cirkuláló haditechnikai kéziratokat, és a számára építésként használhatónak ítélt dolgokat másolta ki belőlük. A műszereknél szereplő viszonylag bőbeszédű feliratok is arra utalnak, hogy ezek saját magának készült jegyzetek lehettek egy számára kevésbé ismert szakterület eszközeiről (az épületelemek rajzainál nagyon kevés felirat van, ahogy a gépek közül is egyedül a csirkesütőnél van valamennyi).¹⁸⁵ A 6r oldal műszerei nemcsak tüzéségi használatához, hanem épületek, épületelemek szintezéséhez, földméréshez is alkalmasak. A kéziratba betoldott XVII. századi lap első oldalán lévő leírás is erről árulkodik.¹⁸⁶

A fentiek alapján valószínűsíthető, hogy Hans Hammer létrái nem ostromlétrák voltak, hanem a székesegyház állványain, illetve általában az épületen való közlekedést szolgálhatták. Építőmesterként valószínűleg a feladatai közé tartozott az épület állapotának folyamatos felülvizsgálata. A forrásokból tudjuk például, hogy feladata volt a déli torony csúcsán lévő angyal helyreállítása.¹⁸⁷ Lehetséges, hogy a nehezen megközelíthető helyekre ezekkel a létrákkal jutott fel vagy ő, vagy a legényei.

Hans Hammer géprajzai a XV. századi gépábrázolások kontextusában

Az első fennmaradt műszaki jellegű rajzok építészeti rajzok a XIII. századból. Az első gépábrázolások haditechnikai tárgyú kéziratokban maradtak

¹⁸⁴ (Leng 2004) 89. p.

¹⁸⁵ A rajzok melletti feliratok kapcsán hasonló következtetésekre jutott Tissot is: (Tissot 1995) 30. p.

¹⁸⁶ „Item vnterschitliche bley-vnnd wasserwaagen die seülegesimbs vnnd fenster bey den gebewen waagrecht darmit zu stellen.”

¹⁸⁷ (Sauvé 2012) 276. p.

fenn, a legrégebbi közülük Guido da Vigevano könyve,¹⁸⁸ de robbanásszerű elterjedésük a XV. századra tehető.¹⁸⁹ Taccola (cca. 1430/1440)¹⁹⁰ és Giorgio Martini¹⁹¹ (cca. 1470/1480) rajzai a fennmaradt legkorábbi ábrázolások civil használatú gépekről: ezek malmokat, darukat, emelőgépeket, hajózás eszközeit, szivattyúkat ábrázolnak.¹⁹² Hans Hammer géprajzai beleillenek ebbe a folyamatba, jelentőségüket pedig növeli, hogy civil használatú gépeket ábrázolnak, és az előző kettővel szemben az Alpoktól északra keletkeztek. Az itáliai és a német technikai irodalom külön utakat járt a XV. században. Az itáliaiak a haditechnika mellett a civil technikával is foglalkoztak, ennek a hagyománynak az elindítója Brunelleschi lehetett. Az alábbi szerzők bizonyítottan ismerték az elődjük művét és merítették belőle, ebben a sorrendben: Brunelleschi Taccola Giorgio Martini Leonardo. Ezt az „amatőr” jelleget (az építészet és a haditechnika kombinálását) sokáig megőrizték az itáliai kéziratok. Egy fontos kivétel ez alól Roberto Valturio.¹⁹³

A műszaki rajzok széleskörű elterjedésével kapcsolatban Wolfgang Lefèvre öt fontos aspektust említ¹⁹⁴, amik közül három alkalmazható Hans Hammerre. Az első szerint a műszaki rajzok olyan körülmények között alakultak ki, ahol a hagyományos műhelyek mellérendelt, „lapos” struktúráját a kooperáció, a felelősség és az utasítások komplex rendszere váltotta fel. Először a katedrálisépítések voltak ilyenek, majd mindenekelőtt a hajóépítés és a bányászat. Ezeken a helyeken a vezető építőmester vagy mérnök alá egy csoport különböző szakág tartozott saját vezetővel és csapattal.¹⁹⁵ Az együttműködésnek ez a bonyolult rendszere új kommunikációs eszközöket kívánt, ezek közül az egyik a műszaki rajz. A második szerint a rajzok kapcsolatban vannak a tudás terjedésének új formáival is. A technika XV. századi fejlődése mellett létrejött új termelési ágak számára már elégtelenek voltak a középkori kézművesek lassú és fejletlen kommunikációs eszközei. Ezzel összefüggésben

¹⁸⁸ Bibliothèque Nationale de France Ms Latin 11015.

¹⁸⁹ (Lefèvre 2004) 2. p.

¹⁹⁰ De ingenis, De machinis (Prager és Scaglia 1971)

¹⁹¹ Trattati di architettura ingegneria. Beinecke Rare Book & Manuscript Library, MS 491.

¹⁹² (Poppow 2004) 21. p. Giorgio Martini rajzai a Fővárosi Szabó Ervin Könyvtárban őrzött Zichy-kódexben is fellelhetők. (Kolb 1988)

¹⁹³ (Hall 1979) 18–19. p.

¹⁹⁴ (Lefèvre 2004) 3–4. p.

¹⁹⁵ Egy XV. századi magyarországi építkezés kapcsán leírásukat lásd (Szűcs 1958) 323–324. p.

a harmadik aspektus, hogy a tanulás új formáival is kapcsolatban állnak a rajzok: a fejlett technológiák átadásához már nem volt elég a korábbi, vándorlással összekötött személyes tapasztalatszerzésen alapuló tanulás.

Popplow a késő középkori kora újkori géprajzokat a keletkezésük körülményei alapján az alábbi csoportokba sorolja:¹⁹⁶

1. eszközök bemutatása a szélesebb nyilvánosság számára,
2. gépek, mechanikus eszközök készítéséhez használt géprajzok,
3. mérnökök magánarchívumából származó géprajzok,
4. gépekhez kapcsolódó elméleti kérdéseket, szempontokat tárgyaló rajzok.

Hans Hammer géprajzaira ezek közül az első és a negyedik biztos, hogy nem igaz, annál inkább a második és a harmadik. A portfólió egészét szemügyre véve biztos, hogy magánjellegű kézirat, nem prezentációs céllal készült. Ezt támasztja alá az is, hogy a gépek önmagukban, az alkalmazásuk körülményeinek ábrázolása nélkül állnak, míg a prezentációs könyvekben az értelmezés elősegítése miatt jelenetekbe foglalva vannak ábrázolva a gépek.¹⁹⁷ Még talán az oktatási szándék érhető tetten rajta leginkább, de az is inkább csak a bevezető szöveges részen. A géprajzok melletti kommentárok szinte teljes hiánya (egy kivétel a már említett csirkesütő) is belső használatra utal. A portfólió többi, nem géprajzokat tartalmazó lapja Hans Hammer szakmájával egyértelműen összefüggésbe hozható, így nincs okunk kételkedni abban, hogy a több oldalt kitevő, gondosan elkészített géprajzok is az építómesteri tevékenységével kapcsolatosak. Így a második kategóriába is beleillenek. Ezt alátámasztja az is, hogy bár a hadmérnöki szakma már a XV. században önállóvá vált, a gépépítő (machine builder), az építés és az erőtervező hadmérnök (fortification engineer) csak a XVI. században lett teljesen külön szakma.¹⁹⁸

Rajzi megoldásait tekintve Hans Hammer gépábrázolásai teljesen beleillenek a kor ilyen tárgyú rajzainak konvencióiba. Ahogy David McGee leírja, nagyjából 1450-től 1750-ig a gépábrázolások ugyanazt grafikai sémát

¹⁹⁶ (Popplow 2004) 20–48. p.

¹⁹⁷ (Leng 2004) 91. p.

¹⁹⁸ (Popplow 2004) 20. p. Ugyanezen okokból a Popplow a géprajzok kutatásához fontosnak tartja a korabeli építésrajzok vizsgálatát is. Hans Hammer egy építész géprajzai ebből az aspektusból is kimondottan fontosak.

kövezték. Miközben a kézművesek részleteket ábrázoltak (ha egyáltalán ábrázoltak valamit), az építészek pedig alaprajzokat és homlokzatokat, addig a gépábrázolások beragadtak egy olyan tradícióba, ami egyetlen rajzon próbálja bemutatni a gépet (ez igaz a skiccekre és a kidolgozott prezentációs rajzokra is).¹⁹⁹ Ennek az ábrázolásmódnak a fő jellemzői McGee²⁰⁰ és Rainer Leng²⁰¹ alapján:

1. A rajzoknak nincs konkrét léptékük, a gépek valószínűleg a gyártáskor nyerték el a méretüket. A rajzok értelmezésénél fontos figyelembe venni a konstruálásuk kontextusát.
2. Egy géphez csak egy rajz tartozik. Nincsenek különböző nézetek ugyanarról a gépről.
3. A korábbi, egy rajzon több nézőpontot kombináló ábrázolásmód helyett egyetlen, általában elemelt nézőpont, de a perspektíva torzul, ha egy-egy részlet értelmezhetősége ezt kívánja.²⁰²

Érdekes megfigyelni, hogy az épületelemek rajzainál Hans Hammer nem ezt a konvenciót követi. Ez már Villardnál is megfigyelhető, nála is más módon vannak a gépek és az épületelemek ábrázolva. Ennek az oka az lehet, hogy az épületelemeket pontosan kellett kivitelezni, míg a gépeket nem, ott a működés elve a fontos, hiszen a gépeket adaptálni kell a felhasználásuk konkrét helyéhez, ami a méreteik megváltoztatásával jár.²⁰³

A nagy prezentációs könyvek mellett a XV. századi géprajzok szinte kizárólag fegyverkészítő mesterek kézírataiban maradtak ránk, így egy pillantást ezekre is kell vetnünk, annál is inkább, mert Hans Hammer könyve és géprajzai ez utóbbiakkal mutatnak hasonlóságot.

Nagyjából ötven haditechnikával foglalkozó rajzos kézirat maradt fenn a XV. századból és a XVI. század elejéről, amiket névtelen mesteremberek írtak. Ezeket hívja a szakirodalom Büchsenmeisterbuchnak. Mindegyik dél-német területekről származik. Ezek a korábbi, gépeket is tartalmazó kéz-

¹⁹⁹ (McGee 2004) 53. p.

²⁰⁰ (McGee 2004)

²⁰¹ (Leng 2004) 98. p.

²⁰² Ez az ábrázolásmód valószínűleg Taccola találmánya, bár már Konrad Kyeser XV. század legelején keletkezett Bellifortisának katapultja is hasonló. Valószínűleg az ábrázolásmód miatt mutattak a későbbiek (Giorgio Martini, Leonardo) nagy érdeklődést Taccola művei iránt, nem is a konkrét gépek miatt. (McGee 2004) 82. p.

²⁰³ (McGee 2004) 58. p.

iratoktól (Villard, Vigevano) teljesen függetlenül keletkeztek. Az egyetlen mű, amiből valószínűleg merítettek, Konrad Kyesser Bellifortisa a XV. század legelejéről.²⁰⁴

A nagy prezentációs művektől (Taccola, Bellifortis) több tekintetben különböznek. Belső használatra készültek (saját maguknak és kollégáiknak), nem pedig a patrónus számára. Elsősorban emlékeztető, másodsorban az információ átadását szolgálják utazóknak, inasoknak, kollégáknak. Először találkozunk azzal, hogy rajzok és szövegek szakemberek eszmecseréjét szolgálják.²⁰⁵ Szerzőik többnyire vagy ismeretlenek, vagy alig tudunk róluk valamit, ez kutatásukat is megnehezíti, ahogy az is, hogy nincsenek publikálva.

A XV–XVI. század fordulója már az enciklopédista-jellegű irodalom kezdeteit jelzi, rengeteg kézirattal.²⁰⁶ Ezek közül a három legfontosabb:²⁰⁷

- ‘Rüst- und Feuerwerksbuch’ der Stadt Frankfurt²⁰⁸
- ‘Kriegsbuch’ des Ludwig von Eyb d. J.²⁰⁹
- Weimarer ‘Ingenieurkunst- und Wunderbuch’²¹⁰

A fent tárgyalt kéziratok közül a weimari kézirat mutatja a legtöbb hasonlóságot Hans Hammer géprajzaival, mind rajzstílusát, mind a konkrét gépeket tekintve. Erről a könyvről alig tudunk valamit. Talán 1496 után keletkezett, de mind a szerző, mind a megbízó, mind a származási hely ismeretlen. A hatszázon felüli rajz nagy része átfedéseket mutat Eyb művével.²¹¹ Ebből valószínűsíthető a felső-pfalzi eredet. Itt is, ahogy Eybnél, a minél több dolog összegyűjtésének szándéka figyelhető meg. A forráshelyek ugyanazok lehetnek, mint Eybnél: pfalzi és oberpfalzi könyvtárak.²¹² Jelen téma szempontjából van egy jelentős különbség: a weimari kéziratban több olyan rajz található, ami egyértelműen kapcsolatba hozható Hans Hammer könyvével. Ezek a rajzok Eyb művéből hiányoznak, és a weimari kézirat egymáshoz közeli lapjain helyezkednek el: 164v, 165r, 166r, 166v; és hátrébb

²⁰⁴ (Leng 2004) 87–88. p.

²⁰⁵ (Leng 2004) 90. p.

²⁰⁶ (Hall 1979) 23. p.

²⁰⁷ (Leng 2002) I. 266–277. p.

²⁰⁸ Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt am Main, Ms. germ. qu. 14

²⁰⁹ Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg, Ms. B. 26

²¹⁰ Weimar, Anna Amalia Bibliothek, Fol. 328

²¹¹ (Leng 2002) I. 274. p.

²¹² (Leng 2002) I. 277. p.

279v, 280r. Az utóbbi kettő a kódex nagy részétől eltérően kevésbé kidolgozott, kissé kezdetleges technikájú rajz, viszont nagyon valószínű, hogy Hans Hammer 4. lapja (r és v) alapján készült (7. kép). Az első egyező csoport Hans Hammer 4r-oldalán lévő négy gép, amikhez hasonlóak a weimari kéziratban a 164v, 165r, 166r, 166v lapokon vannak. Első pillantásra a weimari rajzok jobban ki vannak dolgozva, ugyanakkor a 165r-en lévő ábrázolás a csörlőt a bakhoz rögzítve ábrázolja, pedig ennek a gépnek Hans Hammernél pont az a jelentősége, hogy a két elem külön áll. Hasonló furcsaság, hogy a weimari 280r oldalon a kötél az alsó csiga nem megfelelő oldalán van futtatva. Hans Hammer hasonló rajzán (9v) jó helyen van. A daruoszlopot tartó keretnek az ábrázolása mindkét helyen zavaros ugyan, de Hans Hammernél jóval részletesebb. Ezek a rajzok (279v, 280r) sokkal kevésbé kidolgozottak, mint az előző csoport (164v, 165r, 166r, 166v). Mindezekből arra lehet következtetni, hogy a rajzok egy részének jobb kidolgozottsága ellenére nem Hans Hammer másolt a weimari kéziratból, hanem fordítva. Ezt támasztja alá a két kézirat becslést keletkezési ideje is: Hans Hammeré valószínűleg korábbi, mint a weimari. A weimari rajzok minőségbeli különbségének az lehet a magyarázata, hogy több kéztől származnak, ahogy azt már Konrad Kratzsch is megfigyelte.²¹³

Leng szerint a weimari kézirat vonatkozó részei korábbi, nem azonosítható forrásból származnak.²¹⁴ A nem azonosítható forrás itt Hans Hammer lehetett. A részletekbe menő egyezés azt mutatja, hogy nem egy közös előképről, hanem közvetlen kapcsolatról van szó. Feltűnő az is, hogy az egyezést mutató rajzok Hans Hammernél és a weimari kéziratban is egymás közelében helyezkednek el (a weimari kézirat több száz oldalas, így ez nem lehet véletlen).

A weimari kézirat a teljességre törekedett: majdnem egy az egyben átvette több korábbi, jelentős rajzgyűjtemény anyagát (Hohenwang, Bessnitzer, Philipp Mönch). A szerző valószínűleg közvetlenül a heidelbergi cpg 126 kéziratot használta.²¹⁵ És ezek szerint Hans Hammer könyvét is, még a mester életében.

A weimari kézirathoz való hasonlóságot már Tissot is felfedezte bizonyos rajzok esetében, a fenti következtetések levonása nélkül. A 3r 1 rajz különle-

²¹³ (Kratzsch 1981) 56. p.

²¹⁴ (Leng 2002) II. 294–295. p.

²¹⁵ (Leng 2002) I. 275. p.

ges lábát épp a weimari 166v 2 lábához hasonlítja²¹⁶, ahogy ugyanennek a gépnek az üreges oszlopát Hans Hammer 3r 2 rajzához.²¹⁷

Hans Hammer géprajzai: összefoglalás

Összességében elmondható, hogy Hans Hammer gépei a fent ismertett három egyedi szerkezet kivételével az egyéb középkori ábrázolásokról jól ismert alaptípusok elmés variációi, olyan részletességgel megrajzolva, ami alapján a részletek helyenként kissé zavaros ábrázolásmódja ellenére ma is rekonstruálhatók (*11. kép*). Ezek a „zavarosságok” egyébként több helyen paradox módon éppen a működés jobb megértését szolgálják. Például a 4v 4 esetében a lábak ábrázolása nem felel meg a perspektíva szabályainak, az ábrázolás már-már M.C. Escher rajzait juttatja eszünkbe: a lent hátulról induló láb fent már előre kerül. Éppen ez az, ami miatt viszont jól látható a lábak közé szerkesztett csörlő minden részlete és a kötél vezetése. A korabeli géprajzoknál teljesen megszokott módszer, hogy fontosabb a működés megértése, mint a mi fogalmaink szerinti „realista” ábrázolás.

Tissot Hans Hammer rajzainak egyedi, máshol nem látható jellegzeteségeként hivatkozik az elvileg takarásban lévő elemek megmutatására²¹⁸ és a fa elemek keresztmetszetének egyértelművé tételére.²¹⁹ Az előbbi viszont már Giovanni Fontanánál is megjelent a XV. század első negyedében.²²⁰

Alapvetően a rajzok és az általuk ábrázolt gépek az úgynevezett német iskolát követik, de van néhány jellegzetes itáliai megoldás is: ilyen például a 3r 1 már említett íves lába és kurblija; a 3r 2 és a 3v futómacskája²²¹; a kerekek a 4r 1-en és a 4r 5-ön²²²; a 9r, 9v, 10r 2 függőleges tengelyű csörlői²²³; a 3r 2 és a 3v oszlopának üreges kialakítása;²²⁴ a 4r 5 különálló meghajtása²²⁵, a ki-

²¹⁶ (Tissot 1995) 37. p.

²¹⁷ (Tissot 1995) 43. p.

²¹⁸ (Tissot 1995) 31. p.

²¹⁹ (Tissot 1995) 33. p.

²²⁰ (Long 1997) 12. p.

²²¹ (Tissot 1995) 46. p.

²²² (Tissot 1995) 63. p.

²²³ (Tissot 1995) 70. p.

²²⁴ Érdekes egybeesés, hogy az északi rajzgyűjtemények közül ez a megoldás épp a weimari kéziratban tűnik fel, annak is a Hans Hammer kapcsán már említett 166v lapján. (Tissot 1995) 43. p.

²²⁵ (Tissot 1995) 89. p.



11. kép – Hans Hammer portfóliójának 4r lapja alapján készült darumodell

Készítők: Kovács Krisztián, Nemes Máté Ernő, Szabó Mihály Norbert
(Debreceni Egyetem, Építőmérnöki Tanszék)

segítő mechanizmusok külön kis ábrákon történő ábrázolása.²²⁶ Tissot szerint az sem kizárható, hogy az itáliai kéziratokat Hans Hammer Mátyás király könyvtárában tanulmányozta.²²⁷ Tény, hogy a király könyvtárában számos itáliai haditechnikai traktátus fellelhető volt.²²⁸

A hozzáférhető korabeli gépábrázolások között több analógia is található Hans Hammer rajzaival, de egyetlen olyan rajz sem, ami egy az egyben megegyezne a mester valamelyik rajzával. A legnagyobb egyezés az ismeretlen szerzőtől származó, fentebb ismertetett weimari 328-as kézirattal mutatkozik, ebben az esetben szinte biztos, hogy a szerző ismerte Hans Hammer könyvét.

Fontos kérdés a géprajzokkal kapcsolatban, hogy a gépeket vajon maga Hans Hammer tervezte, a felhasználás igényével szerepelteti, vagy pusztán megfigyelte. Nagy valószínűséggel egyet ő is tervezett (3r 1, 10. kép),²²⁹ a többi pedig a felhasználás igényével szerepelteti, de nem ő tervezte (vagy ő csak tökéletesített rajtuk). A csirkesütő esetében pedig a harmadik lehetőség a valószínű. Hans Hammer rajzainak, alkalmazott gépeinek eredetiségét a mai értelemben nincs értelme vizsgálni. Ahogy Bert S. Hall írja, egyik XV. századi technológiai kézirat sem „eredeti” a szó szoros értelmében, csak a másolatok foka és típusa különbözik. Van olyan rajz, ami az életből másol, van, ami más kéziratból, a legtöbb pedig a kettőt vegyíti. Nem az eredetiséget kell vizsgálni, hanem azt, hogy honnan származik a tudás. Minden kézirat egy információs láncolat vége, amiből csak a végeredményt ismerjük.²³⁰ Ez igaz Hans Hammer portfóliójára is.

²²⁶ (Tissot 1995) 144. p.

²²⁷ (Tissot 1995) 163. p.

²²⁸ (Marosi 1993) 18. p.

²²⁹ Tissot szerint ez az egész portfólió legnehezebben értelmezhető géprajza ((Tissot 1995) 36. p.), éppen egyedisége miatt.

²³⁰ (Hall 1979) 38. p.

3.1.3. Állványok

Az építési állványoknak két fő típusát kell megkülönböztetni: a mintaállványokat és a munkaállványokat.²³¹ Az előbbiek a modern zsaluzatokhoz némileg hasonlóan arra szolgáltak, hogy az épületszerkezet alakját meghatározzák és ideiglenes támaszt nyújtsanak az építés közben, míg a második típus szolgál a munkavégzésre. A két funkció általában egyértelműen elkülöníthető, azonban a toronysisak egy olyan sajátos szerkezet, ahol elképzelhető, hogy egyazon állvány legalábbis részben mindkét funkciót ellátta.

A középkorból nem maradtak fenn műszaki jellegű rajzok állványokról. Kurt Bechtold szerint ennek az az oka, hogy az állványok tervezése nem az építőmester, hanem az egyszerű kézművesek feladata volt, akik nem készítettek tervrajzokat.²³² Ennek megfelelően különösen értékesek azok a művészeti alkotások, amik építkezéseket ábrázolnak. Ezeket a Kölni Egyetemen gyűjtötték katalógusba. A katalógus első verzióját Günther Binding és Norbert Nußbaum szerkesztette,²³³ ebben tanulmányokat is közölnek, de nem minden katalógustételhez tartozik ábra. A katalógus következő, több kiadást megélt verzióját Günther Binding már egyedül jegyzi,²³⁴ ebben tanulmányok nincsenek, de minden tételhez tartozik ábra.

Az 1978-as katalógusban az állványokról szóló áttekintő tanulmányt Günther Binding írta,²³⁵ az alábbi bekezdés ennek fő megállapításait ismerteti kivonatossan.

A középkorban a leginkább szokásos típus a konzolos állvány (Auslegergerüst) volt, ezt már a XII. század második felében kifejlesztették. A XIV. század 80-as éveitől jelenik meg az ábrázolásokon a lábakon álló állvány (Stangengerüst), ami innentől ugyanolyan gyakori, mint a konzolos állvány. A kis magasságban végzett munkákhoz ma is használatos egyszerű bakok (Bockgerüste) ritkán jelennek meg. Kötelekre függesztett munkafelület (Hängeboden) egyetlen ábrázoláson szerepel, a XIII. század második feléből. A munkafelületet ritkábban rámpákon, gyakrabban létrákon közelítették meg. A konzolos állványok

²³¹ (Bechtold 1980) 18. p.

²³² (Bechtold 1980) 22. p.

²³³ (Binding és Nussbaum 1978)

²³⁴ (Binding 2001)

²³⁵ (Binding és Nussbaum 1978) 58–61. p.

esetében a járófelület vízszintes konzolokon fekszik, amik vagy kör, vagy félkör, vagy negyedelt kör, vagy lekerekített körszelvényűek. A konzolok a falfelület tetejére vannak fektetve, majd befalazva, és alulról ki vannak könyökölve. A XV. század végéről olyan ábrázolások is vannak, amin az alsó állványfelületre van támasztva a felső, és andráskeresztekkel merevítve van. A lábakon álló állványok az első megjelenéseik után (XIV. század 80-as évei) egyre gyakrabban vannak ábrázolva. Általában a faltól kb. egy-másfél méterre állították fel a lábakat. A XV. század közepétől megjelennek a póznákra merőlegesen, kötelekkel rögzített vízszintes hosszrudak (Streichstange). A 8–13 cm-s keresztrudak (vagy ászokgerendák, Netz- oder Rüstriegeln) a hosszrudakhoz és a falhoz voltak rögzítve, ezekre jött a járófelület (Laufboden, Flechtwerk). Egy XV. század végéről származó ábrázolás már olyan fejlett állványzatot mutat egy torony építéséhez kapcsolódóan,²³⁶ amilyen a XIX. századig használatban volt (12. kép). Ezen kívülről az egész tornyot körbeveszi egy oszlopokon álló állvány. Minden második függőleges rúd minden oldalon keresztmegerívítéssel van ellátva. A hosszrudak szíjjakkal vagy kötelekkel vannak a függőleges rudakhoz rögzítve. A járófelületet pallók alkotják, ezek a keresztrudazaton fekszenek. A rajz jobb oldalán egy újabb állványszint építése látható, két munkás további függőleges rudazatot helyez el éppen. Kivételt jelent az a megoldás, ahol egy második függőleges rudazat van közvetlenül a fal előtt (tehát a keresztgerendák nem a falra támaszkodnak), ez egy XV. század közepi ábrázoláson tűnik fel.²³⁷

Több szerző is egyetért abban, hogy a középkorban használt állványok csak munkaállványok voltak, tehát építőanyag ideiglenes tárolására nem használták őket.²³⁸ Ebben az is közrejátszhatott, hogy igyekeztek minél anyagtakarékosabban megoldani az állványozást (is), és egy kő tárolására is alkalmas nehézállvány sokkal több faanyagot igényel. Ennek megfelelően minden bizonnyal nem állványozták be az egész épületet a földtől kezdve, hanem az állvány együtt mozgott az építkezéssel.²³⁹

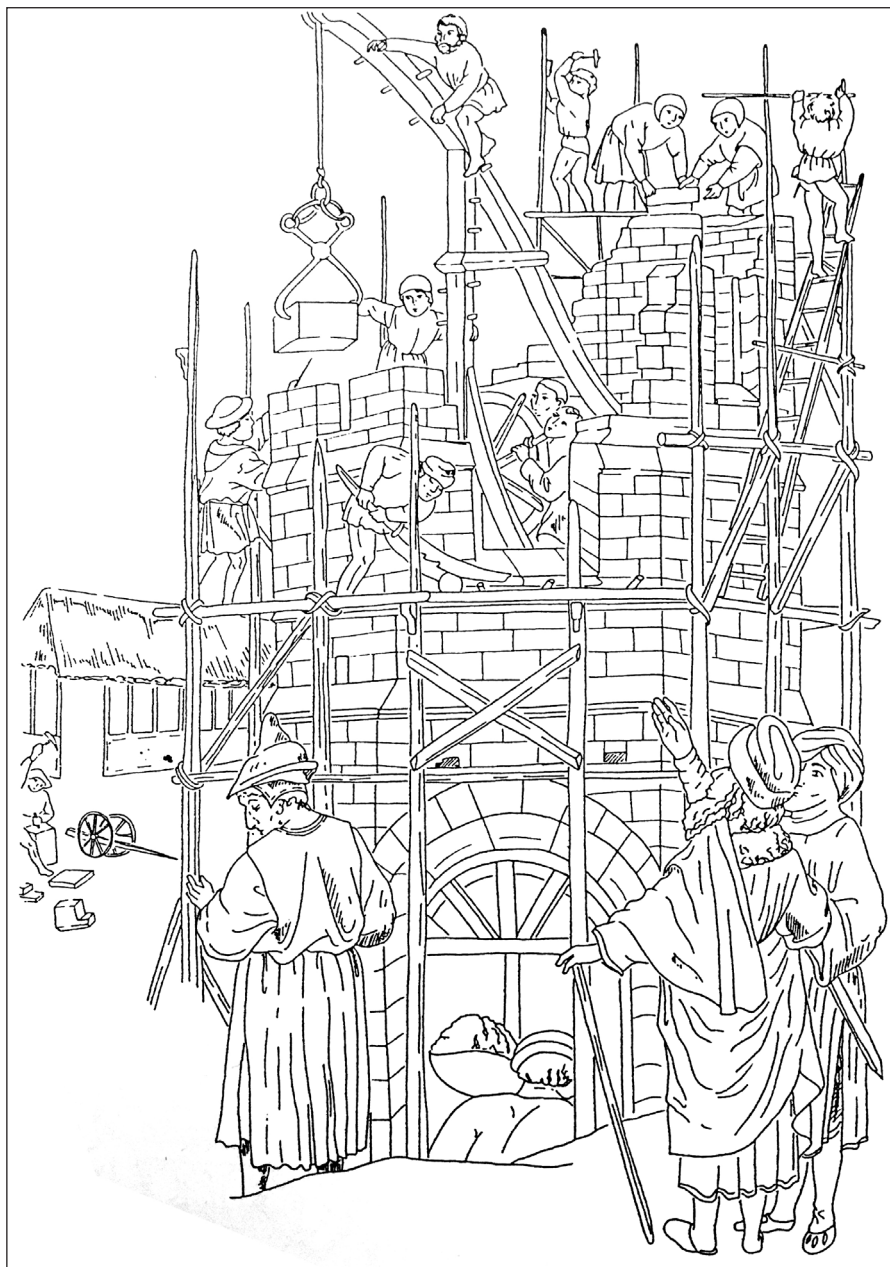
Az állványok méreteiről hasznos információkkal szolgálnak a fennmaradt állványlyukak. Konzolos állvány esetében ide maguk a konzolok voltak befalazva, lábakon álló állvány esetében pedig a keresztrudak végei. Hermann

²³⁶ British Museum Add. Ms. 35313 Fol. 34. (Binding 2001) 254. katalógustétel.

²³⁷ Brüsszel, Kon. Bibl., Hs. 9068, III, fol. 289. (Binding 2001) 106. katalógustétel.

²³⁸ (Viollet-le-Duc 1861) 104. p., (Watson 1901) 117. p., (Lacroix 1934) 220. p.

²³⁹ (Watson 1901) 117. p.



12. kép – Fejlett építési állvány ábrázolása a XV. század végéről

Eredetije: British Museum Add. Ms. 35313 Fol. 34., átrajzolása: (Binding 2001) 254. katalógustétel

Phleps és Emil Lacroix megfigyelései szerint a lyuksorok függőleges távolsága konzolos állványok esetében általában 1,20–1,30 m.²⁴⁰ Ennek a kis távolságnak az lehet az oka, hogy így a következő szintet kényelmesen, a meglévő szinten állva lehetett elkészíteni.²⁴¹

Bechtold konkrét méreteket is közöl, amik az idők során szokásossá váltak.²⁴² Eszerint az állványoszlopok nagyjából 3 méteres távolságban álltak egymás mellett. Ha oszlop toldására került sor, az átfedésnek 2 méteresnek kellett lennie, és kenderkötéllal történt a részek egymáshoz rögzítése. Itt említi a kb. 30 cm magasan futó lábdeszkat és a 80 cm magasban lévő korlátot is.

A fent ismertetett szakirodalom alapján a késői középkorban, a nagyobb építkezéseken valószínűleg az oszlopos állvány volt inkább használatban, ugyanis több technikai előnye van a konzolos állvánnyal szemben. A konzolos állványok közeli lyuksorai arra utalnak, hogy ezeknél egyszerre csak egy szinten folytatható munkavégzés. Az építés menete az lehetett, hogy amikor a falkorona elérte a munkaszinthez képest a még kényelmesen elérhető 1,20–1,30 cm-s magasságot, a falkoronára elhelyezték a következő konzolsort, majd az ezeket leterhelő kősorokat, ameddig felérték. Ezután elhelyezték a konzolokra a deszkázatot, és ezzel az alsó szint már használhatatlanná vált. Valószínűleg közvetlenül az alsó munkaszint deszkázatának bontásakor helyezték el a felső munkaszint deszkázatát. Ehhez képest az oszlopos állványnál messzebb lehettek a munkaszintek egymástól, így összességében kevesebb munkaszintre volt szükség, és több szinten is folytatható egyszerre munka. Az oszlopok miatti megnövekedett famennyiséget pedig azzal lehetett kompenzálni, hogy az oszlopos állvány kereszttrúdjai jóval vékonyabbak lehettek, mint a konzolos állvány konzoljai: az ébredő maximális feszültség alapján egy kéttámaszú tartó négyszer akkora feszítávú lehet, mint amilyen hosszú egy azonos keresztmetszetű konzol.

3.1.3.1. Konkrét állványokat ábrázoló rajzok

Az előzőekben tárgyalt rajzok a képzőművészetek körébe sorolhatók, nem műszaki jellegű ábrázolások. Mivel a középkorból nem is maradtak fenn ilyenek, meg kell vizsgálni azokat is, amik a legközelebb állnak ehhez a korszakhoz. Az Alpoktól délre fennmaradt egy viszonylag korai rajz, ami részletesen

²⁴⁰ (Phleps 1930) 114. p., (Lacroix 1934) 218. p.

²⁴¹ (Phleps 1930) 114. p.

²⁴² (Bechtold 1980)

mutat egy konkrét feladatra készült állványt: ez a firenzei dómkupola lanternájának 1601-es javításához készült.²⁴³ Időben és térben nem esik ugyan egybe jelen kötet témájával, a forráshiány miatt mégis szükséges rövid tárgyalása. Ez a fejezet még két, XIX. századi állványrajzot vizsgál. Az egyik a bécsi Stephanskirche déli toronycsúcsának 1838–1842-es rekonstrukciójához készült, a másikat pedig Viollet-le-Duc szerepelteti lexikonjában.

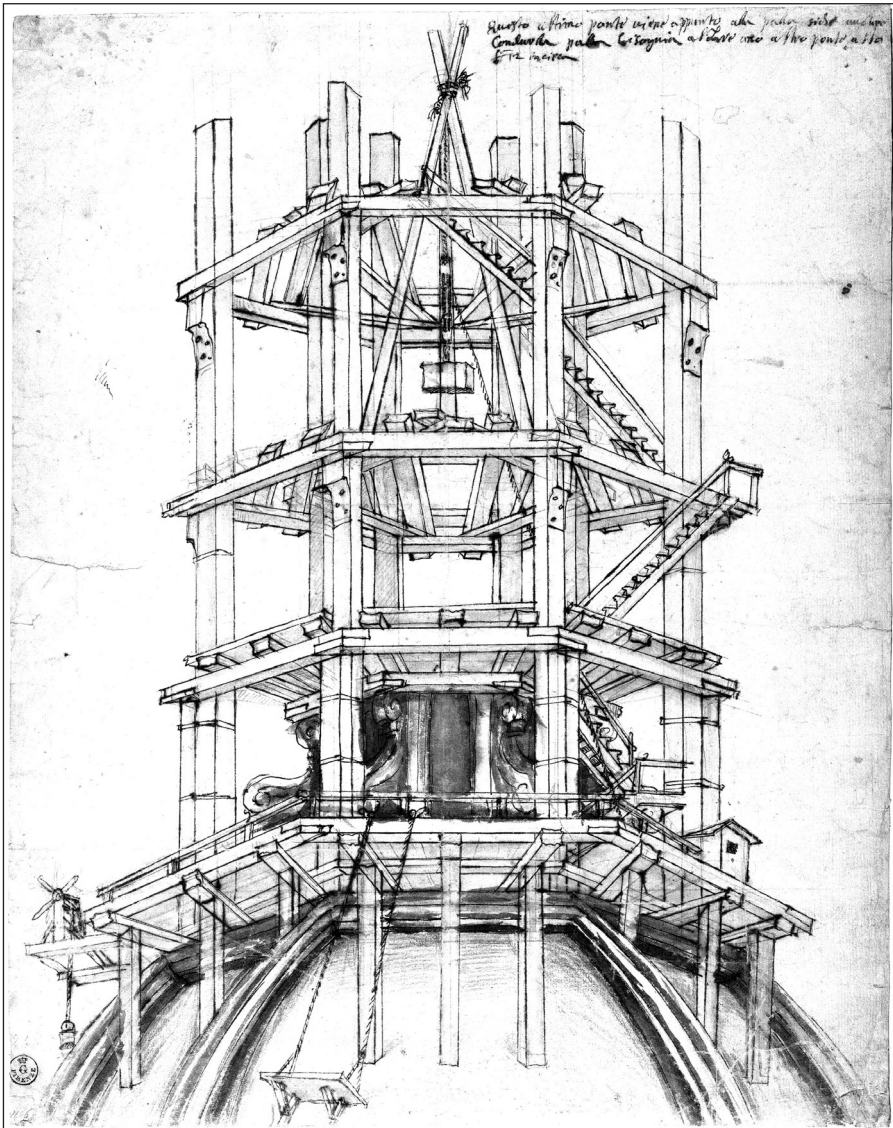
A firenzei lanterna állványának rajza

A rajz az Uffizi gyűjteményében, A 248-as jelzet alatt található, szerzője ismeretlen (13. kép). A felső részén látható felirat Frank D. Prager és Gustina Scaglia közlése szerint a következő: „ez az utolsó állvány a palla [azaz a lanternán lévő aranyozott sárgaréz gömb] [lábáig] ér. Amikor a pallát meg kell emelni, egy másik, körülbelül 23 láb magas állványra lesz szükség”.²⁴⁴ A szerzők szerint a rajz a lanternán a XV. század második felében végzett munkálatokkal kapcsolatban keletkezhetett. Az újabb irodalom szerint viszont a rajz az 1601-es javításokkal kapcsolatos: a korabeli források alapján 1601 januárjában a lanterna olyan komoly sérüléseket szenvedett, hogy szükségessé vált a teljes felső részének bontása.²⁴⁵ Howard Saalman az ekkor készült struktúrárt a korabeli feljegyzésekre hivatkozva így ismerteti: „annak megakadályozása érdekében, hogy az anyag beleessen a kupolaoktagonba, az okuluszt le kellett zárni egy platformmal, amit a negyedik járószintre telepítettek, közvetlenül a lanterna alá. Ennek a tetejére egy széles munkaplatformot kellett építeni a lanterna alja köré. A záró platform közepén egy magas központi oszlopot kellett elhelyezni, ami felért egy felső platform szintjére a zárópárkány magasságában, ott, ahol a helyreállítási munkákat tervezték megkezdeni. A központi oszlop egyszerre szolgált szerkezeti támaszként és rögzítési pontként a kövek mozgatásához szükséges csigaszoroknak. Az állvány fedőtetővel is kiegészülhetett, hogy mind a dolgozókat, mind a lanternát megvédje az esőtől. A belső fa

²⁴³ (Saalman 1980) 145. p.

²⁴⁴ A kötet angolul közli a feliratot: „This last scaffold reaches up to [the foot of] the palla [or gilt brass orb on the Lantern]. When the palla shall be raised [as was ultimately done by Verrochio and young Leonardo] another scaffold will be needed, about 23 feet high.” (Prager és Scaglia 1970) 76–77. p.

²⁴⁵ (Saalman 1980) 145. p.



13. kép – A firenzei dóm lanternájának javításához használt állvány XVII. századi rajza

Forrás: Uffizi A 248

lépcsők biztosították a hozzáférést a munkaszinthez.²⁴⁶ A munkálatok 1603-ra befejeződtek, de az állvány egy darabig még a helyén maradhatott: még egy 1611 után keletkezett metszeten is látható a háttérben.²⁴⁷

Az Uffiziben lévő rajz nagyon részletesen ábrázolja az állványt. Az alsó szint egy széles platform, amit gerendák tartanak. Ezek egyik oldalon a kupola felső kőgyűrűjére, másik oldalon a kupolán álló oszlopokra támaszkodnak. A platformról bal oldalon kinyúlik egy konzol, amin egy karokkal működtetett daru áll. Ez a rajzon egy valószínűleg habarccsal töltött vödört húz fel. A tulajdonképpeni állvány egy nyolcszögű szerkezet, aminek a sarkait négyyszögletű oszlopok alkotják. Az oszlopok külső oldalára kis konzolok vannak erősítve, ezek tartják a három munkaszint vízszintes rudazatát. A vízszintes rudazaton az alsó szinten egy keresztirányú rudazat is van és azon a deszkázat, a két felső szinten csak a deszkázat. Ezeken a szinteken úgy tűnik, hogy a deszkázat nincs rögzítve, hogy elmozdítva helyet tudjon adni a kövek beemelésének. Korlát csak az alsó platform körül van, a munkaszinteken nincs. A második szintre egy csigasoros bakemelő van erősítve, a rajzon éppen egy nagy kváderkővet emel be. A csigasorhoz egy ferde kötél van erősítve. Valószínűleg a kupola középső nyílásán keresztül, függőlegesen emelték fel a köveket, majd a ferde kötéllal pozicionálva közvetlenül a helyükre tették őket. Közben a habarcs az oldalsó kis daruval érkeztetett, és az állványon látható lépcsőkön vihették a kívánt helyre. A két gép együttes működése jelentősen meggyorsíthatta a folyamatot.

A rajzon látható szerkezet (állvány+daru) a csúcs gombjának az elhelyezésére is alkalmas lehetett. Ennek a feladatnak (és gótikus megfelelőjének, a kereszttrózsza elhelyezésének) a nehézségét az is mutatja, hogy Kölnben a XIX. században, amikor már gőzüzemű daruk is voltak, a kereszttrózsát 24 részben tették fel, és így is a technikai lehetőségek határát súrolták.²⁴⁸

²⁴⁶ Eredetiben: „In order to prevent material from falling into the octagon, the oculus was to be closed off by a platform installed at the level of the fourth walk just under the lantern. This was to be topped by a wide working platform around the base of the lantern. A high central loading beam (antenna) was to be affixed in the centre of the closing platform to rise up to the level of an upper platform at the level of the cornice where restoration work was to begin. The central antenna was to serve as both the main structural support and the point of attachment for tackles by means of which the stones could be moved. The great armature could be topped with a roof to protect both the workers and the lantern from rain. Interior wooden stairs would give access to the working level.” (Saalman 1980) 145. p.

²⁴⁷ (Saalman 1980) 107-es ábra (a szövegben 106-osként hivatkozva).

²⁴⁸ (Borger 1980) I. 53. p.

A Stephanskirche toronycsúcsának XIX. századi lebontása és visszaépítése

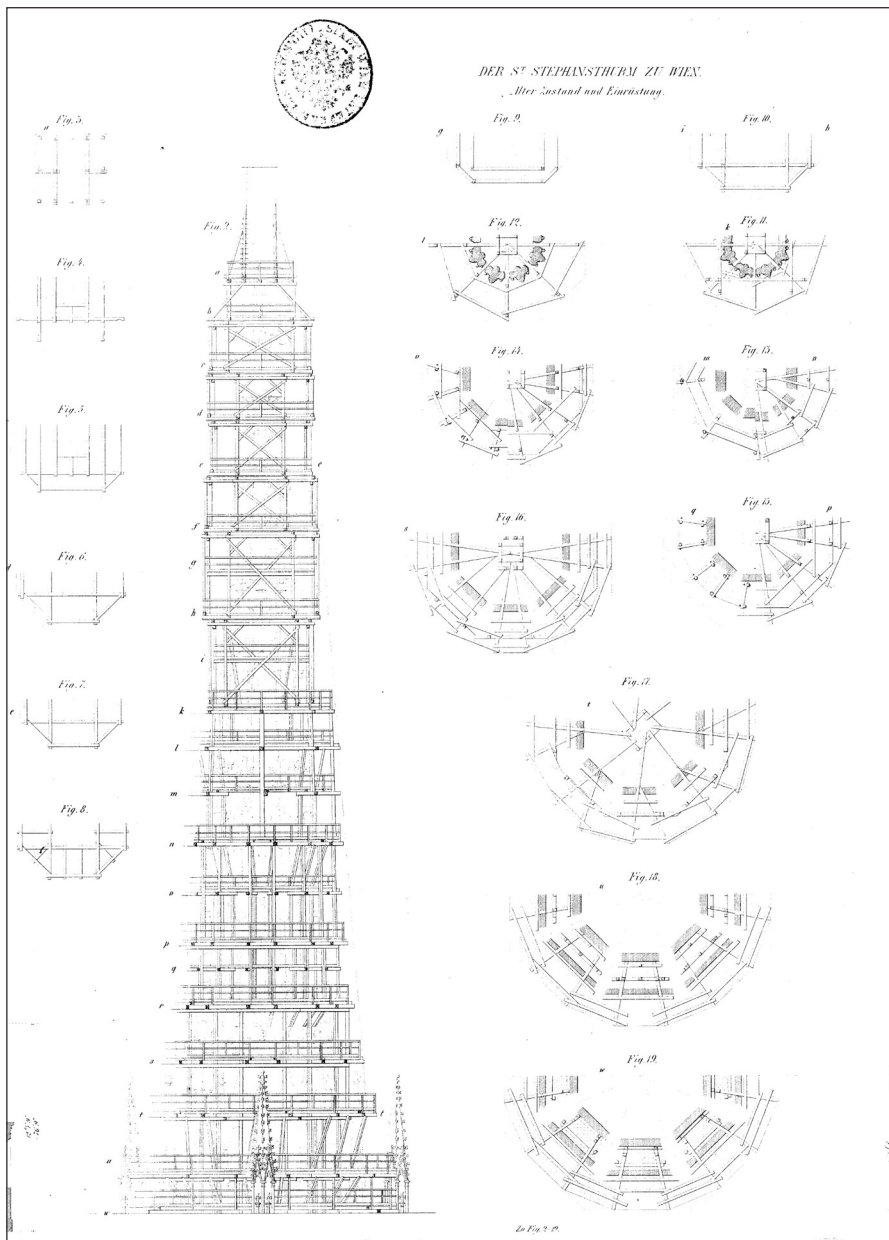
A bécsi Stephanskirche déli tornyának csúcsát már 1810-ben, a napóleoni háborúk okozta sérülések miatt javítani kellett.²⁴⁹ A rekonstrukcióhoz kapcsolódóan készült egy homlokzati és egy keresztmetszeti rajz a toronysisakról, az utóbbin az állvány is látszik. A Johann Aman által tervezett állvány feladata az is volt, hogy összefogja, megtámassza a sisakot. A rajzot az Aman által megbízott ács, Johann Mathias Preschnofsky készítette.²⁵⁰

A rajzon látható állvány alsó szintjei oszlopokon állnak, az oszlopok pedig a sisak tövében húzódó galéria padlójára, tehát az oktagon falára támaszkodnak. A felső szintek konzolosak, itt a gerendákat minden bizonnyal a sisak áttöréseiben vezették ki. Az alsóbb konzolok belül a torony teljes szélességét átfogó fém rudakhoz vannak rögzítve, a felső, rövidebb konzolok pedig átfogják a sisak teljes szélességét, tehát kétoldalasak. A szintek között létrákon lehet közlekedni, minden szintnek van korlátja és lábdeszkája is. Az állvány a csúcsig nem ér fel, a csúcsgömbhöz magához a toronyhoz rögzített létrák vezetnek.

Komolyabb munkálatok zajlottak a második, 1838–1842 közötti rekonstrukció során.²⁵¹ A sisakcsúcsot először beállványozták, majd a helyszíni állapotvizsgálatok után a csúcs bontása és visszaépítése mellett döntöttek. Az építésszek Josef Baumgartner és Paul Sprenger voltak. Sprenger nagy újtásként a toronycsúcsot fémből készítette el. Ez később rossz döntésnek bizonyult, és a sisakot az 1860–1864-es rekonstrukció során újra kőből építették fel.

Az 1838–1842 közötti építkezés különösen jól dokumentált: festmény, dagerrotípa²⁵² és műszaki publikáció²⁵³ is készült róla.

Ez utóbbi az Allgemeine Bauzeitungban jelent meg 1843-ban, és az állványzatot is bemutatja mind írásban, mind rajzban (*14. kép*).²⁵⁴ Az állványt Jakob Fellner és Anton Rueff ácsok készítették. Az állvány leírása a cikk 8–9. oldalán olvasható. Eszerint anyaga vörösfenyő, és 21 szintes. Alsó szintje a sisak aljánál futó kőgalérián áll, a további szintek rendre az alattuk lévőkön. A vízszintes rudak a sisak áttöréseiben vannak átbújtatva, nem terhelnek a kősisakra. A sisak belsejében a végeik fémmel erősített ácskötéssel vannak összeerősítve, és itt belül függőleges rudazat is van rajtuk, ami a konzolos részek leterhelésére szolgál. A 11. („k”-jelű) szintnél változik a rendszer, mert innentől felfelé nem alkalmas a sisak arra, hogy a vízszintes rudak a belsejébe nyúljanak. A felső szintek egymáson állnak, teljesen függetlenek a sisaktól, nem is érintik azt. A (szintmagas) osz-



14. kép – A bécsi déli torony XIX. századi állványzata

Forrás: (Trost 1843) Taf. XDII.

lopokat minden főszinten andráskeresztek merevítik, így ez az állványrész egy önmagában merev szerkezet. Az „i” és a „g” jelű szintek közbülső, a főoszlopokra csavarozott szintek. Az „i” szint keskenyebb, mint a három fölötté lévő, ennek az az oka, hogy az ábrákon bemutatott állvány nem pont az, amiről a bontást végezték, mert annak a torony dőlését követnie kellett. Így amikor a szükséges, 20 méternyi bontás megvolt, az állványt is visszabontották az „i” szintig. A visszaépítés több helyet igényelt, mint a bontás, ezért szélesebbek a következő szintek. A legfelső szint a sas elhelyezésére szolgált. A sast plusz 2,5 méterrel fel kellett emelni, hogy az alján lévő függőleges vasrudat a helyére lehessen illeszteni. Ehhez a legfelső keresztrúdra egy csigát erősítettek. Az állvány minden szintjén korlát van, a közlekedés létrákon történik. A közölt rajzok a kivitelezett állvány alapján készültek, Jakob Fellner csinálta őket, mert előre lehetetlen lett volna részletes terveket készíteni. Az állvány helyszíni döntések sorozatával épült fel, minden szinten az adott helyzethez alkalmazkodva. Bár rengetegen jártak az állványon, pusztán kíváncsiságból is, mégsem történt semmiféle baleset, pedig a cikk írásakor már kész volt a munka és a leállványozás következett.

Az anyagok emelését szintén az említett ácsok irányították. Ebből a célból az állvány külső oldalán egy csaknem függőleges fa pályát alakítottak ki a „t” szinttől az „e” szintig. A közölt rajzon ennek a pályának csak a vonala van jelölve, a részletei nem. Az emeléshez használt kötél az állvány legfelső szintjeihez rögzített csigán keresztül futott, a meghajtására egy egyszerű vas kurbli szolgált. Az építőanyagot legelőször a templom padlójáról, a torony belsejében, a boltozatokon lévő lyukakon át emelték fel az óra alatti szintig (az 1-es ábrán az „E” szint). Innen külső, függőlegesen emelés történt a fapálya aljáig.

Az állvány ismertetésén kívül nagyon értékes az anyagemelésről szóló rész. Eszerint a torony csúcsáig négy szakaszban történt az építőanyag emelése (tehát ennyi emelőgép egyidejű alkalmazására volt szükség): először belül az óra magasságáig, majd kívül függőlegesen a sisakgalériáig, majd a sisak mentén ferdén a legfelső szintig, itt pedig egy külön csiga szolgált a csúcs beemelésére.

Eddig Trost leírása. Az általa leírt teheremeléshez nagyon hasonló lehetett a középkori is, a fapályát leszámítva (ilyen egyetlen ismert korabeli ábrázoláson sem tűnik fel). Marlene Zykan a korabeli források alapján a következőket írja a bécsi déli torony építése során használt gépekről:²⁵⁵ a számadások

²⁵⁵ (Zykan 1967) 77–78. p. 27. lábjegyzet

gyakran említenek egy felvonót (Zug), amit taposókerékkel hajtottak, és a torony belsejében volt. A XVI. században is üzemben volt egy ilyen a toronyban, ezért a boltozatok záradékgyűrűje nyitva volt hagyva. Egy forrás szerint 1562-ben egy, a toronyban szolgáló legény (Türmerknabe) a taposókeréktől 30 Klafter (56,88 m) mélybe zuhant, be a templomba. Itt egy, a harangláb fölötti taposókerék eredeti helyéről van szó. 1426-ban, amikor az oktogonszint már kész volt, egy új felvonót emeltek, hogy az anyagot több etapban a nagy magasságba emelhessék. 1429-ben említik a régi és az új felvonót.

Binding katalógusában egyetlen ábra látható, ami a Trost által leírthoz hasonló, külső állványt ábrázol.²⁵⁶ Ez egy 1447/50-ból, Franciaországból származó ábrázolás, jelenleg Bécsben őrzik.²⁵⁷ Egy templom tornyának építését láthatjuk rajta. Az állvány a templom főpárkányának magasságából indul, és egészen a torony csúcsáig ér. A torony négyzetes része körül két oszlopsor tartja a munkaszinteket. A merevséget andráskeresztek és könyökök biztosítják, de ezek csak néhol vannak ábrázolva. A külső oszlopsor az oktogon aljánál véget ér, a belső, a falnál lévő oszlopsor továbbhúzódik, és az oktogon körüli munkaszintek külső támasztékát alkotja. A keresztrudak itt minden bizonnyal a falra támaszkodnak. Nagyjából az oktogon derekánál a négyszögletes állvány átvált nyolcszögletűbe. Az oszlopok itt egyszerűen a legfelső négyzetes szint keresztrúdjaiban állnak. Létrák csak az alsó szinteken vannak ábrázolva, de minden bizonnyal azokat használták a felső szinteken is. Érdekes megfigyelni, hogy a firenzei rajzzal szemben minden munkaszint korláttal van ellátva. Az állvány legfelül egy konzolos daruval ér véget, és két munkás éppen a toronycsúcs fémkeresztjének elhelyezésével foglalkozik. Ez a konzolos daru valószínűleg forgatható volt, így a teher vízszintes pozicionálására is alkalmas. Az egész szerkezet könnyedsége és a darun lévő egyetlen csiga is arra utal, hogy nagy terhek emelésére nem volt alkalmas. Fontos azt is figyelembe venni, hogy a rajzon szereplő toronysisak nem túl nagy: Richard A. Jones becslése szerint csak nagyjából 4,5 méter magas lehet, kb. 1 méteres legnagyobb belső átmérővel, így belülről nem lehetett volna felépíteni.²⁵⁸

²⁵⁶ (Binding 2001), 620-as tétel, 192., 204. p.

²⁵⁷ ÖNB Cod. 2549, fol. 164.

²⁵⁸ (Jones 2005a) 15. p.

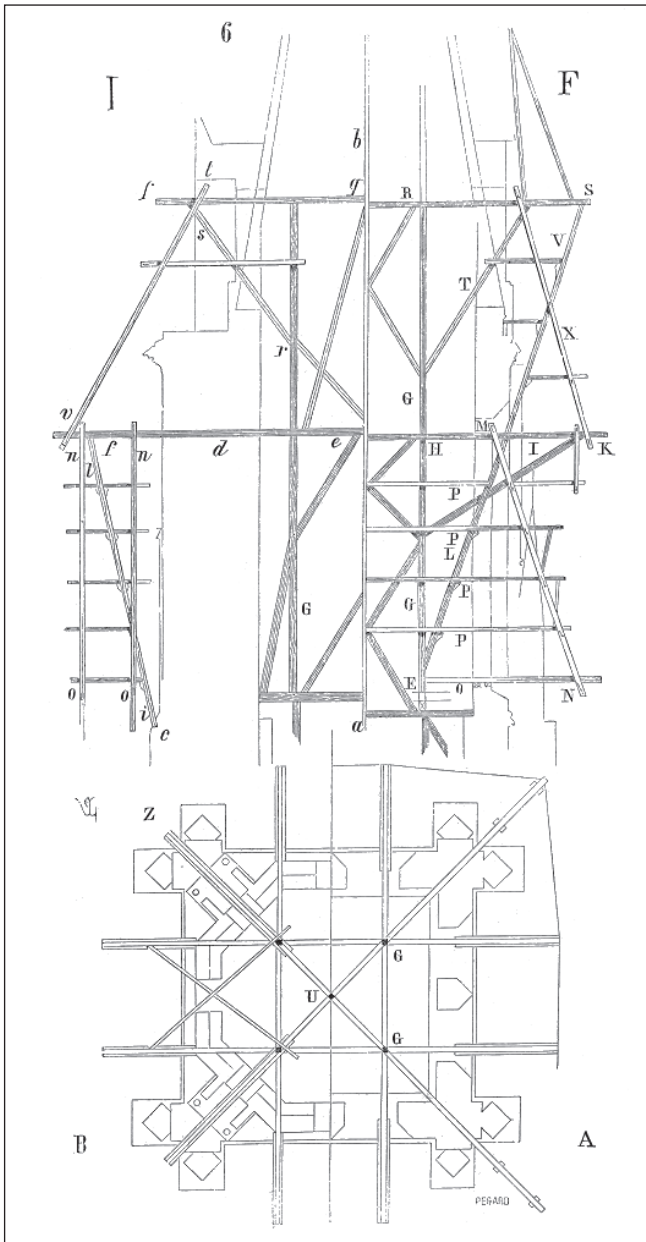
Viollet-le-Duc toronyállványa

Viollet-le-Duc lexikonjának „échafaud”-szócikkében²⁵⁹ viszonylag hosszasan értekezik a gótikus tornyok állványozásának kérdéséről. A szócikk szerint ezeket a szerkezeteket megfigyelve azt látjuk, hogy az állványlyukak tanúsága szerint bizonyos magasság fölött függesztett állványokat használtak. A tornyok falai felfelé általában vékonyodnak, ez a falsík hátrébb kerülését jelenti. Ezek a helyek kiválóan alkalmasak az állványok megtámasztására, mind belül, mind kívül. Egy meglévő épületre állványt függeszteni nem jár különösebb nehézségekkel, egy új struktúrát így felépíteni azonban találékonyságot igényel, aminek a középkori mesterek nem voltak híján. Viollet-le-Duc megfigyelési szerint a tornyokat függő állványokkal építették, szabadon hagyva a homlokzat lentebbi részét. Részletes rajzot is közöl egy ilyen állványról, amit meglévő épületeken megfigyelt állványlyukak alapján rekonstruált (15. kép).²⁶⁰

Az ábrán „B”-vel jelöli a toronysisak aljánál felvett vízszintes metszetet, „A”-val az alatta lévő négyzetes harangszint aljánál felvettet. A „J”-jelű rajz U–Z irányú (diagonális) metszet, az „F” pedig egy keresztirányú metszet. Az állvány alapját két, a harangszint alján belül a fal visszaugrására támasztott vízszintes rúdpár jelenti. Fölöttük egy diagonális rúdpár van, és a kereszteléseikben egy-egy függőleges rúd („G”) van felállítva. Az állvány következő szintjén újra van egy vízszintes rudazat („HK”), ez konzolosan túlnyúlik a torony mindkét oldalán, és a „G” rúdhoz ki van könyökölve. Ezen a szinten szintén van egy diagonális rúdpár is, ami a „d” jelű állványlyukon átmegy a falon (ez a „J” rajzon a „ef” rúd), és a külső vége egy, a fal visszaugrására („c”) támaszkodó rúdra támaszkodik („il”). A következő főszint már a sisak aljánál van, itt van egy szintén mindkét oldalra konzolos vízszintes rudazat („RS”), szintén a „G” rúdhoz kikönyökölve („T”). A „T” és az „RS” átmennek a sisak erre szolgáló résein, amiket utólag vagy betömnek, vagy nem. Az „RS” végét egy igencsak hosszú könyök támasztja („ES”), ez egyben a „HK” rudazatot is támasztja. Ezen a szinten is vannak átlós rudak („pq”), ezek egyrészt a „G” oszlophoz vannak kikönyökölve („rs”), másrészt a „ef” rúd külső végéhez („vt”). Fontos eleme még a struktúrának a „G” rúdra és a harangszint ablakpárkányára támaszkodó „EN” rúd, aminek a vége az „MN” fogópárok

²⁵⁹ (Viollet-le-Duc 1861) 103–114. p.

²⁶⁰ (Viollet-le-Duc 1861) 110. p.



15. kép – Viollet-le-Duc állványrajza

Forrás: (Viollet-le-Duc 1861) 110. p.

van a „HK” rúdra felkötve. Hasonló fogópár („X”) tartja a „HK” rúd kinyúló végét is, így a főstruktúra egy önmagában merev, háromszögszerkesztésű rendszer, ami a harangszint falainak építése előtt elkészül. A munkaszintek aztán erre a főrendszerre kerülnek rá. A rendszer főszintenként szakaszolva építhető (először a „HK” szintig, majd onnan tovább).

A sarkok állványozásához a központi „ab” rúd és a minden főszinten elhelyezett, már említett diagonális rudak szolgálnak. Az „ef” rúdra a sarkokon létraszerű rendszer van függesztve, ennek szárait az „no” fogópárok alkotják.

Amikor kész az építkezés, az egész állványzatot egyszerűen le lehet bontani belülről.

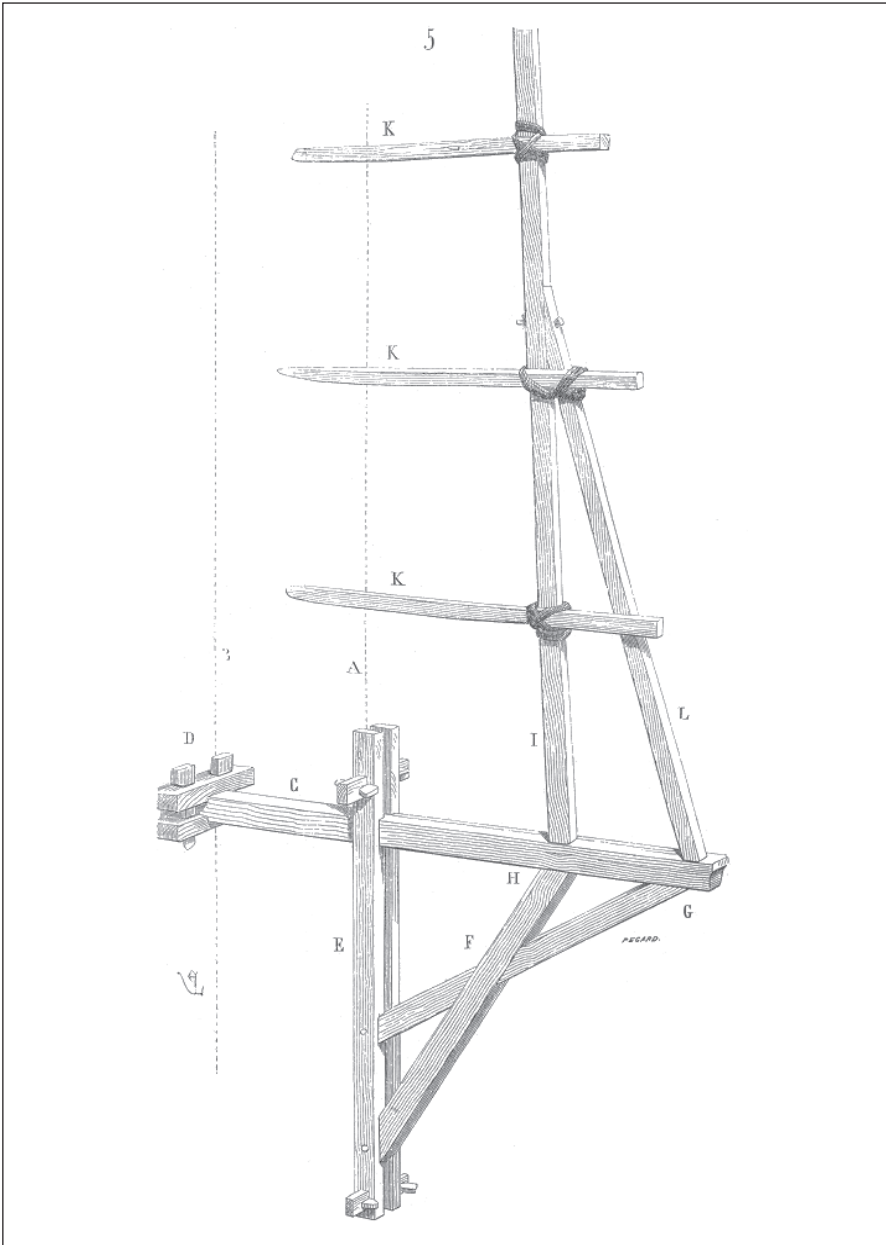
Viollet-le-Duc bemutat egy olyan állványt is, ami a konzolos állvány és az oszlopos állvány kombinációja (*16. kép*).²⁶¹ Az állvány egy konzolról indul, ennek a vízszintes rúdja a fal teljes szélességén átmegegy. Innen oszlopok indulnak, és a következő szintek keresztrúdjai egyik oldalon a falba vannak befalazva, másik oldalon az oszlopokra támaszkodnak. Ahol a meglévő épületeken van egy sor vastag állványlyuk, majd több sor vékony, ilyen állványt használtak. Leírása szerint különösen magas gótikus épületeknél, templomtornyoknál jó ez a megoldás, ahol a földről nem lehetne indítani az állványt.

3.1.3.2. Fennmaradt állványok

Az ebben a fejezetben érintett állványok tornyok belsejében maradtak fenn, vagy rekonstruálhatók. Egy részüknek van/volt egy elsődleges funkciója, ami mellett feltételezhető, hogy építési állványnak is használták őket. Ezt a feltételezést általánosságban a gótikus építőiparnak a már többször említett anyag-takarékosságra való törekvése is alátámasztja: logikusnak tűnik, hogy ha már felépítettek egy komoly ácsszerkezetet mondjuk a harangok alátámasztására vagy a sisak formájának meghatározására, akkor ezt az ácsszerkezetet egyben építési állványnak is felhasználják.

A gótika haranglábai különösen alkalmasak építési állványnak, ugyanis ezek a nagyobb tornyok esetében maguk is tulajdonképpen belső fatornyok. Ennek az az oka, hogy statikai szempontból az a jó, ha a harangláb minél lentebb terheli a tornyot, hiszen így a harang mozgásából eredő vízszintes

²⁶¹ (Viollet-le-Duc 1861) 108. p.



16. kép – Konzolos és oszlopos állvány kombinációja Viollet-le-Duc-nél

Forrás: (Viollet-le-Duc 1861) 108. p.

terhek kisebb erőkarral hatnak a toronyra mint függőleges konzolra. Ezt a gótika idején már felismerték, ezért építettek magas haranglábakat: a teher így viszonylag lent adódik át a falakra, csökkentve ezzel az erőkart, de a harangok magasan lehetnek.²⁶² Heinrich Biebel a középkori és kora újkori haranglábakat bemutató átfogó cikkében több olyan templomot említ, ahol a haranglábát egyben építési állványnak is használták:²⁶³ ezek a freiburgi Münster, a Deutsch Eylau-i (ma Iława, Lengyelország) plébániatemplom²⁶⁴, az augsburgi St. Ulrichskirche²⁶⁵, a braunschweigi St. Martinikirche.²⁶⁶

Binding katalógusában több olyan ábrázolás is van, ahol torony felsőbb szintjén belül lévő állvány van ábrázolva, többször taposókerékkel kombinálva.²⁶⁷

Freiburg, Glockenstuhl

A freiburgi toronyban a harangláb a torony négyzetes részén indul, és a felső része belenyúlik az oktagonba (17. kép).²⁶⁸ Szerkezetét tekintve csonkagúla, ami a fal belső oldalán lévő keskeny párkányra támaszkodik. Alatta egy középső lyukkal ellátott boltozat van, a harangláb erre nem terhel. A csonkagúla éleit alkotó oszlopokon kívül még nyolc további oszlop halad végig a teljes magasságon, így tíz oszlop tartja a szerkezetet, szelvényük kb. 50×50 cm.²⁶⁹ Maga a harangláb nagyjából 11 m széles és 17 m magas,²⁷⁰ és négy fő szintből áll. A második szinten egy taposókerék található, ez már a XIX. században sem az eredeti volt, de minden bizonnyal a középkorban is állt itt egy ugyanilyen.²⁷¹ A harangláb nagyrészt fenyőből készült, csak néhány részén tölgy; a felhasznált fákat 1290–91-ben vágták ki.²⁷²

²⁶² (Biebel 1921) 94. p.

²⁶³ Ezeken kívül általánosságban megemlíti, hogy az a harangláb típus is szolgálhatott építési állványnak, ahol a tulajdonképpeni haranglábát egy ún. alsó állványzat, Untergerüst támasztja alá. (Biebel 1921) 98. p.

²⁶⁴ (Biebel 1921) 94. p.

²⁶⁵ (Biebel 1921) 95. p.

²⁶⁶ (Biebel 1921) 97. p.

²⁶⁷ (Binding 2001) 94, 468, 537, 618a katalógustétel

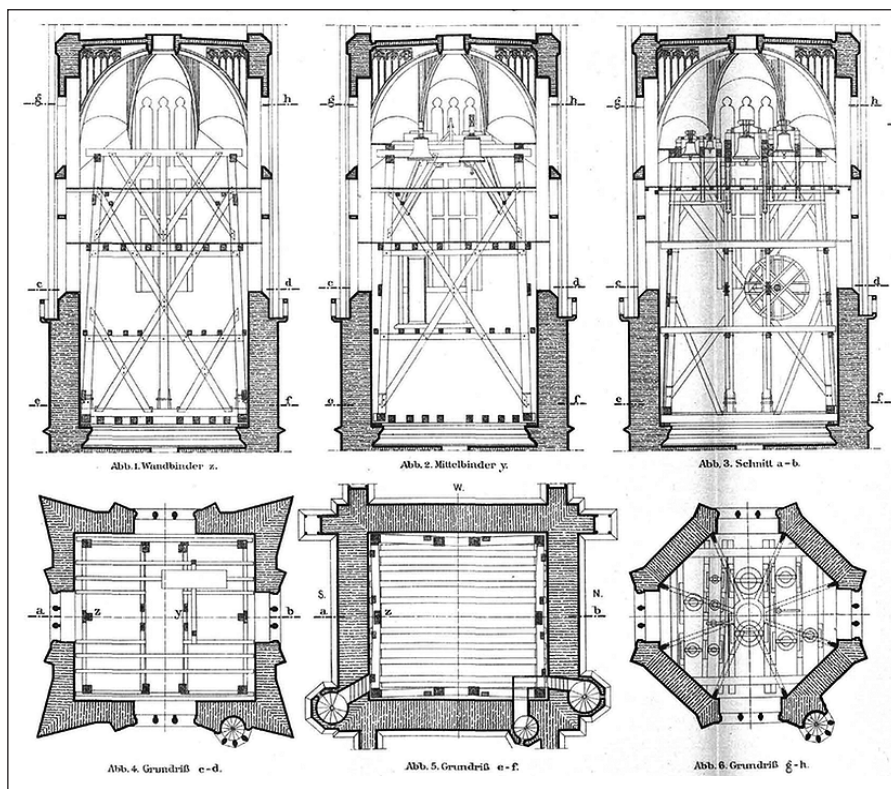
²⁶⁸ (Biebel 1921) Tafel 1.

²⁶⁹ (Adler 1881) 505. p., (Becksmann és Echtenacher 2011) 64. p.

²⁷⁰ (Biebel 1921) 95. p.

²⁷¹ (Adler 1881) 505. p.

²⁷² (Becksmann és Echtenacher 2011) 64. p.



17. kép – A freiburgi harangállvány rajza

Forrás: (Biebel 1921) Tafel 1.

Ami különösen érdekessé teszi a szerkezetet, az az, hogy régebbi, mint a körülötte lévő falak,²⁷³ ilyen módon minden bizonnyal az építést is segítette: belső anyagfelvonásra és anyagátárolásra, munkáállványként használhatták.²⁷⁴ Ezt a taposókerék jelenléte is alátámasztja. A freiburgi toronyban ezen a taposókeréken kívül minden bizonnyal volt egy munkaplatform a mérnökök számára is, daruval. Erre a jelenleg semmire se használt kis kőkonzolok utalnak.²⁷⁵ Ennek megfelelően a harangszint tetején lévő boltozaton is megtalálható a teherszállításra szolgáló kör alakú nyílás.²⁷⁶

²⁷³ (Adler 1881) 505. p., (Beckmann és Echtenacher 2011) 64. p.

²⁷⁴ (Adler 1881) 505. p., (Fritz 1926) 193. p., idézi: (Steinmann 2003) 136. p.

²⁷⁵ (Seidel 1996) 113. p.

²⁷⁶ (Sass 2000) 19. p.

A korábban már említett további, minden bizonnyal építési állványként is funkcionáló haranglábak mellett érdemes megemlíteni a Stephanskirche déli tornyának egykori harangállványát is. A korabeli számadások alapján arra lehet következtetni, hogy Bécsben is hamarabb építették meg a haranglábát, mint a körülötte lévő falakat.²⁷⁷ A bécsi harangláb a Biebel-féle „B” típusba tartozott: harangláb alsó állványzattal (Glockenstuhl mit Untergerüst) (18. kép). Biebel szerint valószínűleg a koraújkorban készült,²⁷⁸ de ha így is volt, középkori elődje is hasonló lehetett, mert szerkesztési elveiben nem különbözik lényegileg a Biebel által bemutatott középkori példától. Alsó állványzata egy többszörösen merevített négyzetes hasáb, aminek négy szintje van. Érdekes megfigyelni, hogy a Trost cikkében közölt rajz²⁷⁹ nemcsak az alsó állványzaton, hanem azon a szinten is mutat a fal mellett gerendákat és deszkázatot, ahol már a tulajdonképpeni harangláb kezdődik. Szintén figyelemre méltó a harangláb tetején lévő gerendázat és deszkázat, ami a boltozat építéséhez is megfelelő munkaplatform lehetett. Ez a harangláb sajnos nem maradt fenn.

A freiburgi és a bécsi esetben is vannak lyukak a harangláb-állvány fölötti boltozaton. A freiburgi rajzokon megfigyelhető, hogy minden szinten a két középső gerenda el van húzva egymástól, így vált lehetségessé közöttük a teherfelvonás. A bécsi rajzon a középső két gerenda viszonylag közel van egymáshoz, így ezeket minden bizonnyal csak az építkezés befejeztével tették a helyükre, ahogy a középső deszkákat is. A harangláb fölötti taposókerékről egy XVI. századi forrás is hírt ad,²⁸⁰ és a XIX. századi rekonstrukció során is a torony belsejében történt a teheremelést,²⁸¹ ez a bizonyíték arra, hogy ez a feladat a harangláb bontása nélkül is lehetséges volt.

A salisbury-i sisakban lévő állvány

A salisbury-i katedrális 1300 körül épült négyzeti tornyának sisakjában fennmaradt ácsszerkezet egyedülálló a maga nemében (19. kép). A templom négyzete fölött eredetileg egy viszonylag alacsony, négyszögletes lanterna volt. A XIII. század közepén tervváltozásra került sor, és a lanterna

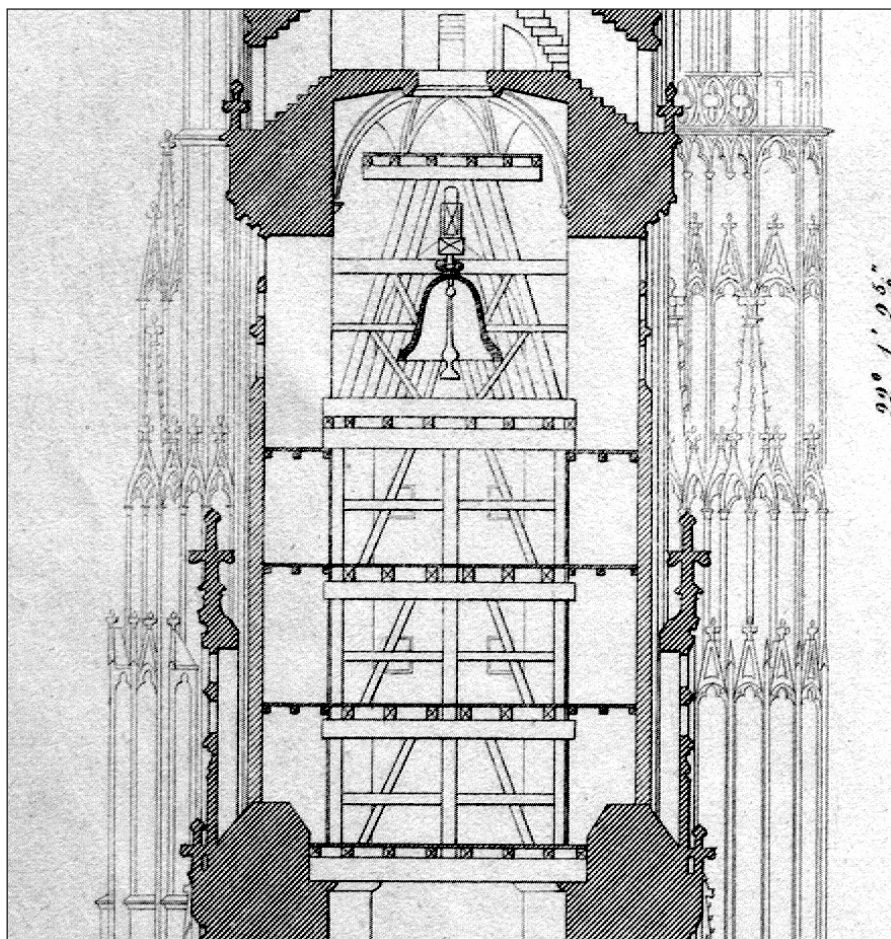
²⁷⁷ (Zykan 1967) 45. p.

²⁷⁸ (Biebel 1921) 101. p.

1 (Trost 1843) Taf. XDII.

²⁸⁰ (Zykan 1967) 77–78. p. 27. lábjegyzet

²⁸¹ (Trost 1843) 9. p.



18. kép – A bécsi déli torony harangállványa a XIX. század elején

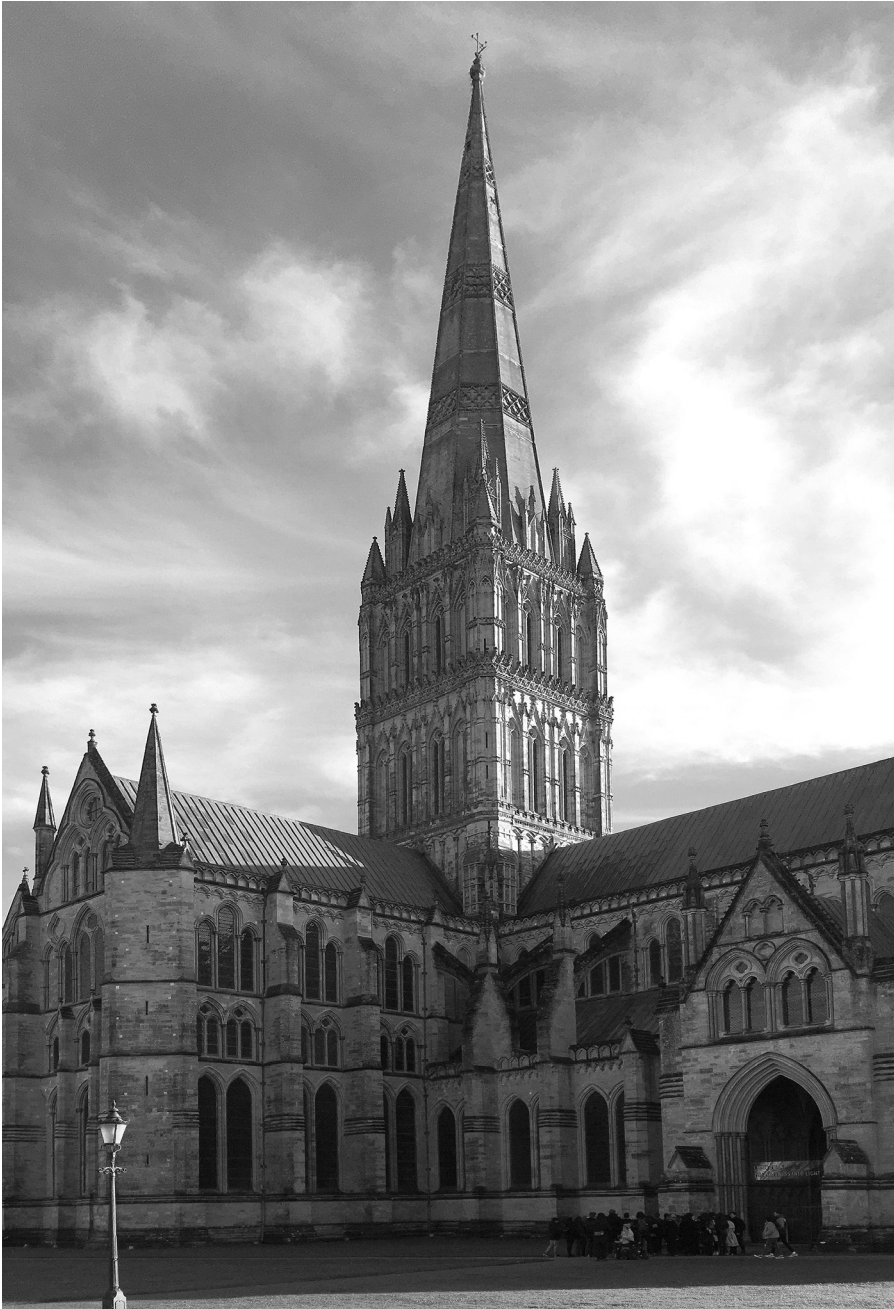
Forrás: (Trost 1843) Taf. XDII.

föle újabb, szintén négyzetes szinteket emeltek, majd ezekre a nyolcszögletű, meredek kősisakot (20. kép). A torony ezen szintjei és a sisak egy koncepció szerint épültek.²⁸² Az egész torony 123 m magas, ebből a sisak 54,9 m. A lanterna falai meglehetősen vékonyak, hiszen nem arra tervezték őket, hogy

²⁸² (Tatton-Brown 1996) 59. p.



19. kép – A salisbury-i sisakban lévő állvány



20. kép – A salisbury-i torony

egy magas torony terhét hordják, ezért már a XIII. század közepén belső fémmegerősítéssel látták el ezt a szintet.²⁸³ (21. kép.) Szintén középkori fém-szerkezet erősítette egészen az 1950-es évekig a toronycsúcsot,²⁸⁴ és a sisakot alkotó kőlapokat is fém kapcsok tartják össze.²⁸⁵ A sisak belsejében pedig, ha kiegészítésekkel is, de fennmaradt az az ácsszerkezet, amit a kősisak építése közben építési állványnak használtak.²⁸⁶ Ilyen módon a salisbury torony páratlan egysége a középkori fém, fa és kőszerkezeteknek.

Ezt a szerkezetet Tim Tatton-Brown kutatta nagy alaposággal, az itt következő megállapítások az ő vonatkozó cikkeiből származnak.²⁸⁷

A nyolcszögű sisak falazása az alatta lévő négyzetes szint falközepeinek belső oldalán indult. A négyzetes rész sarkai közé íveket falaztak, hogy a sisakoktagon alaprajzilag diagonális oldalait tartsák. A négyzetes szint belső szélessége 10 méter, a falvastagság 1,5 m; a sisak falvastagsága az aljánál 60 cm. 6,10 m magasságig a sisak fala belül függőleges, a falvastagság erre a magasságra lecsökken 20 cm-re. A sisak alsó részénél már a középkorban elhelyeztek egy fém gyűrűt, hogy összefogja az oktogont.

A sisak belsejében nagyrészt eredeti állapotában fennmaradt ácsszerkezetet már a XVIII. században építési állványként azonosították. Az állvány építésének menete a következőképpen zajlott. Először egy-egy keresztgerendát lefektettek a toronyfalak középvonalában. A gerendák találkozásánál egy központi árboac indul, és a gerendák negyedelőpontjaiból négy másik oszlop. Az állványt szintről szintre építették, a kőszerkezettel párhuzamosan. Az első állványszint a keresztgerendákhoz képest 460 cm magasban van, és 45 fokban elfordítja a rendszert: a négy oldalsó oszlopra négy, diagonális irányú gerenda fekszik fel. Ezek a gerendák a metszéspontjaikban vannak összekötve a központi árboacal. A gerendázat az oszlopokhoz ki van könyökölve, ezzel merevvé téve az egész szerkezetet. A négy oszlopon fekvő négy rúd végein ferde lapolású toldásokkal kisebb rudak vannak, amik oda érkeznek, ahol a belső fal függőlegesebből ferdebe vált. Itt egy falvállra ülnek, egyedül itt van direkt kapcsolat az állvány és a fal között. Ennek a szintnek a diagonális rúdjai

²⁸³ (Tatton-Brown 1997) 330. p.

²⁸⁴ (Jones 2005b)

²⁸⁵ (Tatton-Brown 1996) 61. p.

²⁸⁶ (Jones 2005a)

²⁸⁷ (Tatton-Brown 1996), (Tatton-Brown 1997)



21. kép – A salisbury-i torony négyzetes szintje belülről, a kiegészítő fémszerkezettel

lehetséges, hogy túlnyúltak, ha ez így volt, akkor a fiálék építéséhez kiválóan alkalmasak voltak; ez a 45 fokos fordulatot is megmagyarázná. A 2. és a 3. szinten a nyolcszögű munkaplatform részei is fennmaradtak. A szerkezet a 4. szinttől rendszert vált: a négy oldalsó oszlop nem megy tovább, a szintek innen kezdve csak a középső árbocra támaszkodnak, ferde könyökök közvetítésével. A legfelső, 9. szintig ez marad a kialakítás. Az alátámasztó könyökök felfelé haladva egyre meredekebbek, és faragott oszlopfő-szerű konzolok közvetítésével támaszkodnak a központi árbocra, ami kulcsfontosságú eleme az egész struktúrának. A 9. szinttől felfelé haladva (itt a kőszerkezet belső szélessége csak 1,5 m) ideiglenes külső állvány is kellett. Az állványlyukak ma is megvannak (fémfogantyús, eltávolítható dugaszokkal ellátva), és amikor a csúcsot reparálni kell, ma is használják őket. A középső árboc és a csúcskő közé egy vas szerkezet van szerkesztve, ami egyszerre épült a toronnyal. Ez három függőleges rúdszakaszból áll, amiknek a csatlakozásainál keresztirányú fém rudak kapcsolják össze a sisak kőszerkezetét.

A fémszerkezet funkciójáról megoszlanak a vélemények. Tatton-Brown és a korábbi irodalom szerint a vasszerkezet fő funkciója az, hogy a toronycsúcsra felfüggeszse az állványt, ezzel leterhelve a csúcsot és így növelve a sisak stabilitását. Meggyőzőbbnek tűnik Richard A. Jones fejtegetése,²⁸⁸ ami szerint ez a függesztés meglehetősen valószínűtlen: szerkezetileg nem szükséges, az állvány kötései nem húzásra vannak kialakítva, a fémszerkezet keresztirányú rudjai nem bírják el az állványt, és az állvány állékony a felfüggesztés nélkül is. Végső magyarázatot nem ad arra, hogy miért van a fémszerkezet az állvánnyal összekötve, csak több felvetést: cél lehetett az állvány tetejének vízszintes megtámasztása; a felkötés egyfajta biztonsági intézkedés lehetett, hogy az állvány semmiképp se zuhanjon be a négyzetbe; és (talán ez a legfontosabb) ez az összekötés kétségkívül komoly lehorgonyzást jelent a csúcs számára. A fémszerkezet keresztgerendái pedig több funkciót is ellátnak: pozicionálják a középső vasrudakat; behorgonyozzák a vasszerkezetet a kőszerkezetbe, ezzel erősítve azt; és az építés utolsó fázisában az emelőgépek támaszául is szolgálhattak.²⁸⁹

A bécsi torony csúcsában lévő eredeti vasszerkezetnek is hasonló funkciói lehettek, a keresztirányú merevítések ott is ugyanúgy megvoltak. A fő különb-

²⁸⁸ (Jones 2005b) 290. p.

²⁸⁹ (Jones 2005b) 290. p.

ség, hogy Bécsben nincs bennmaradó állványzat, és Bécsben a toronycsúcs tömörebb, mint Salisburyben. Ennek ellenére az idők során mindkét toronycsúcsot bontani kellett. Bécsben erre már a XIX. században sor került, Salisburyben csak 1950-ben.²⁹⁰ Ezeknek a vasszerkezeteknek a méretei is jelentősek, bár a teljes torony méreteihez képest kicsinek látszanak. Salisburyben a fémszerkezet kb. 10 méter magas,²⁹¹ Bécsben csaknem 20 méter.²⁹²

A salisbury-i toronyban a sisak alatt, a négyzetes szintek belsejében is van egy ácsszerkezet, ez azonban nem középkori, hanem valószínűleg XVII. századi, és azért épült, hogy támassa a sisak középkori ácsszerkezetét, aminek az alsó keresztgerendái addigra meglehetősen lehajlottak.²⁹³ A sisak aljában ma is meglévő taposókerék ezzel az építkezéssel lehet kapcsolatos, de valószínűleg tartalmaz elemeket egy korábbi gépből is.²⁹⁴

Kisebb állványok toronysisakokban

Bár a salisbury-i állványhoz hasonló nem maradt fenn sehol, kisebb kő toronysisakok belsejében fel lehet lelni ácsszerkezeteket, amik építési állványul is szolgálhattak. Mivel ezek magasan lévő, rejtett, alárendelt szerkezetek, a pusztá létezésükről is elég nehéz tudomást szerezni. A német nyelvterületen fellelhető középkori négyzetű tornyokat feldolgozó kiváló könyvében Philip S. Caston részletesen, az építés menetét is rekonstruálva bemutatja a murai St. Matthäus-templom kősisakjának egykori állványát.²⁹⁵ A dísztelen, tömör kősisakos torony a XIV. század legelején épült.²⁹⁶ A sisak belsejében megtalálható egy eltávolított faállványzat lenyomata. Erre az állványzatra mint mintaállványra emelték a sisakot.²⁹⁷ A lenyomatok alapján az állvány fő elemei az élekben haladó, két részből álló gerendák voltak. A felső rudat az alsó oldalához csatlakoztatták egy fém hevederrel. Az alsó és a felső rész csatlakozásánál egy vízszintes gerendakoszorú rekonstruálható, és középen valószínűleg egy császárfá volt.

²⁹⁰ (Jones 2005b) 279. p.

²⁹¹ (Jones 2005b) 280. p.

²⁹² (Trost 1843) 11. p.

²⁹³ (Tatton-Brown 1997) 336. p.

²⁹⁴ (Tatton-Brown 1997) 344. p.

²⁹⁵ (Caston 1997) 17–27. p.

²⁹⁶ (Caston 1997) 18. p.

²⁹⁷ (Caston 1997) 21. p. A sisak belsejében ma is meglévő fakonstrukció kétségkívül utólagos, és nincs köze az eredetihez.

Ez a szerkezet nem építési állvány, fő feladata az élek kijelölése volt. Az építési állvány külön konstrukció volt, erről a megmaradt állványlyukak tanúskodnak. Eszerint az építési állvány a sisak falain állt, és együtt épült a falakkal.²⁹⁸

A nyomok alapján az építés menetét és az állványt Caston a következőképpen rekonstruálja.²⁹⁹ Először megcsinálták a mintaállvány alsó szintjét a császárfával. Utána elkezdtek a falazást kis kváderekből, vízszintes sorokban. Körülbelül 2 m magasan szükség volt egy újabb munkaszintre. Itt elhelyeztek nyolc darab viszonylag vékony (kb. 8 cm átmérőjű) rudat a fal tetején, amiknek a másik vége szintén viszonylag keskeny oszlopokra támaszkodott; majd elhelyezték a pallóterítést is. Újabb 2 m múlva újabb hasonló munkaszintet építettek, de már csak 6 rúddal. A következő munkaszint újra 2 m múlva következik. Ezt az előző kettőnél jóval masszívabbra csinálták: két, mindkét oldalon a falra felfekvő, egymásra nagyjából merőleges, egyenként 15×15 cm-s szelvényű gerendapárból állt. Ide lehet, hogy daru is volt rögzítve, és anyagokat is tároltak. Ekkor felépítették a mintaállvány második szintjét, és a császárfát is meghosszabbították a csúcsig. Körülbelül 2,5 méterrel a csúcs alatt újabb vastag vízszintes gerendák voltak, de már csak kettő. Az nem világos, hogy az utolsó köveket hogy helyezték el, de az egyértelmű, hogy nem belülről. Bécshez és Salisbury-hez hasonlóan a csúcs itt is fémrúddal van el látva, ennek talán lehetett ebben szerepe.³⁰⁰

A bécsi Stephanskirche délnyugati toronysisakjában is fennmaradtak egy állvány maradványai.³⁰¹ Az élekben futó rudakat kb. 1,5 méteres magasságig a külső oldalukon vízszintes deszkákkal erősítették össze. Ez a deszkázat a téglasisak zsaluzataként szolgált. Fentebb a téglasorokat deszkázat nélkül helyezték el.³⁰²

A szepeshelyi (Spišská Kapitula, Szlovákia) Szent Márton-templom északi tornyában fennmaradt egy középkori ácsszerkezet, ami dendrokronológiailag 1382–1383-ra datálható.³⁰³ Murauhoz hasonlóan itt is végigfutnak az

²⁹⁸ (Caston 1997) 22. p.

²⁹⁹ (Caston 1997) 25. p.

³⁰⁰ (Caston 1997) 25. p.

³⁰¹ A sisak eredetileg téglából volt, a kőburkolat későbbi. (Koch 1993) 133. p., (Kieslinger 1949) 206. p.

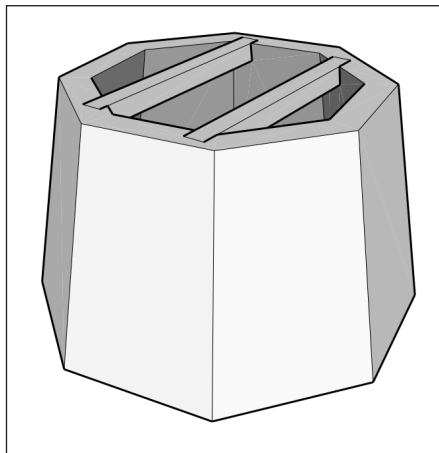
³⁰² (Koch 1993) 132–133. p.

³⁰³ (Švec 2013) 34. p.

éleken a rudak, és az élközepeken további 1-1 rúd van, ezek a középtájon körbefutó gerendakoszorúig érnek. Annak eldöntéséhez, hogy ez az állvány építési állványként is szolgált-e, tüzetes helyszíni vizsgálatra lenne szükség.

Sajnálatos módon a pozsonyi ferences templom toronysisakjának XIX. századi bontásáról nem maradtak fenn fotók,³⁰⁴ pedig Rómer Flóris még 1865-ben arról írt, hogy a torony belsejében „még mainap is megvan az egész szarufaállítás, melyen a kősisak felemeltetett”.³⁰⁵ Érdekes Rómernek az a megállapítása is, miszerint „a harangláb mindenhol a torony falához ér”,³⁰⁶ mert a haranglábak funkciójukból adódóan nem szoktak a falhoz érni,³⁰⁷ tehát lehetséges, hogy ez a szerkezet is elsődlegesen egy belső állvány volt. Ebből a szempontból érdemes megemlíteni, hogy a kassai Szent Erzsébet-templom északi tornyának belsejében, az egyik oktogonszinten található egy jelenleg funkció nélküli faszervezet, ami szintén a falakhoz ér.

A soproni volt ferences, ma bencés templom kő toronysisakjának falvastagsága a salisbury-hez hasonlóan nem egyenletes: az alsó részen vastagabb, és ahol a váltás van, ott belül egy vékony falpárkány keletkezik. Ebben a magasságban a sisak belsejében meg lehet figyelni két, kb. 20×20 cm-s négyzetes fészket, amikkel éppen szemben egy-egy, hasonló méretű fészkekben ülő kőcsonk van. Ezen a helyen egy kb. 20×20-as gerendapár lehetett befalazva, ami deszkázattal ellátva építési állványként szolgálhatott (22. kép), Murauhoz hasonlóan. Azzal elmentében Sopronban viszont nem lehet mintaállvány nyomait felfedezni.



22. kép – A soproni volt ferences templom sisakjában az építés közben valószínűleg építési platformot tartó gerendapár rekonstrukciója

³⁰⁴ A rekonstrukcióról lsd. (Berezki 2015)

³⁰⁵ (Rómer 1865) 287. p.

³⁰⁶ (Rómer 1865) 287. p.

³⁰⁷ (Biebel 1921) 93. p.

3.2. EGY TORONYÉPÍTÉS SZAKASZAI

A következő fejezet a bécsi északi torony példáján, hipotetikus illusztrációk sorozatával mutatja be egy toronyépítés egyes fő szakaszait, a kötetben fentebb bemutatott lehetséges felhasznált eszközök (állványok, gépek) bemutatásával. A 3D-s modell a tornyot egyszerűsítve ábrázolja, hasonlóan ahhoz, ahogy Matthäus Roriczer 1486-os könyve a fiatornyot:³⁰⁸ a díszítéseknek (keresztrózsáknak, kúszóleveleknek) csak a geometriai befoglalóformája jelenik meg. Az ablakművek és vakművek másodlagos díszítőelemnek tekinthetők, így a szerkezetre koncentráló modellen nem jelennek meg.

Az északi torony legteljesebb alaprajza a Wien Museum Karlsplatz gyűjteményében lévő 105.064-es rajz (*4. kép*), legteljesebb homlokzata pedig a 105.067-es, szintén a Wien Museum Karlsplatz gyűjteményében (*5. kép*). A modell ezek alapján készült. Ahol a kettő eltér, ott az alaprajz volt a mérvadó. Mivel a cél egy struktúra kizárólag eredeti tervek alapján történő rekonstrukciója volt, a modell kizárólag a rajzok alapján készült. Így azok a részek, amik nem szerepelnek a rajzokon és következtenni sem lehet rájuk (ez leginkább a földszint keleti³⁰⁹ és nyugati homlokzata), csak szemléletesen szerepelnek.

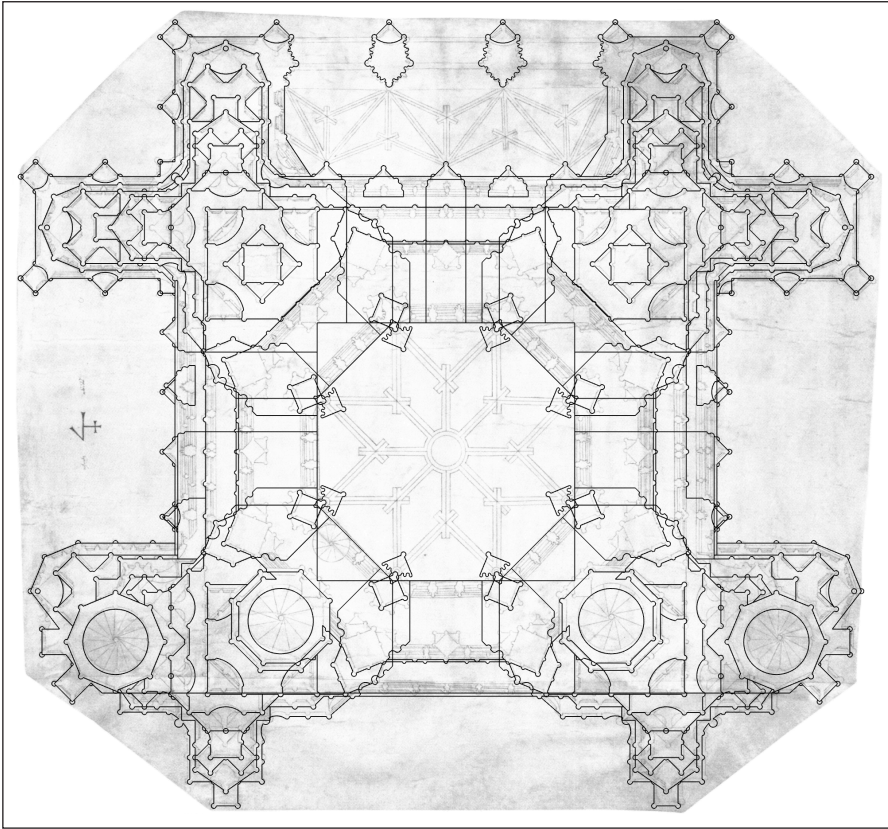
A modellek készítésének menete a következő volt.

1. Az építmény felépítése az adott szakaszhoz tartozó magasságig, a középkori tervek alapján. Az adott magassághoz tartozó alaprajzi kontúr megrajzolása az eredeti alaprajz alapján készült (*23. kép*), majd a homlokzati rajz határozta meg az adott kontúr magassági elhelyezkedését (*24. kép*) és az egyéb elemeket.
2. A korábban tárgyalt források alapján egy lehetséges állványzat elkészítése.
3. A megfelelő gépek elhelyezése a megfelelő helyre, főleg Hans Hammer alapján.

Az előző fejezetben bemutatott állványtípusok ezeken a modelleken a következőképpen jelennek meg:

³⁰⁸ (Roriczer 1999)

³⁰⁹ A keleti oldal földszintjét a Barbarakapelle foglalja el, erről vannak korabeli rajzok, de a kápolna nem képezte a modellezés tárgyát.

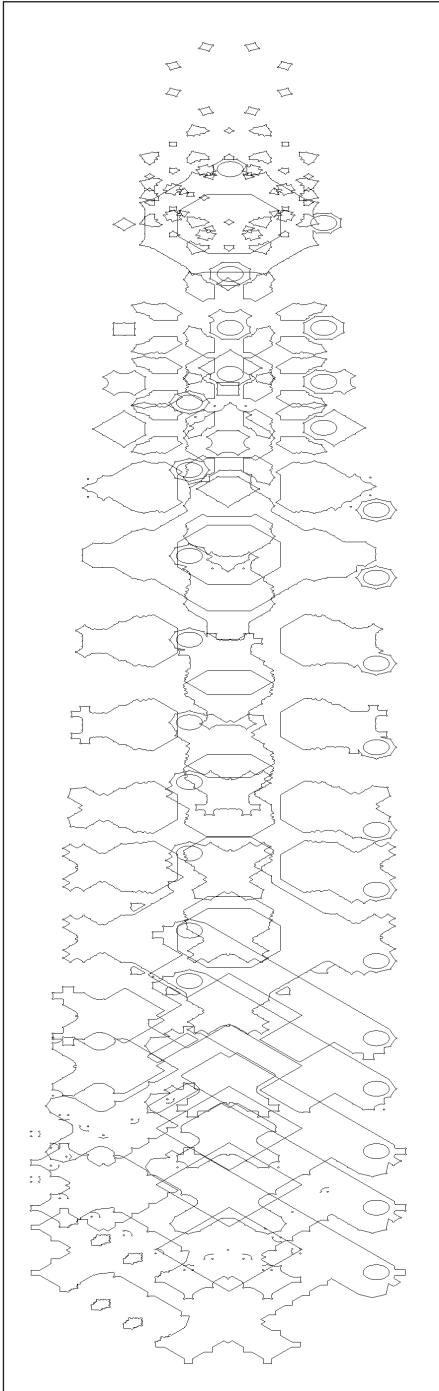


23. kép – A különböző szintekhez tartozó kontúrok átrajzolva a bécsi északi torony eredeti alaprajzán

Alapnak használt kép: Wien Museum Karlsplatz 105.064

1. alsó szint: oszlopos állvány, kívül;
2. harangszint: harangláb mint benmaradó állvány, kiegészítő kisebb állványok;
3. oktogonszint: belső állvány, kiegészítésekkel a fiatornyok építéséhez;
4. sisak: mintaállvány mint belső munkaállvány, a sisak körüli galérián álló kiegészítő állvány a fiatornyokhoz, legfelül külső állvány³¹⁰.

³¹⁰ Sisak esetében a külső-belső állvány kérdéskörét Jones alaposan körüljárta: (Jones 2005a) 13–14. p.



Az állványtípusok kiválasztása némileg önkényes, semmiképp sem állítható, hogy így és csak így építettek; pusztán az előbbieken alapján ez egy lehetséges és egyben valószínű felállítás.

Az alsó szinten azért esett az oszlopokon álló, külső állványra a választás, mert itt a belső állványnak nincsenek előnyei a külsővel szemben, és a toronyépítést ábrázoló képzőművészeti alkotásokon is gyakori az alsó szinteken a külső, oszlopokon álló állvány. Kérdés volt még, hogy a keresztgerendák a falra feküdjenek fel, vagy egy belső oszlopsorra. Az ábrázolásokon első megoldás a szokásos, így a modellen is ez jelenik meg.

A magasabban lévő szinteken a külső állvánnyal szemben praktikusabbnak tűnik a falpárkányokon álló belső állvány használata, főleg, ha ez később haranglábként is hasznosítható. A sisak esetében annak ellenére esett a választás a mintaállvány és a munkaállvány kombinációjára, hogy sem Freiburgban, sem Salisbury-ben nem volt szükség mintaállványra. Ez a

24. kép – Az eredeti alaprajz alapján megrajzolt kontúrok az eredeti homlokzati rajzon beazonosítható magasságba emelve



Aller heyligñ
 en Sand Stef
 Turn vnd an-
 kait. Elbgunn

Thuenkirch-
 fan Altit dem
 der schicklig-
 deruebt. rē.



25. kép – A bécsi Stephanskirche az építés alatt álló északi toronnyal,
 Wiener Heiligtumsbuch, 1502

Forrás: Goldene Zeiten - Österreichische Nationalbibliothek.
<https://www.onb.ac.at/museen/prunksaal/sonderausstellungen/vergangene-ausstellungen/goldene-zeiten/>



26. kép – Az úgynevezett Asytring a bécsi északi torony lábazatán

két sisak azonban jelentősen különbözik a bécsi sisaktól, mert mindkettő gyakorlatilag trapéz alakú elemek sorozatából áll, amikből egy sor önmagában is állékony, így nincs szükség mintaállványra. Bécsben a sisak fő szerkezetét az éleket alkotó bordák jelentik, ezeket meg kellett támasztani építés közben. Ezenkívül a kisebb sisakok esetében is használtak mintaállványt, így nem lett volna célravezető ezt a fajta szerkezetet figyelmen kívül hagyni.

A külső és belső állványok kombinált alkalmazásáról meghozott döntést alátámasztja, hogy Binding katalógusában egyazon kódexben is található olyan ábrázolás, amin az alsó szinteket külső, a felső szinteket belső állvánnyal építik.³¹¹

³¹¹ (Binding 2001) 190. p.

A rekonstrukció tárgyául választott bécsi északi torony megvalósult részein nehezen lehet állványlyukakat azonosítani. Alois Kieslinger szerint az egész templomon meglehetősen kevés van belőlük, kivéve a déli tornyot, de azok minden bizonnyal a későbbi rekonstrukciók idejéből származnak.³¹²

Az északi torony kivitelezésével kapcsolatban három nagyon értékes információ áll rendelkezésre: két, nagyon hasonló daruterv a bécsi műhely archívumából 1500 körülről,³¹³ és egy 1502-es fametszet a templomról az ún. Wiener Heiltumsbuchból (a torony ekkor még építés alatt volt), (25. *kép*). Mindkét tervrajzon fa keretben lévő, taposókerekes, hatalmas méretű daru látható. A fametszet daruja a sematikus ábrázolás ellenére lehetséges, hogy megegyezik a két daruterv közül a konzolossal. Érdekes adalék még az építéshez a torony alján a mai napig meglévő úgynevezett Asyrling (26. *kép*). Ez Kieslinger szerint a fametszeten látható daruhoz tartozott, és a kötél vezetésére szolgált.³¹⁴ Ennek viszont csak abban az esetben van értelme, ha a daru fent van, a meghajtás pedig lent, a terven lévő darunak viszont a meghajtása is fent van.

3.2.1. Első szakasz: toronytörzs

Felhasznált rajzi források:

- állvány: a Binding-katalógus 315 oszlopos állványai, elsősorban a 254 (12. *kép*) és a 634e katalógustétel
- közlekedés az állványon: Hans Hammer 8v-n látható, több részes, kampós kötélletrája
- gépek:
 - a bécsi Akadémia gyűjteményének fent ismertetett 35.043r jelű darurajza,³¹⁶ kiegészítve a középkori kölni daruról készült XIX. századi felmérési rajz³¹⁷ néhány elemével

³¹² (Kieslinger 1949) 149. p. Ugyanitt említi Kieslinger, hogy az 1839-es beállványozáskor a lyukak hiányát kellemetlennek ítélték az építők. „Übrigens wird von der Einrüstung des Hochturmes im Jahre 1839 der Mangel an Gerüstlöchern als unangenehm vermerkt.”

³¹³ (J. J. Böker 2005) 145–146., 412. p., (Kronberger 2011) 82. p.

³¹⁴ (Kieslinger 1949) 148. p.

³¹⁵ (Binding 2001)

³¹⁶ (J. J. Böker 2005) 145–146., 412. p., (Kronberger 2011) 82. p.

³¹⁷ (Wolff 1980) 110. p.

- Hans Hammer 3r 1 gépe (10. kép)
- Hans Hammer 4r 1 gépe (7. kép)
- Hans Hammer 10r 1 gépe
- Hans Hammer 10v 2 gépe

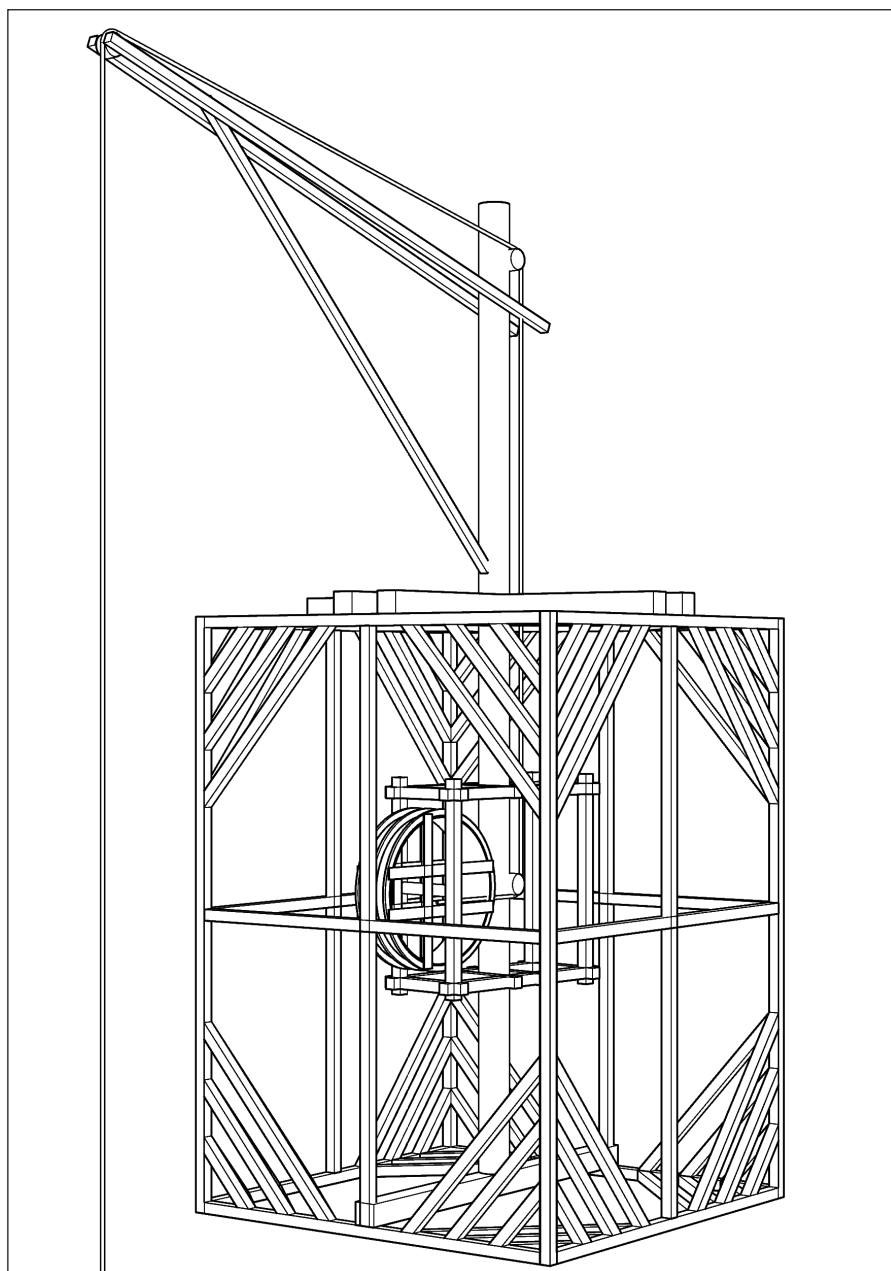
Bár a cél Hans Hammer gépei alkalmazásának a bemutatása volt, nem lehetett figyelmen kívül hagyni a bécsi darurajzot. Ez az ábrázolás abban is különleges, hogy Hans Hammer géprajzaival ellentétben az építészeti rajzok konvenciója szerint készült.³¹⁸ A daru a terven látható kialakításban nem lenne állékony, ezért a modellen kiegészült a kölni daru merevítéseivel (27. kép). A bécsi daruhoz hasonló, kocka alakú keretbe épített, taposókerekes daru biztos, hogy létezett a középkorban, mert több ábrázoláson is feltűnik.³¹⁹ A bécsi rajzon a taposókerek egy külön fakeretben van, ez a keret a daruoszloppal együtt foroghatott.

Ahogy több rajz és a XIX. századig fennmaradt kölni daru is tanúsítja, toronyépítéshez minden bizonnyal előszeretettel használtak ilyen nagyméretű, a torony közepébe állított darukat. Az építkezés menete úgy nézhetett ki, hogy először ezt a nagyjából 20 méter magas toronydarut állították fel, majd elkezdték köréépíteni az állványzatot és az állványzattal párhuzamosan magát a tornyot. Amikor a falak elérték azt a magasságot, ahol a darut már nem lehetett használni, a darut a kockaalakú kerettel együtt áttették a falkoronára, és következett az építés újabb szakasza. Ilyen módon a daru magassága meghatároz egy építési szakaszt. Az tűnik logikusnak, hogy az állványzat is a daruval együtt mozgott, tehát egyszerre maximum annyi állványszint készült el, ami a daru magasságát lefedte. Több, oszlopos állványt szerepeltető középkori ábrázoláson megfigyelhető,³²⁰ hogy az alsó munkaszintek már nincsenek meg, csak az oszlopok és a merevítések. Egy bizonyos magasságig valószínűleg az oszlopokat tovább toldották, de az anyagtakarékosság miatt a már nem szükséges munkaszinteket lebontották, és magasabban építették vissza.

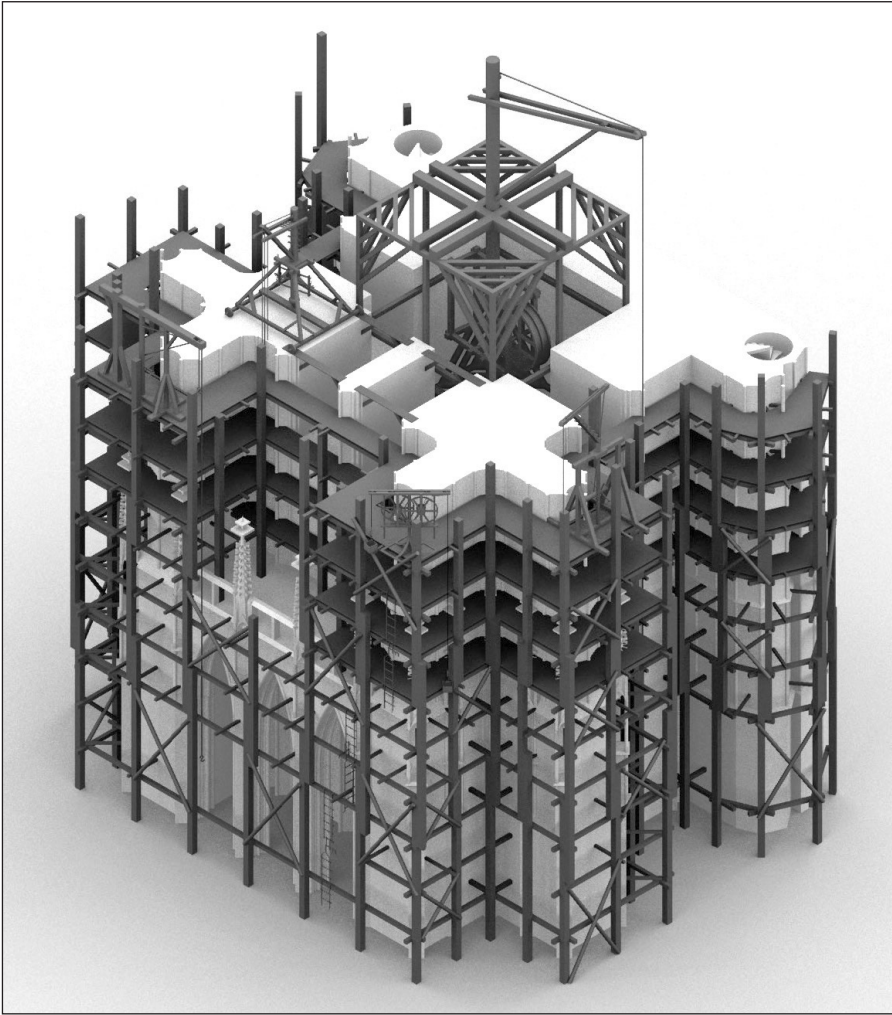
³¹⁸ A XV. századi géprajzok és építészeti rajzok eltérő konvencióiról lsd. jelen kötet Hans Hammer géprajzairól szóló fejezetét.

³¹⁹ Pl. (Binding 2001) 537 katalógustétel

³²⁰ Pl. az itt idézett kettőn is.

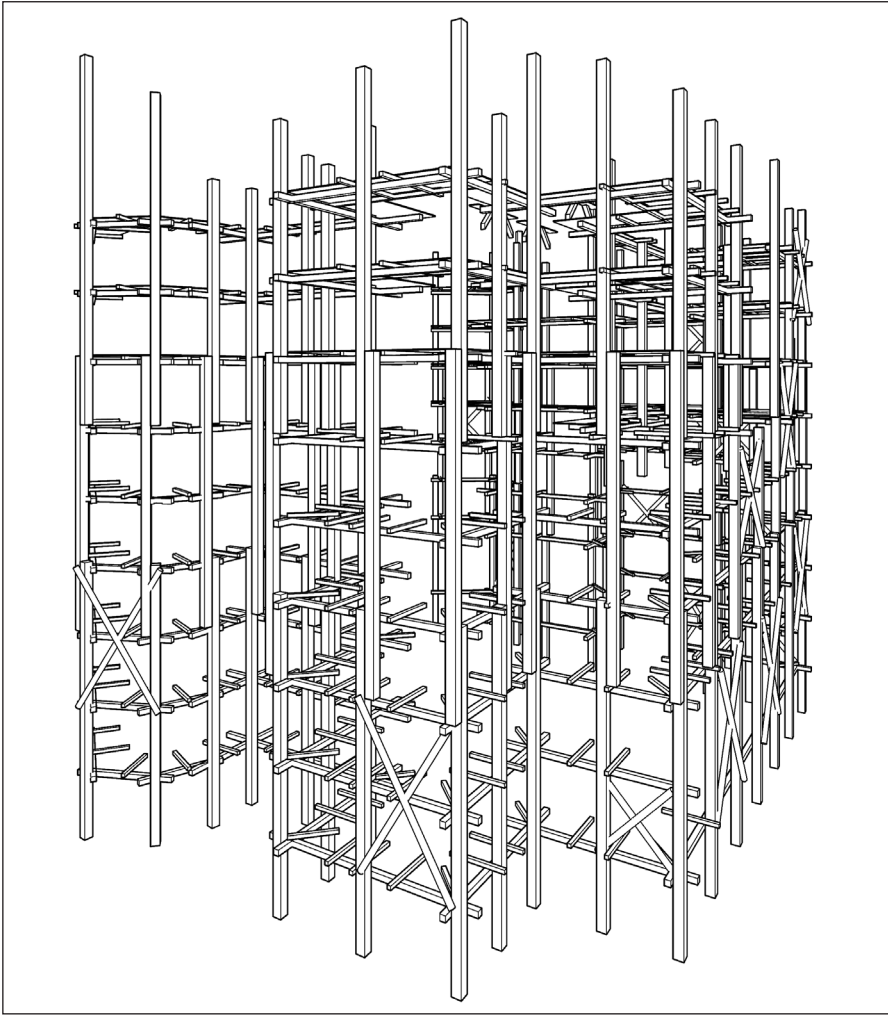


27. kép – A bécsi Akademie der bildenden Künste gyűjteményében lévő 35.043r jelzetű darurajz alapján készült 3D-s darumodell, kiegészítve a XIX. században lebontott középkori kölni daru merevítéseivel



28. kép – Toronyépítés rekonstrukciója, első szakasz: a toronytörzs építése

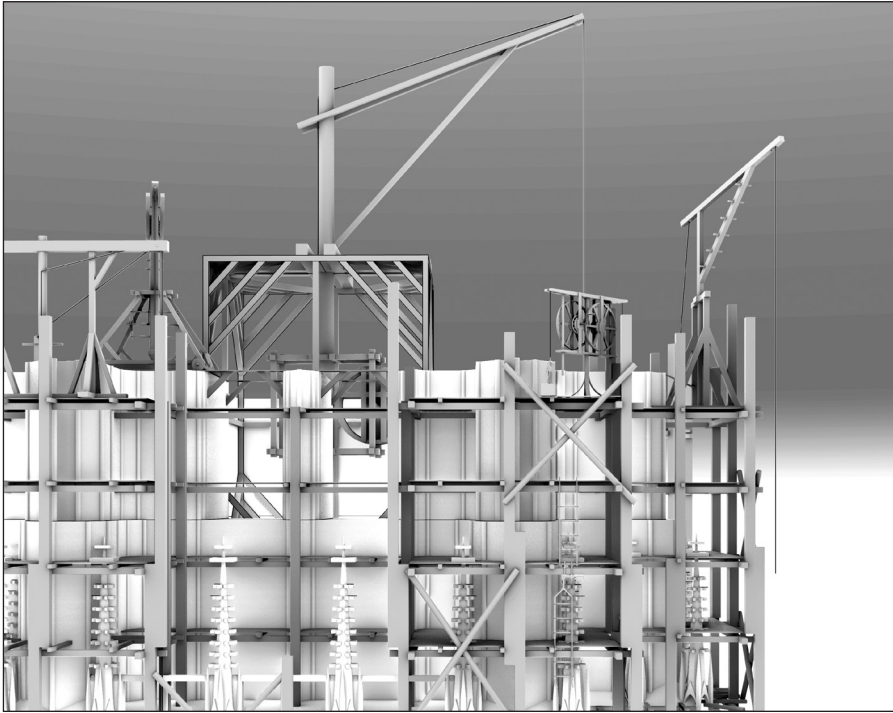
Az első szakaszt bemutató modellen az építkezés az ikerablakok vállmagasságánál jár (28. kép). Körben andráskeresztekkel merevített oszlopos állvány van (29. kép). Az oszlopokra hosszgerendák vannak rögzítve, a keresztgerendák ezekre és a falra támaszkodnak. Az alsó munkaszintek és részben a keresztgerendák már el vannak bontva. Középen, az 1502-es fametszethez ábrázolthoz hasonlóan helyezkedik el a toronydaru. A falkoronán Hans Hammer egyik ke-



29. kép – Az első szakaszhoz használt állványzat

rekes daruja (4r 1) mozog: a nagy falvastagság lehetővé teszi az elhelyezését és működtetését. Az állvány egyik sarkán Hans Hammer 3r 1 gépe helyezkedik el. A nagyméretű tornyoknak az alsó szinten igen nagy a falvastagságuk, ez felfelé egyre csökken. A bécsi tornyok esetében tudjuk, hogy az alsó szinten a falak rétegesek: a külső és a belső héjuk kváderből van, a közüket törtkő tölti ki.³²¹

³²¹ (Zykan 1967) 33. p.



30. kép – Az első szakaszhoz használt gépek

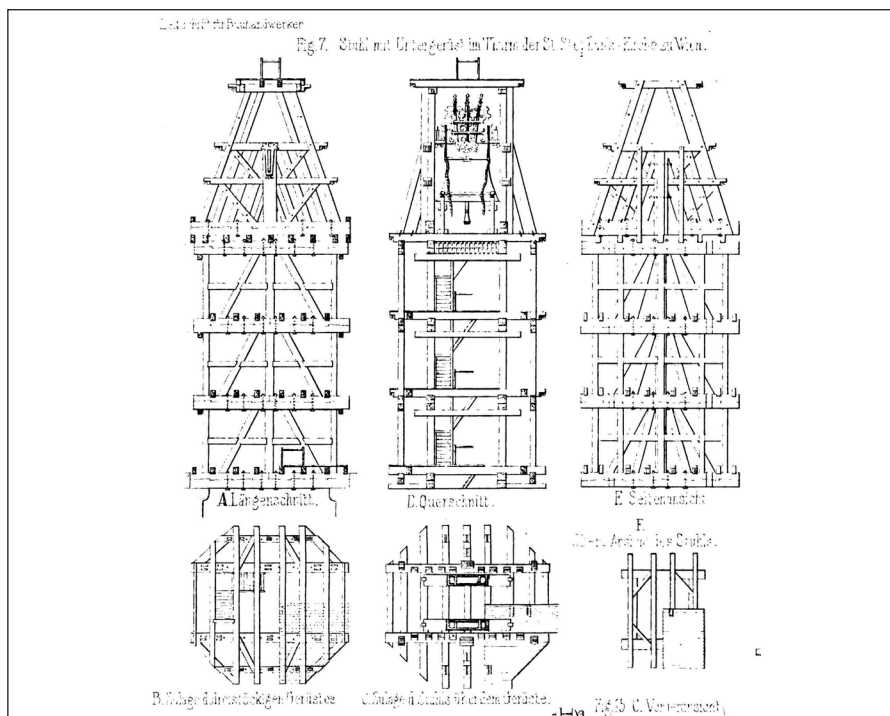
A belső szinte teljesen tagolatlan, míg a külső aprólékosan tagolt. A modellen a középső, nagy toronydaru a belső, tagolatlan kváderköveket és a kitöltőkövet emeli elsősorban, a homlokzat kisebb méretű, aprólékosan faragott köveit pedig főleg a kis daruk emelik, így a munkavégzés több szálon tud haladni (30. kép).

3.2.2. Második szakasz: szabadonálló négyzetes rész

Felhasznált rajzi források:

- állvány:
 - a bécsi déli torony egykori haranglábát ábrázoló XIX. századi rajzok:
 - Trost 1843-as cikkében közölt metszet³²² (18. kép)

³²² (Trost 1843) Taf. XDII.



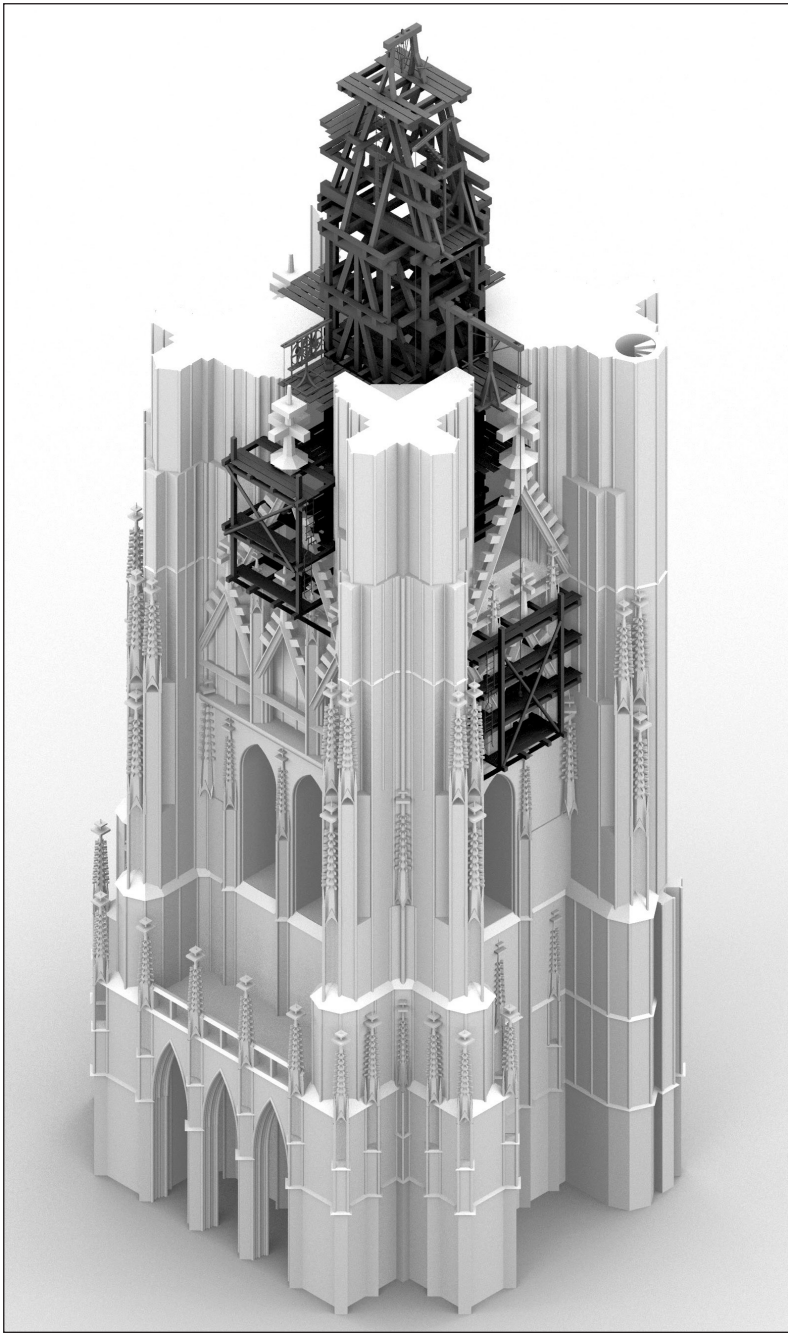
31. kép – A bécsi déli torony elpusztult harangállványának XIX. századi felmérési rajza

Forrás: (Lange 1863) Blatt 12. p.

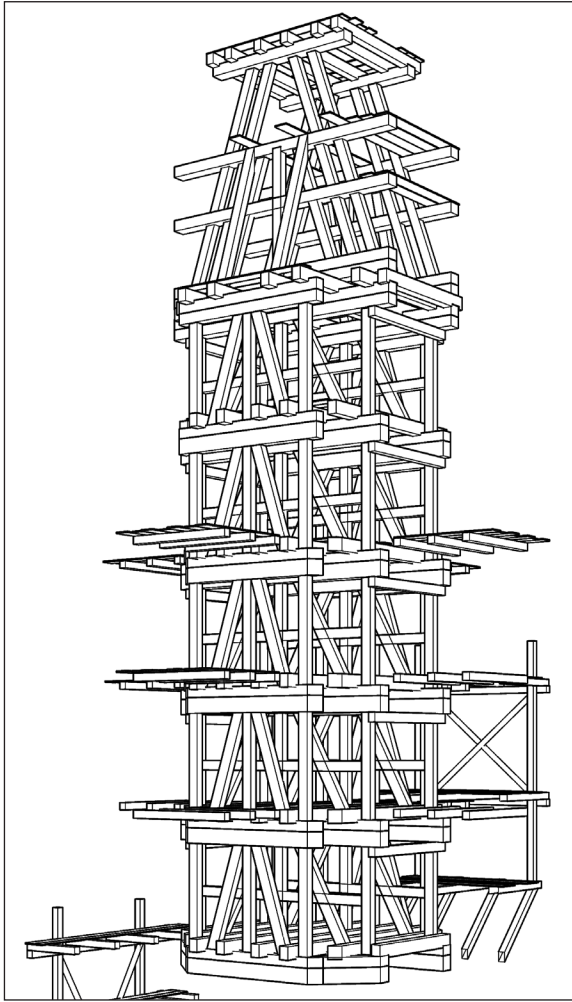
- a Zeitschrift für Bauhandwerker 1863-as számában szereplő metszetek, alaprajzok, nézetrajzok³²³ (31. kép)
- Viollet-Le-Duc rajza konzolos és oszlopos állvány kombinációjáról³²⁴ (16. kép)
- közlekedés az állványon: Hans Hammer 8v-n látható, több részes, kampós kötélletrája
- gépek:
 - Hans Hammer 3r 1 gépe (10. kép)
 - Hans Hammer 4v 1 gépe (7. kép)
 - Hans Hammer 10r 1 gépe
 - Hans Hammer 10v 2 gépe

³²³ (Lange 1863)

³²⁴ (Viollet-le-Duc 1861) 108. p.



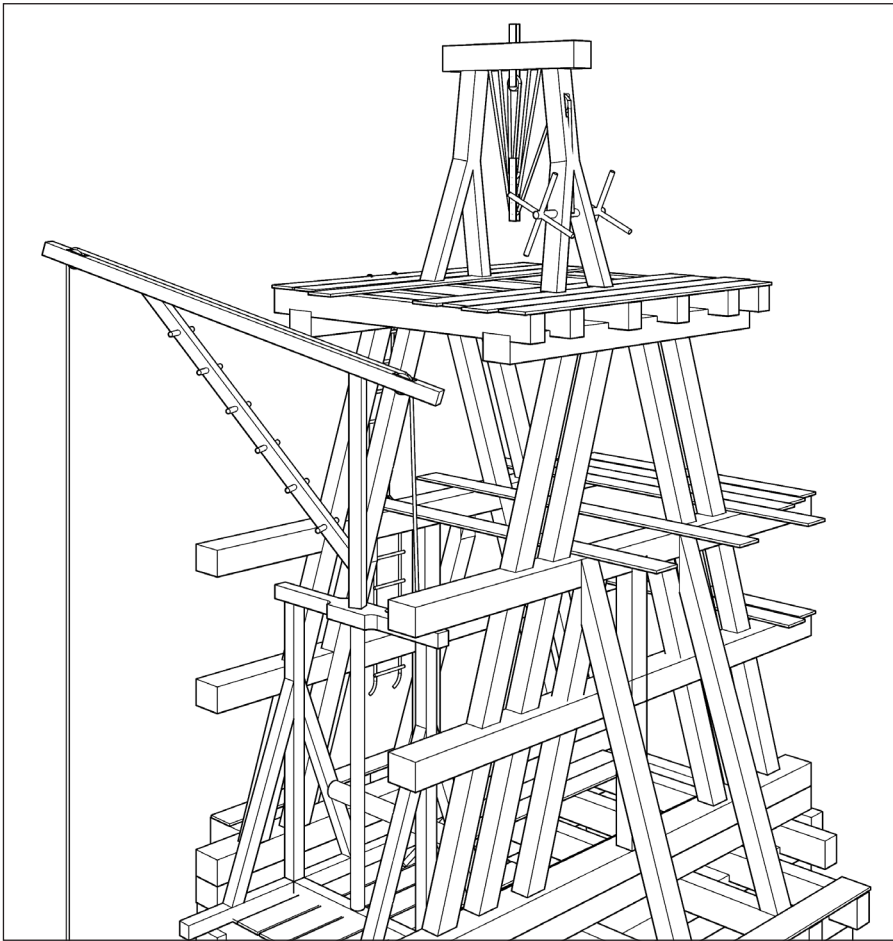
32. kép – Toronyépítés rekonstrukciója, második szakasz: a szabadonálló négyzetes rész építése



33. kép – A második szakaszhoz használt állványzat

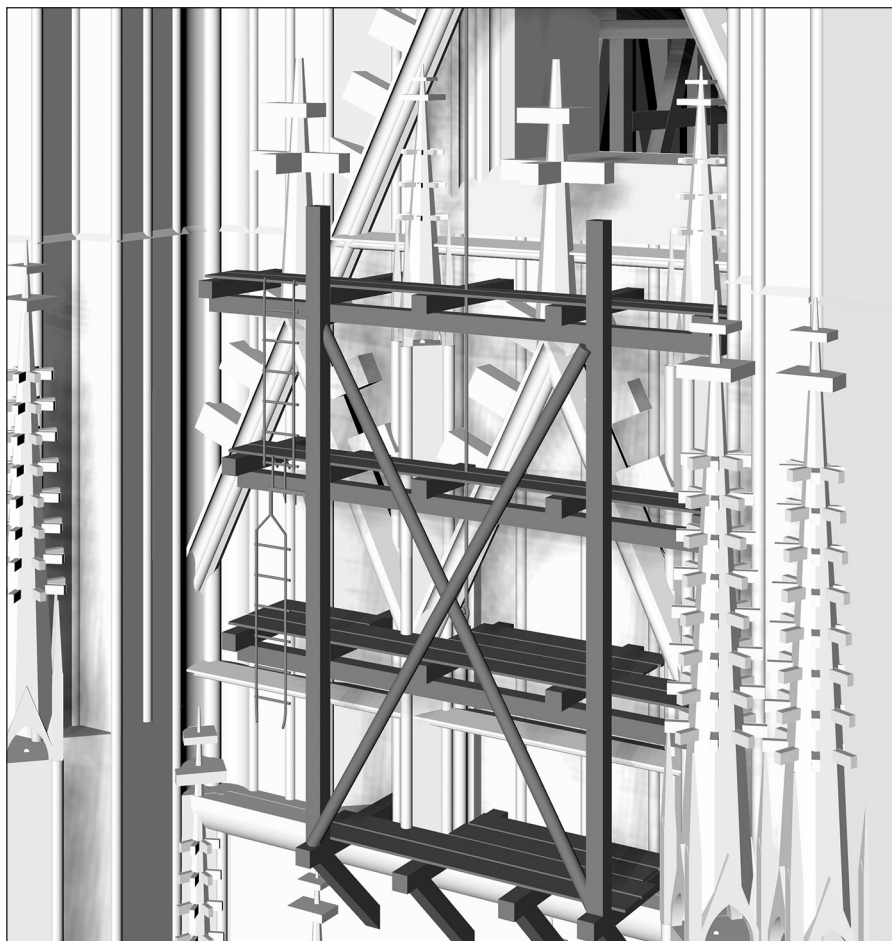
A modellen a szabadon álló négyzetes rész építése látható (32. kép). Bécsben ennek a résznek az a sajátossága, hogy a belső tér már itt is oktagon alaprajzú. A modell a Freiburgban használt megoldást ábrázolja: a harangállvány a környező falak előtt elkészül, és építési állványként is szolgál (33. kép). A források arra utalnak, hogy a bécsi déli torony esetében is hasonló lehetett a helyzet.³²⁵

³²⁵ (Zykan 1967) 45. p.



34. kép – Második szakasz: gépek az állványzat tetején

A modellen ennek a harangláb-állványnak a tetején Hans Hammer egyik, nagy terhek emelésére is alkalmas bakdaruja szerepel (34. kép). Az állványokról szóló áttekintésből kiderül, hogy a középkori állványok valószínűleg nem voltak alkalmasak nehéz kőanyag tárolására. A harangláb-állványok ez alól kivételt képeznek. Kialakításuk olyan, hogy a több tonnás harangot is elbírók, így a kövek ideiglenes tárolására is alkalmasak. Ilyen módon a magasban is lehetővé válhatott a kövek feldolgozása: a bakdaru felemeli a megfelelő szintig a nagy köveket, amiket fent deponálva, megmunkálva, esetleg szétvágva aztán a teher vízszintes pozicionálására is alkalmas konzolos darukkal tették a helyükre.



35. kép – Második szakasz: kiegészítő állványzat a vimperegák építéséhez

A nagy állványzat mellett valószínű, hogy használtak olyan, konzolokon álló többszintes állványokat is, mint amilyenek a rajzát Viollet-Le-Duc közli (16. kép).³²⁶ A bécsi torony esetében az egymásba szerkesztett vimperegák építéséhez egy ilyen struktúra ideális lehetett. A vimperegák aljánál a torony fala visszaugrik, ez megfelelő platformot kínál az állvány konzoljainak elhelyezéséhez, ahogy a nagyméretű ablak parapetje is. A modellen a torony két oldalán egy-egy ilyen segédállvány látható (35. kép).

³²⁶ (Viollet-le-Duc 1861) 108. p.

36. kép – Toronyépítés rekonstrukciója,
harmadik szakasz: az oktagonális szint építése

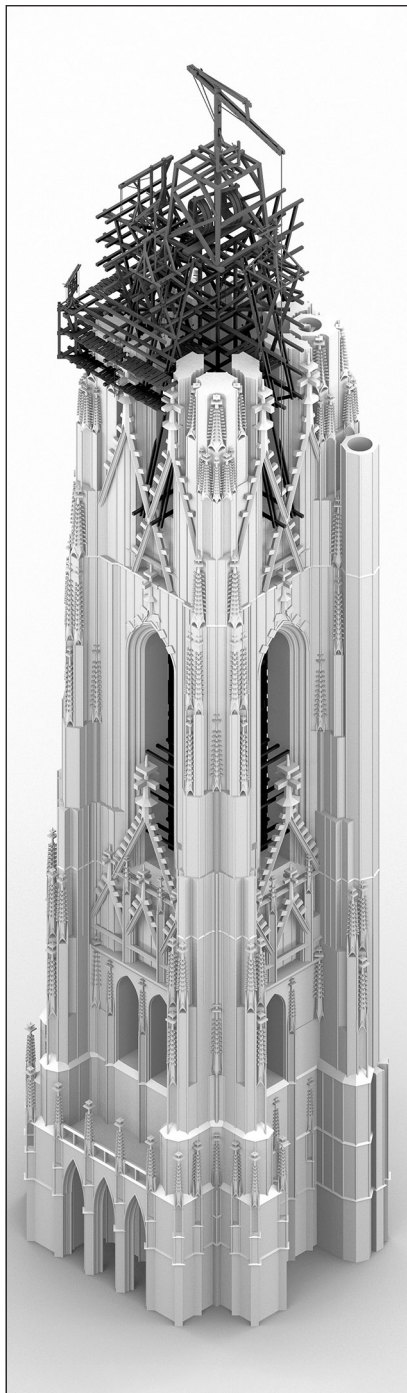
A Trost által közölt rajzon az ablaknyílásokba beépített, deszkaterítéses gerendák láthatók (18. kép). Ezek is kiválóan alkalmasak lehetnek építésre, a modellen így ezek is szerepelnek.

3.2.3. Harmadik szakasz: szabadonálló oktagonális rész

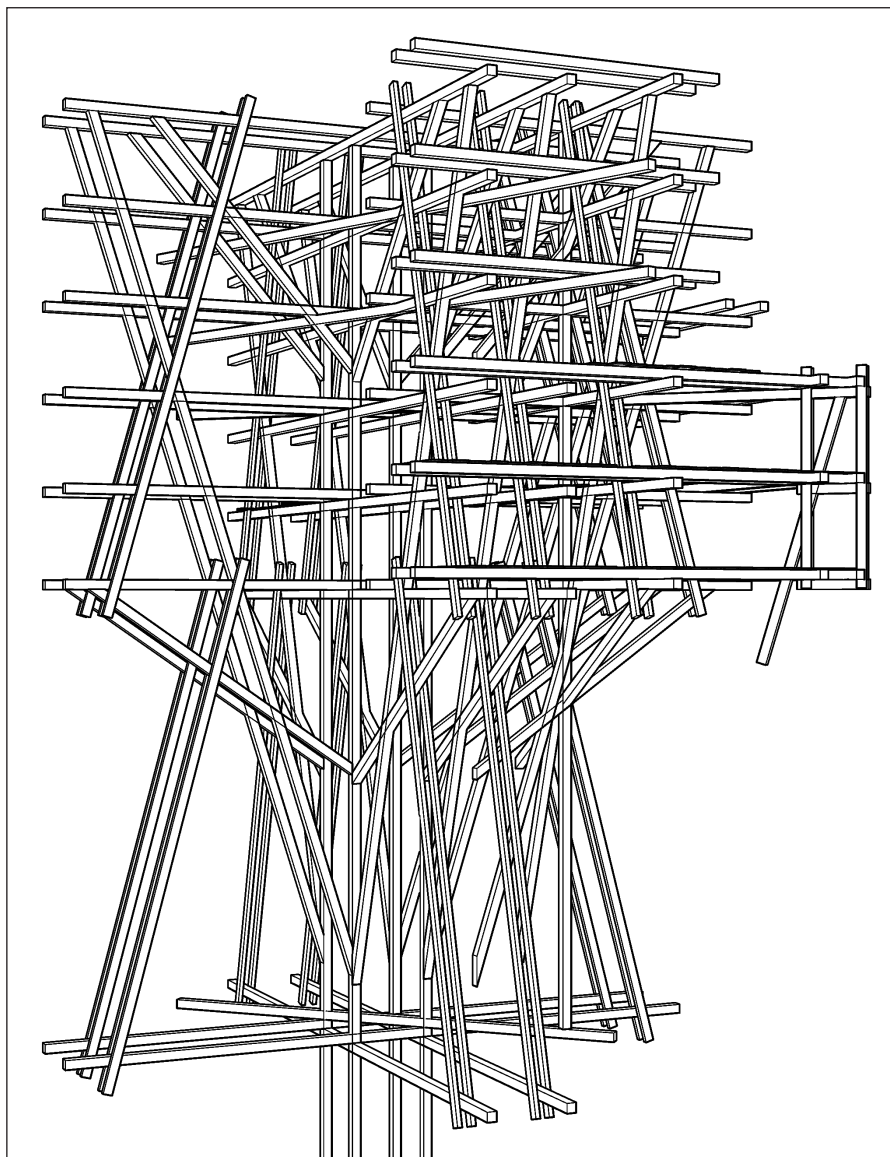
Felhasznált rajzi források:

- állvány: Viollet-Le-Duc toronyállványt bemutató rajza³²⁷ (15. kép)
- közlekedés az állványon: Hans Hammer 8v-n látható, több részes, kampós kötélletrája
- gépek:
 - Hans Hammer 3r 1 gépe (10. kép)
 - Hans Hammer 3r 3 gépe (8. kép)
 - Hans Hammer 4r 1 gépe (7. kép)
 - Hans Hammer 10r 1 gépe
 - Hans Hammer 10v 2 gépe

A modellen a toronyoktagon építése látható (36. kép). Az állványhoz a Viollet-le-Duc szótárában szereplő állványrajz szolgált alapul, némileg átszerkesztve, mivel Bécsben négy-szögletes a harangház és nincsenek

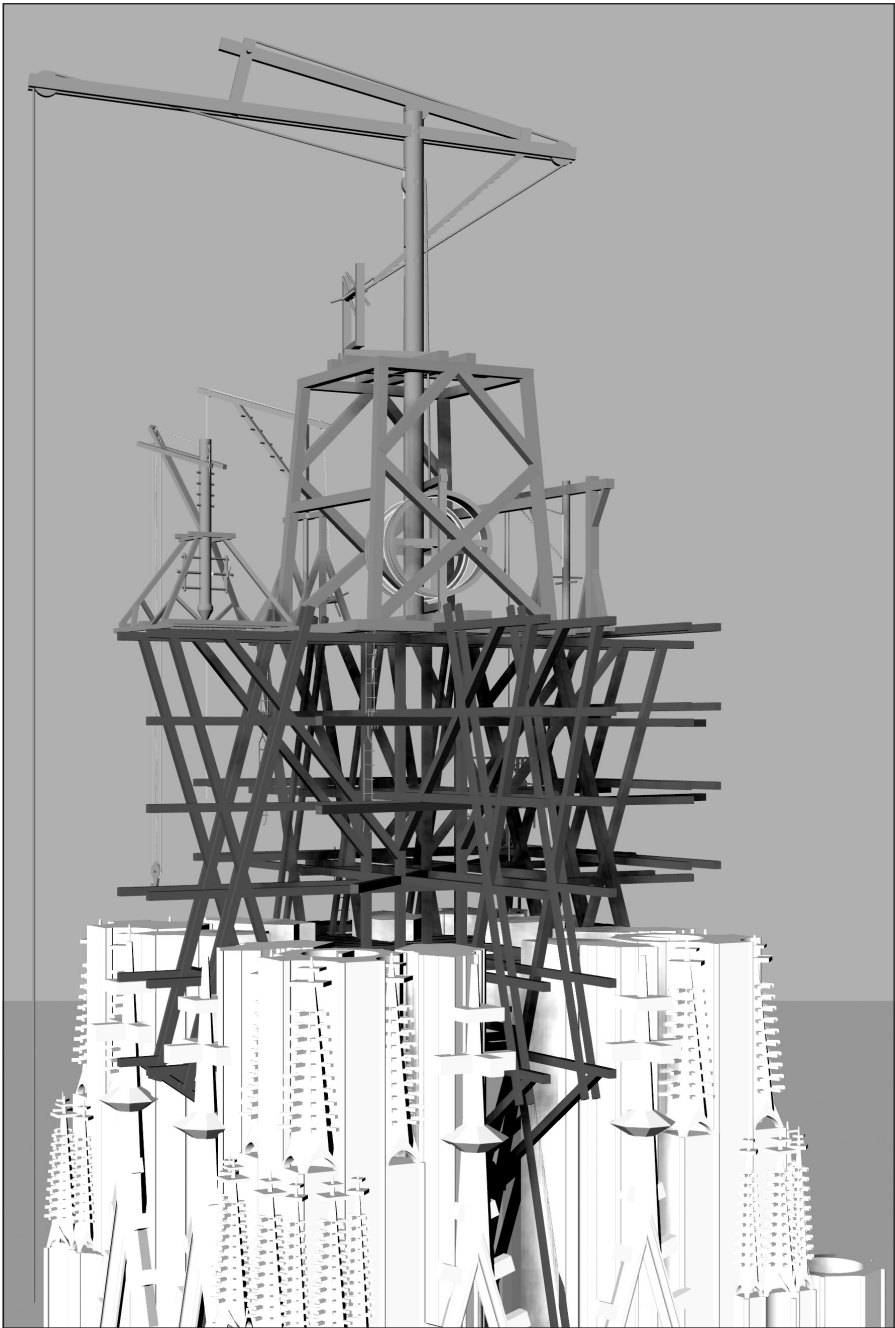


³²⁷ (Viollet-le-Duc 1861) 103–114. p.



37. kép – A harmadik szakaszhoz használt állványzat

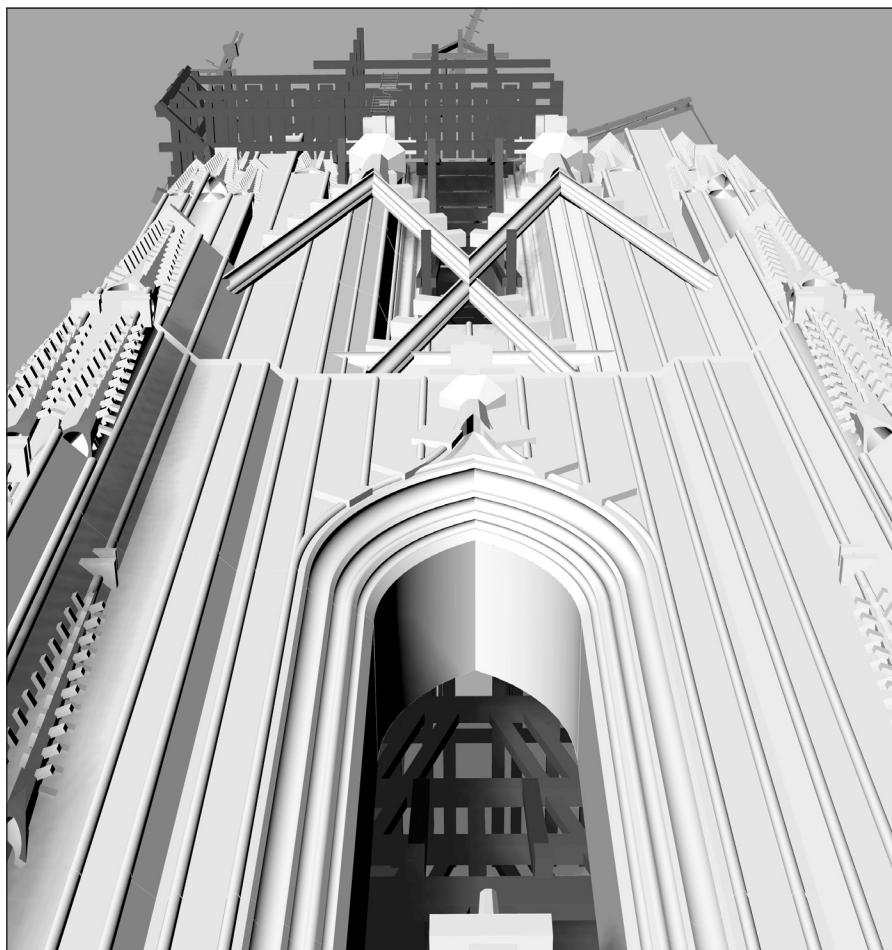
óriásfiálék. A rajzon szereplő állvány úgy módosult, hogy alkalmas legyen a nyolcszögletű harangházban való alkalmazásra, és az óriásfiálékat is fel lehet-e-sen építeni róla (37. kép).



38. kép – Harmadik szakasz: gépek az állványzat tetején

Középen egy, az első szakaszhoz hasonló méretekkkel rendelkező toronydaru van, ez Hans Hammernél a 3r oldalon látható (38. kép). Ez a portfólió legnagyobb méretű daruja, egyben az egyetlen, ami taposókerekeket használ.

A torony belsejében továbbra is jelen van az előző szakasz állványa, ilyen módon az előző szakaszban ennek a tetején ábrázolt, nagyobb kövek emelésére alkalmas bakdaru is még működni tud, ezzel a több szakaszos emelés továbbra is megoldott (39. kép). A modellen még néhány kisebb daru szerepel, ezek már az alsóbb szinteken is használatban voltak.



39. kép – Harmadik szakasz:
a második szakasz benntartó állványzata az előző szint belsejében

3.2.4. Negyedik szakasz: sisak

Felhasznált rajzi források:

- állvány:
 - a salisbury-i sisakban fennmaradt állvány felmérési rajza³²⁸
 - a bécsi déli torony Sprenger-féle felújításánál használt állvány rajza³²⁹ (14. kép)
- közlekedés az állványon: Hans Hammer 8v-n látható, több részes, kampós kötélletrája
- gépek:
 - Hans Hammer 3r 1 gépe (10. kép)
 - Hans Hammer 4r 1 gépe (7. kép)
 - Hans Hammer 4r 5 gépe (7. kép)
 - Hans Hammer 10r 1 gépe
 - Hans Hammer 10v 2 gépe

A sisak építésének bemutatása két részből áll: az elsőt a sisak alsó része és a környező fiáléerdő épül (40. kép), a másodikon a sisak felső része (41. kép). A sisak belsejében egy, a Salisburyben lévőhöz hasonló belső állvány van, ami a sisak éleit képező kövek ideiglenes támaszaként is szolgál. Ehhez kapcsolódva, részben a sisak körüli galériára támaszkodva áll egy másik állvány, amiről a sisakot övező számtalan fiálé építése lehetséges (42. kép). Ennek szerkesztéséhez a bécsi déli torony csúcsának 1838–1842-es rekonstrukciójához használt állvány szolgált alapul.³³⁰ Az ábrák addig a magasságig ábrázolják a sisak építését, ameddig az belülről elvégezhető volt. Legfelül Hans Hammernek az egyik kisebb, forgatható konzolos daruja áll az állványhoz rögzítve (43. kép).

E magasság fölött a sisak már annyira elkeskenyedik, hogy belülről nem lehetséges építkezni. Itt már külső állványra van szükség, a második modell ezt mutatja (41. kép). Salisburyben a kis kibúvónyílás, az úgynevezett „weather door” van ebben a magasságban, a feltételezések szerint ott ebben a magasságban történt a váltás a belső és a külső állvány között.³³¹ A model-

³²⁸ (Tatton-Brown 1996) Fig. 3.

³²⁹ (Trost 1843) Taf. XDII.

³³⁰ (Trost 1843)

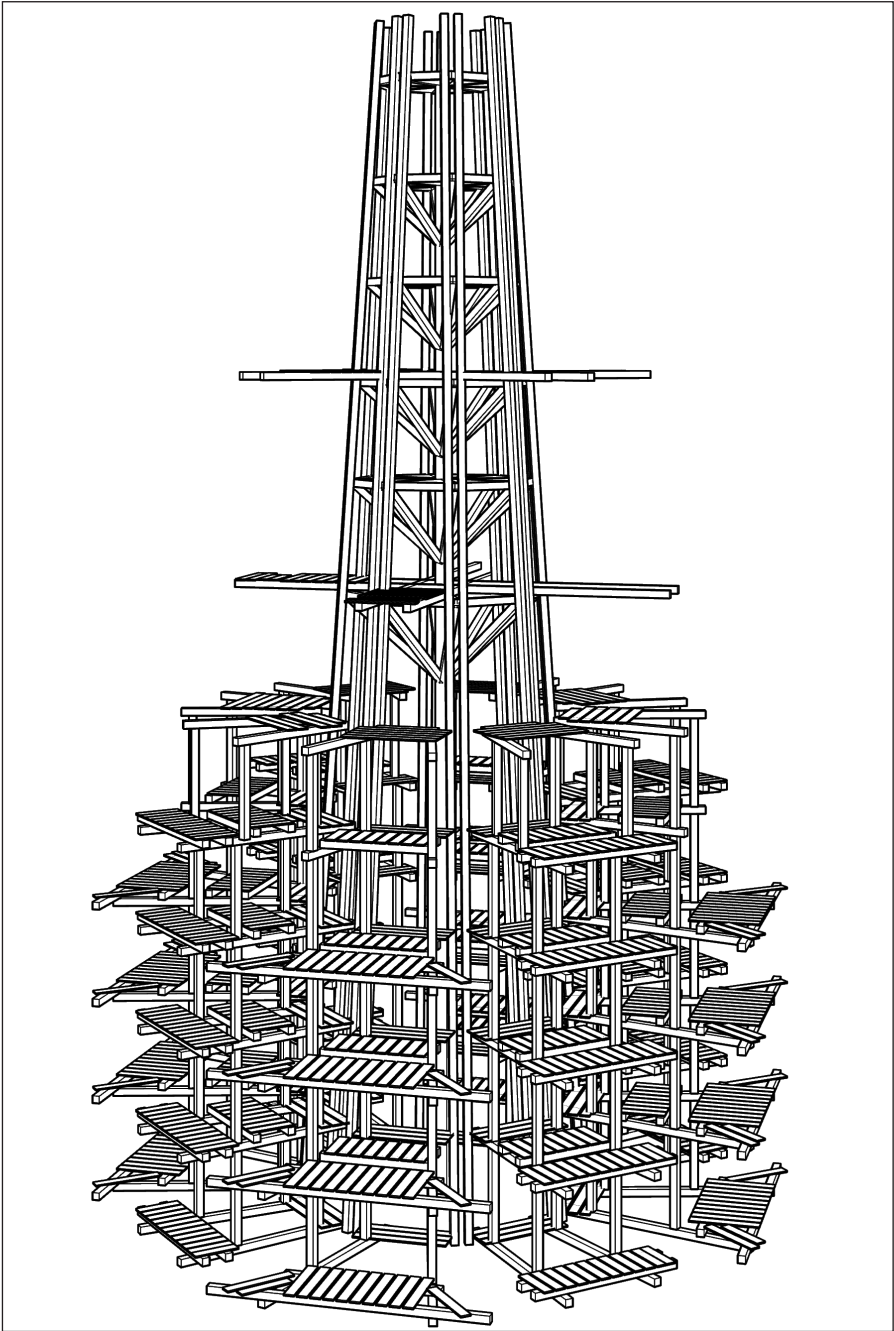
³³¹ (Tatton-Brown 1997) 345. p., (Jones 2005a) 13. p.



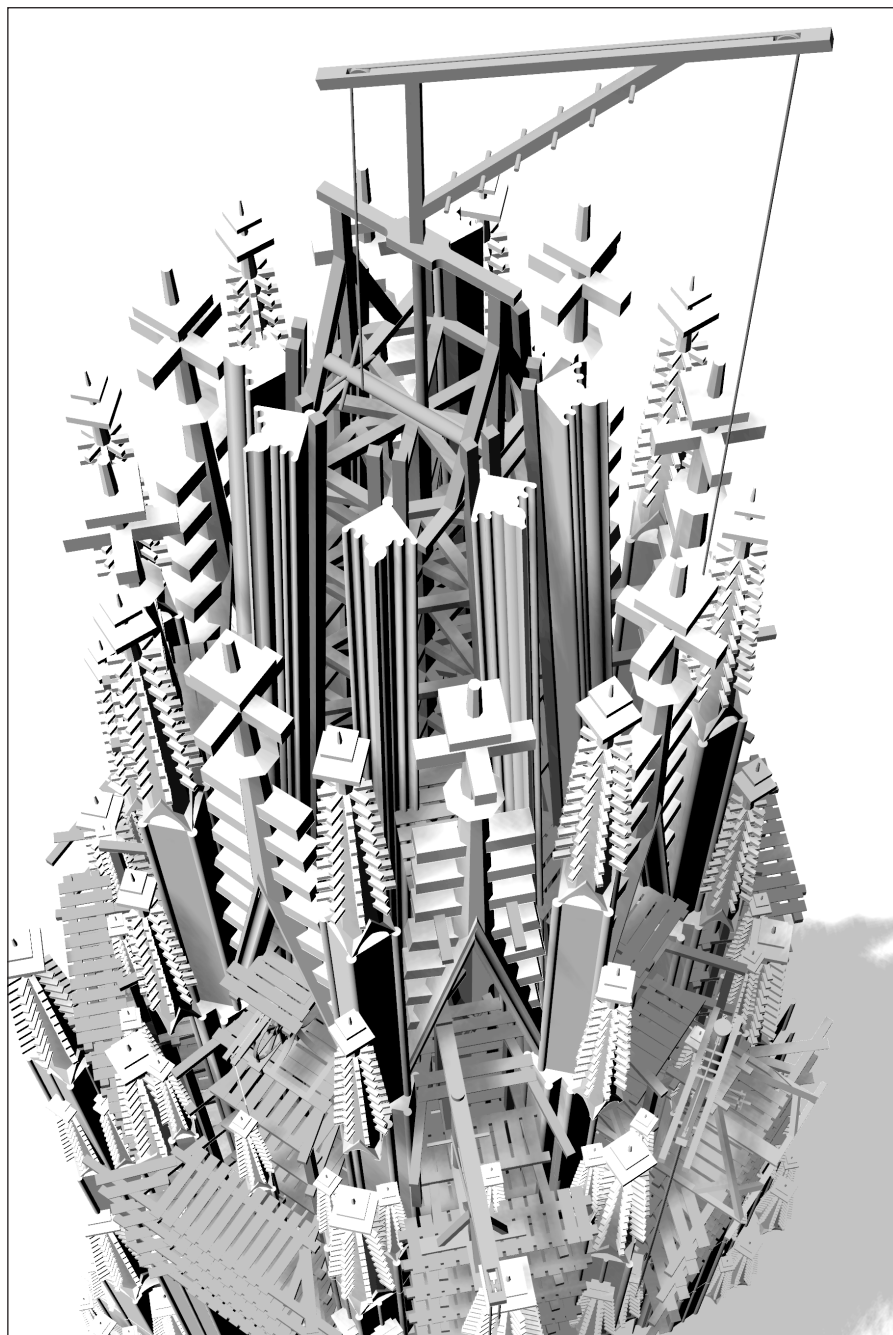
40. kép – Toronyépítés rekonstrukciója,
negyedik szakasz: a toronysisak
alsó részének építése



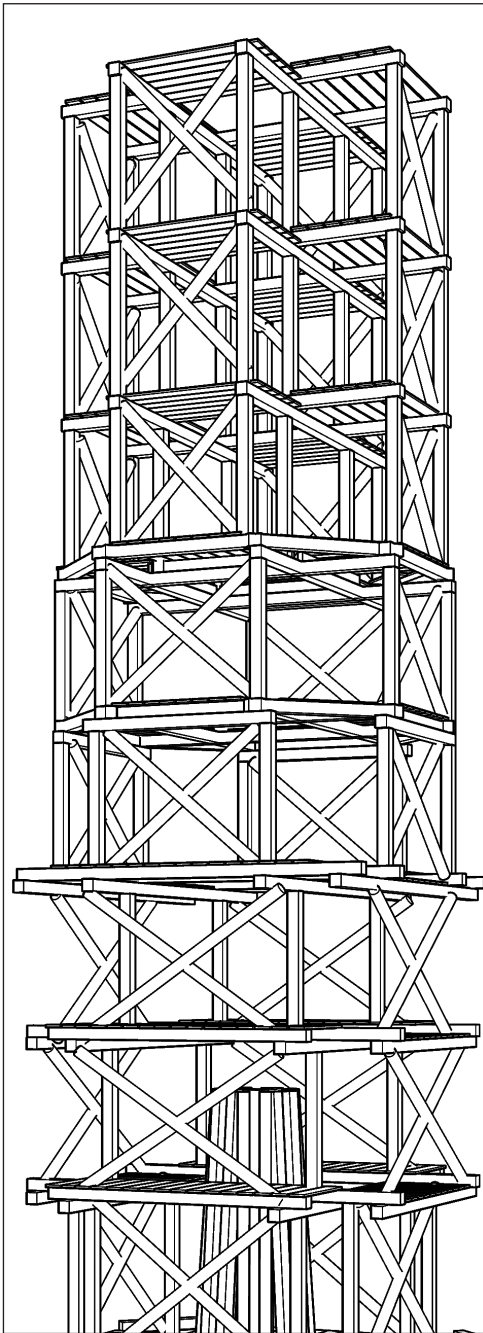
41. kép – Toronyépítés rekonstrukciója,
utolsó szakasz: a toronysisak
felső részének építése



42. kép – A negyedik szakaszhoz használt állványzat



43. kép – A sisak élének és a környező fáléerdőnek az építése

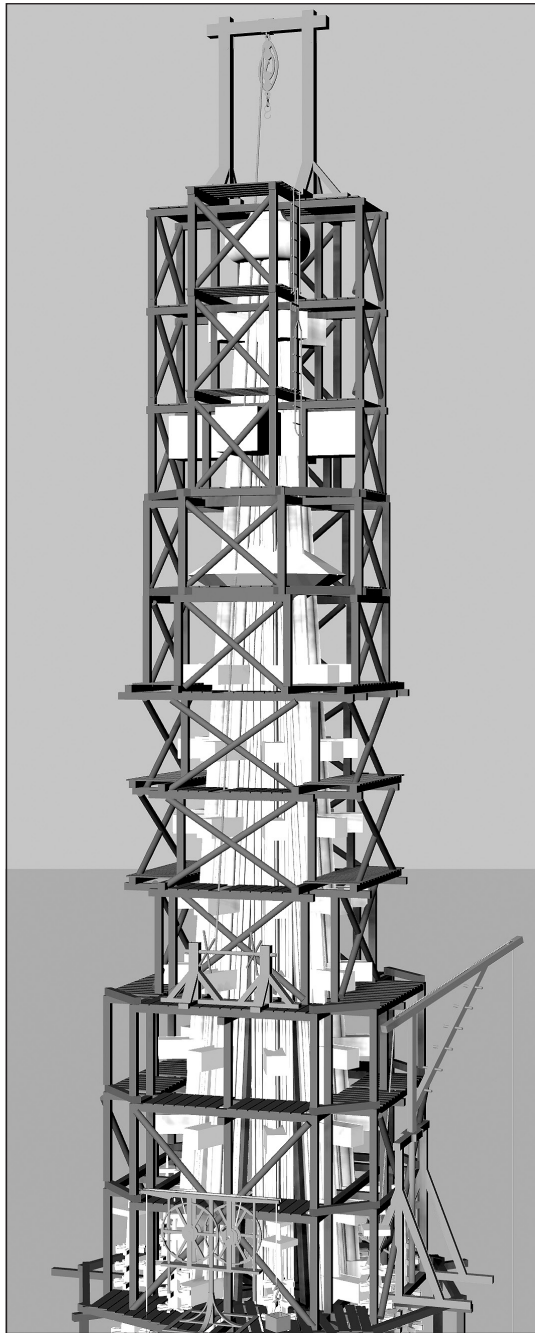


44. kép – A záró szakaszhoz használt állványzat

len bemutatott külső állvány szerkesztéséhez ismét az 1838–1842-es bécsi állvány szolgált alapul (44. kép).³³² Az állvány az egészen a csúcsig felfutó belső állványra támaszkodik, a vízszintes gerendák a sisak résein keresztül futnak. A kereszttrózsa köveinek elhelyezésére Hans Hammer 4r 5 gépe ideális: ez egy olyan „portáldaru”, aminek a meghajtása független magától a darutól, tehát egy lentebbi szinten is elhelyezhető (45. kép). Ez hasonló mind az 1838–1842-ban Bécsben, mind az 1870-es években Kölnben alkalmazott megoldáshoz.³³³ A kereszttrózsa körül már egy önmagában állékony, belső támasz nélküli állvány van.

³³² (Trost 1843) Taf. XDII.

³³³ (Borger 1980) 86. p.



45. kép – Záró szakasz: a keresztrozsa elhelyezése

4. Összefoglalás

A kutatás és a rá épülő modellezés megmutatta, hogy nagyrészt korabeli rajzi és tárgyi források alapján rekonstruálható egy gótikus toronyépítés lehetséges menete. A bécsi északi torony középkori tervrajzai néhány ellentmondás, takarásban lévő szerkezet kivételével alkalmasak bizonyultak a szerkezet térbeli felépítésére. A térbeli modell köré és belsejébe a középkori ábrázolások és a fennmaradt belső ácsszerkezetek vizsgálatának segítségével olyan állványzatok szerkeszthetők, amelyekkel lehetséges a kivitelezés és középkori technológiával is felépíthetők. Hans Hammer gépeinek és létráinak eredetiségére, alkalmazási módjára is fény derült, ahogy proof-of-conceptként felkerültek a 3D-s modellek megfelelő helyeire. A modelleken alapuló ábrásorozat ilyen módon a célkitűzésnek megfelelően illusztrálja egy gótikus torony kivitelezésének lehetséges menetét, a felhasznált állványok és gépek bemutatásával.

A feldolgozási mód jellegéből adódóan a nyomtatás mint médium nem alkalmas teljes mértékben a 3D-s modelleken szereplő minden információ közlésére, ezért online vizualizáció is készült, interaktívan megtekinthető modellekkel és a kapcsolódó adatokkal.³³⁴ A vizualizációt is bemutató honlap a következő címen érhető el: <https://zbereczki.github.io/gothic-construction/>.

³³⁴ (Bereczki 2018)

5. Képek jegyzéke

1. A freiburgi Münster nyugati homlokzata.
Forrás: Münsterbauverein Freiburg
2. A strasbourggi székesegyház tornya. Fotó: Tinker George Jemmott.
Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Strasbourg_Cathedral,_spire.jpg
3. A bécsi Stephanskirche északnyugat felől fotózva
4. A bécsi Stephanskirche északi tornyának eredeti alaprajza.
Forrás: Wien Museum Karlsplatz 105.064
5. A bécsi Stephanskirche északi tornyának eredeti homlokzati rajza.
Forrás: Wien Museum Karlsplatz 105.067
6. A strasbourggi székesegyház homlokzata és metszete a Hans Hammer által közölt méretek felszerkesztésével.
Háttérnek használt rajzok: (Binding 2000) 253. p. (homlokzat), (Lorentz és Borlée 2008) 96. p. (metszet)
7. Hans Hammer portfóliójának 4r lapja egy konzolos daruval, csigasoros kampóval és három bakemelővel.
Forrás: © Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel <http://diglib.hab.de/mss/114-1-extrav/start.htm?image=00009>.
8. Forgatható, futómacskás konzolos daru Hans Hammer portfóliójának 3r oldaláról.
Forrás: © Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel <http://diglib.hab.de/mss/114-1-extrav/start.htm?image=00007>.
9. Taposókerékkel egybeépített daru Hans Hammer portfóliójának 3r oldaláról.
Forrás: © Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel <http://diglib.hab.de/mss/114-1-extrav/start.htm?image=00007>.
10. Lendkerekes, ellensúllyal ellátott daru Hans Hammer portfóliójának 3r oldaláról.
Forrás: © Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel <http://diglib.hab.de/mss/114-1-extrav/start.htm?image=00007>.

11. Hans Hammer portfóliójának 4r lapja alapján készült darumodell.
Készítők: Kovács Krisztián, Nemes Máté Ernő, Szabó Mihály Norbert
(Debreceni Egyetem, Építőmérnöki Tanszék)
12. Fejlett építési állvány ábrázolása a XV. század végéről.
Eredetije: British Museum Add. Ms. 35313 Fol. 34., átrajzolása: (Binding
2001) 254. katalógustétel
13. A firenzei dóm lanternájának javításához használt állvány XVII. századi rajza.
Forrás: Uffizi A 248
14. A bécsi déli torony XIX. századi állványzata.
Forrás: (Trost 1843) Taf. XDII.
15. Viollet-le-Duc állványrajza.
Forrás: (Viollet-le-Duc 1861) 110. p.
16. Konzolos és oszlopos állvány kombinációja Viollet-le-Duc-nél.
Forrás: (Viollet-le-Duc 1861) 108. p.
17. A freiburgi harangállvány rajza.
Forrás: (Biebel 1921) Tafel 1.
18. A bécsi déli torony harangállványa a XIX. század elején.
Forrás: (Trost 1843) Taf. XDII.
19. A salisbury-i sisakban lévő állvány
20. A salisbury-i torony
21. A salisbury-i torony négyzetes szintje belülről, a kiegészítő fémszerkezettel
22. A soproni volt ferences templom sisakjában az építés közben valószínűleg
építési platformot tartó gerendapár rekonstrukciója
23. A különböző szintekhez tartozó kontúrok átrajzolva a bécsi északi torony
eredeti alaprajzán.
Alapnak használt kép: Wien Museum Karlsplatz 105.064
24. Az eredeti alaprajz alapján megrajzolt kontúrok az eredeti homlokzati
rajzon beazonosítható magasságba emelve
25. A bécsi Stephanskirche az építés alatt álló északi toronnyal, Wiener Hei-
ligtumsbuch, 1502.
Forrás: Goldene Zeiten - Österreichische Nationalbibliothek. [https://
www.onb.ac.at/museen/prunksaal/sonderausstellungen/vergange-
ne-ausstellungen/goldene-zeiten/](https://www.onb.ac.at/museen/prunksaal/sonderausstellungen/vergangene-ausstellungen/goldene-zeiten/)

26. Az úgynevezett Asylring a bécsi északi torony lábazatán
27. A bécsi Akademie der bildenden Künste gyűjteményében lévő 35.043r jelzetű darurajz alapján készült 3D-s darumodell, kiegészítve a XIX. században lebontott középkori kölni daru merevítéseivel
28. Toronyépítés rekonstrukciója, első szakasz: a toronytörzs építése
29. Az első szakaszhoz használt állványzat
30. Az első szakaszhoz használt gépek
31. A bécsi déli torony elpusztult harangállványának XIX. századi felmérési rajza.
Forrás: (Lange 1863) Blatt 12. p.
32. Toronyépítés rekonstrukciója, második szakasz: a szabadonálló négyzetes rész építése
33. A második szakaszhoz használt állványzat
34. Második szakasz: gépek az állványzat tetején
35. Második szakasz: kiegészítő állványzat a vimpergák építéséhez
36. Toronyépítés rekonstrukciója, harmadik szakasz: az oktogonszint építése
37. A harmadik szakaszhoz használt állványzat
38. Harmadik szakasz: gépek az állványzat tetején
39. Harmadik szakasz: a második szakasz bennmaradó állványzata az előző szint belsejében
40. Toronyépítés rekonstrukciója, negyedik szakasz: a toronysisak alsó részének építése
41. Toronyépítés rekonstrukciója, utolsó szakasz: a toronysisak felső részének építése
42. A negyedik szakaszhoz használt állványzat
43. A sisak éleinek és a környező fiáléerdőnek az építése
44. A záró szakaszhoz használt állványzat
45. Záró szakasz: a keresztrozsa elhelyezése

A képek a jogtulajdonosok engedélyével kerültek közlésre. A forrásmegjelölés nélküli képek a szerző munkái.

6. Köszönetnyilvánítás

Kutatásom során sokan voltak önzetlenül a segítségemre. Közülük elsősorban doktori témavezetőmet, Sisa Józsefet szeretném kiemelni, és tanszékvezetőmet, Kovács Imrét, aki a fokozat megszerzése után is támogatott és támogat a kutatás folytatásában. Rajtuk kívül (időrendben, és nem fontossági sorrendben) a következőknek szeretném megköszönni a segítséget: Tasi Réka, Rudolf Mihály, Bachman Zoltán, Tim Juckes, Michael Viktor Schwarz, Barbara Schedl, Papp Szilárd, Jasmine Wessely, Franz Zehetner, Norbert Nußbaum, Jürgen Prigl, Bereczki Dániel, Ivan Gerát, Julien Louis, Thomas Laubscher, Lovra Éva.

7. Felhasznált források és szakirodalom

Kiadatlan források

- Bonaccorso Ghiberti: Zibaldone. Firenze, Biblioteca Nazionale, B. R. 228
- Francesco di Giorgio Martini: Trattati di architettura ingegneria. Beinecke Rare Book & Manuscript Library, MS 491
- Guido da Vigevano: Bibliothèque Nationale de France, Ms Latin 11015
- Kriegsbuch des Ludwig von Eyb d. J.: Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg, Ms. B. 26
- Rüst- und Feuerwerksbuch der Stadt Frankfurt: Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt am Main, Ms. germ. qu. 14
- Weimarer Ingenieurkunst- und Wunderbuch: Weimar, Anna Amalia Bibliothek, Fol. 328

Nyomtatásban megjelent források, forrásközlések

- Barnes, Carl Franklin, és Stacey L. Hahn. 2009. *The Portfolio of Villard de Honnecourt (Paris, Bibliothèque nationale de France, MS Fr 19093). A new critical edition and color facsimile.* Burlington: Ashgate.
- Binding, Günther. 2001. *Der Mittelalterliche Baubetrieb in zeitgenössischen Darstellungen.* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Borger, Hugo. 1980. *Der Kölner Dom im Jahrhundert seiner Vollendung.* Köln: Historische Museen.
- Böker, Hans Josef. 2011. *Architektur der Gotik - Ulm und Donauraum. Ein Bestandskatalog der mittelalterlichen Architekturzeichnungen aus Ulm, Schwaben und dem Donauebiet.* Salzburg, Wien: Müry Salzmann.
- . 2013. *Architektur der Gotik - Rheinlande. Ein Bestandskatalog der mittelalterlichen Architekturzeichnungen ; [Basel, Konstanz, Freiburg, Straßburg, Mainz, Frankfurt, Köln].* Salzburg, Wien: Müry Salzmann.

- Böker, Johann Josef. 2005. *Architektur der Gotik. Bestandskatalog der weltgrößten Sammlung an gotischen Baurissen (Legat Franz Jäger) im Kupferstichkabinett der Akademie der Bildenden Künste Wien*. Salzburg: Pustet.
- Coenen, Ulrich. 1989. *Die spätgotischen Werkmeisterbücher in Deutschland als Beitrag zur mittelalterlichen Architekturtheorie. Untersuchung und Edition der Lehrschriften für Entwurf und Ausführung von Sakralbauten*. Aachen: Verlag G. Mainz.
- Fuchs, François-Joseph. 1992. „Introduction au »Musterbuch« de Hans Hammer”. *Bulletin de la Cathédrale de Strasbourg* 20: 11–70.
- Hall, Bert S. 1979. *The Technological Illustrations of the So-Called „Anonymous of the Hussite Wars”*. *Codex Latinus Monacensis 197, p. 1*. Wiesbaden: Reichert.
- Prager, Frank D., és Gustina Scaglia. 1970. *Brunelleschi: Studies of His Technology and Inventions*. Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press. 1971. *Mariano Taccola and His Book „De ingenis”*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Roriczer, Matthäus. 1999. *Das Büchlein von der fialen Gerechtigkeit*. Faksz. Hürtgenwald: Pressler.
- Trost, Johann. 1843. „Der Umbau der oberen Pyramide des Wiener Stephansturmes”. *Allgemeine Bauzeitung* 8: 5–17.

Szakirodalom

- Ackerman, James. 2000. „Conventions in Architectural Drawing, North and South, 1220–1550”. In *L'Europa e l'arte Italiana*, 221–236. Marsilio.
- Adler, F. 1881. „Das Münster zu Freiburg i. Br.” *Deutsche Bauzeitung* 15: 447–449., 457–459., 470–472., 493–495., 505–507., 529–531., 541–543.
- Alexander, Jennifer S. 2005. „Solid as a Rock: Poured Lead Joints in Medieval Masonry”. In *De Re Metallica: The Uses of Metal in the Middle Ages*, 255–65. AVISTA Studies in the History of Science, Technology and Art 4. Ashgate Publishing, Ltd.
- Barnes, Carl Franklin, és Stacey L. Hahn. 2009. *The Portfolio of Villard de Honnecourt (Paris, Bibliothèque nationale de France, MS Fr 19093). A new critical edition and color facsimile*. Burlington: Ashgate.

- Bechtold, Kurt. 1980. „Das Holzgerüst in der Antike und im Mittelalter”. *Werk, Bauen + Wohnen* 67: 18–23.
- Becksmann, Rüdiger, és Götz Echtenacher. 2011. *Das Freiburger Münster*. 2. kiad. Regensburg: Schnell & Steiner.
- Bereczki, Zoltán. 2013. „Hans Hammer’s sketchbook and the building technology of the late Gothic: A preliminary assessment”. *Pollack Periodica* 8 (2): 3–12. <https://doi.org/10.1556/Pollack.8.2013.2.1>.
- . 2014a. „The south tower of the Strasbourg Cathedral and the drawings of Hans Hammer”. In *II. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia 2013*, 633–46. Pécs: Pécsi Tudományegyetem Doktorandusz Önkormányzat.
- . 2014b. „The structural analysis of the (demolished) medieval system of St. Elisabeth’s church in Kassa”. *Pollack Periodica* 9 (3): 127–38. <https://doi.org/10.1556/Pollack.9.2014.3.14>.
- . 2015. „The reconstruction of the Bratislava Franciscan Monastery’s tower in the 19th century. Pyramid or dome?” *Ars* 48 (1): 95–105.
- . 2018. „From Parchment to 3D to HTML: The Use of the 3D and the Web in Architectural History Research (a case study)”. In *Proceedings of the 4th International Interdisciplinary 3D Conference*, 107–12. Pécs: University of Pécs.
- . 2020. „The Single Gothic Towers of the Two Franciscan Churches of Bratislava and Sopron and Their Possible Connections to Vienna”. *ARS* 53 (2): 138–72.
- Biebel, Heinrich. 1921. „Gezimmerte Glockenstühle”. *Zeitschrift für Bauwesen* 71 (4–6): 93–113.
- Binding, Günther. 1993. *Baubetrieb im Mittelalter*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- . 2000. *Was ist Gotik? Eine Analyse der gotischen Kirchen in Frankreich, England und Deutschland 1140–1350*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- . 2001. *Der Mittelalterliche Baubetrieb in zeitgenössischen Darstellungen*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

- Binding, Günther, és Norbert Nussbaum. 1978. *Der Mittelalterliche Baubetrieb nördlich der Alpen in zeitgenössischen Darstellungen*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Borger, Hugo. 1980. *Der Kölner Dom im Jahrhundert seiner Vollendung*. Köln: Historische Museen.
- Bork, Robert. 2003a. *Great Spires. Skyscrapers of the New Jerusalem*. Kölner Architekturstudien 76. Köln: Kunsthistorisches Institut der Universität zu Köln, Abt. Architekturgeschichte.
- . 2003b. „Into Thin Air: France, Germany, and the Invention of the Openwork Spire”. *The Art Bulletin* 85 (1): 25–53. <https://doi.org/10.2307/3177326>.
- . 2005. „Plan B and the Geometry of Façade Design at Strasbourg Cathedral, 1250-1350”. *Journal of the Society of Architectural Historians* 64 (4): 442–73. <https://doi.org/10.2307/25068200>.
- . 2008. *Gotische Türme in Mitteleuropa*. Petersberg: Imhof.
- Böker, Hans Josef. 2009. „Ein mittelalterliches Bauaufmass aus Zwettl”. *Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege* 63 (3/4): 196-205., 359.
- . 2011. *Architektur der Gotik - Ulm und Donauraum. Ein Bestandskatalog der mittelalterlichen Architekturzeichnungen aus Ulm, Schwaben und dem Donauebiet*. Salzburg, Wien: Müry Salzmann.
- . 2013. *Architektur der Gotik - Rheinlande. Ein Bestandskatalog der mittelalterlichen Architekturzeichnungen ; [Basel, Konstanz, Freiburg, Straßburg, Mainz, Frankfurt, Köln]*. Salzburg, Wien: Müry Salzmann.
- Böker, Johann Josef. 2005. *Architektur der Gotik. Bestandskatalog der weltgrößten Sammlung an gotischen Baurissen (Legat Franz Jäger) im Kupferstichkabinett der Akademie der Bildenden Künste Wien*. Salzburg: Pustet.
- . 2007. *Der Wiener Stephansdom. Architektur als Sinnbild für das Haus Österreich*. Salzburg–Wien–München: Verlag Anton Pustet.
- . 2008. „Jost Dotzinger et Hans Hammer à Vienne: les relations architecturales entre les loges de Strasbourg et de Vienne”. *Bulletin de la Cathédrale de Strasbourg* 28: 15–32.

- . 2009. „Ein mittelalterlicher Grundriss des Kölner Domchores”. *Kölner Domblatt. Jahrbuch des Zentral-Dombau-Vereins* 74: 268–75.
- . 2011. „Die Schöpfer der Planrisse. Die Baumeister von St. Stephan”. In *Der Dombau von St. Stephan. Die Originalpläne aus dem Mittelalter*, by Michaela Kronberger, 44–48. Wien: Metroverlag.
- Brehm, Anne-Christine. 2013. „Hans Hammers Skizzenbuch”. In *Baustelle Gotik: das Freiburger Münster ; Augustinermuseum, Museum für Stadtgeschichte, Freiburg i. Br., 30. November 2013 - 25. Mai 2014*, 104–5. Petersberg: Imhof.
- Buchinger, Günther, és Gerd Pichler. 2003. *Wien. I. Bezirk Innere Stadt (Dehio-Handbuch)*. Die Kunstdenkmäler Österreichs 1. Horn/Wien: Verlag Berger.
- Butzmann, Hans. 1972. *Die mittelalterlichen Handschriften der Gruppen Extravagantes, Novi und Novissimi*. Kataloge der Herzog-August-Bibliothek Wolfenbüttel 15. Frankfurt am Main: Klostermann.
http://www.manuscripta-mediaevalia.de/hs/katalogseiten/HSK0080_b056_jpg.htm.
- Caston, Philip S. C. 1997. *Spätmittelalterliche Vierungstürme im deutschsprachigen Raum: Konstruktion und Baugeschichte*. Petersberg: Imhof.
- Coenen, Ulrich. 1989. *Die spätgotischen Werkmeisterbücher in Deutschland als Beitrag zur mittelalterlichen Architekturtheorie. Untersuchung und Edition der Lehrschriften für Entwurf und Ausführung von Sakralbauten*. Aachen: Verlag G. Mainz.
- Entz, Géza. 1992. „Hans Hammer, Werkmeister des Strassburger Münsters in Ungarn”. *Acta historiae artium Academiae Scientiarum Hungaricae* 1990/92 (1–2): 35–40.
- Fehér, Krisztina, Balázs Halmos, és Brigitta Szilágyi. 2018. „Pentagons in medieval architecture”. *Építés Épitészettudomány* 46 (3–4): 291–318.
<https://doi.org/DOI: 10.1556/096.2018.008>.
- Fitchen, John. 1961. *The Construction of Gothic Cathedrals. A Study of Medieval Vault Erection*. Oxford: At The Clarendon Press.
- Fritz, Herbert. 1926. „Der Turmhelm des Münsters zu Freiburg im Breisgau”. Doktori disszertáció, Karlsruhe: Karlsruhe TeH.
- Fuchs, François-Joseph. 1992. „Introduction au »Musterbuch« de Hans Hammer”. *Bulletin de la Cathédrale de Strasbourg* 20: 11–70.

- Goethe, Johann Wolfgang von. 1981. „A német építőművészetről. D. M. Ervini a Steinbach”. In *Antik és modern. Antológia a művészetekről*, 94–100. Budapest: Gondolat Könyvkiadó.
- Hall, Bert S. 1979. *The Technological Illustrations of the So-Called „Anonymous of the Hussite Wars”. Codex Latinus Monacensis 197, p. 1.* Wiesbaden: Reichert.
- Heyman, Jacques. 1997. *The Stone Skeleton. Structural Engineering of Masonry Architecture.* Cambridge–New York: Cambridge University Press.
- Hornung, Wolfgang. 1969. „Vom Steigbaum zur Drehleiter”. *Technikgeschichte* 36: 177–205.
- Huerta, Santiago. 2012. „Technical Challenges in the Construction of Gothic Vaults: The Gothic Theory of Structural Design”. In *Bautechnik des Historismus : von den Theorien über gotische Konstruktionen bis zu den Baustellen des 19. Jahrhunderts : Construction techniques in the age of historicism*, 162–95. München: Hirmer.
- Jones, A. Richard. 2005a. „The Salisbury Spire Scaffold Debate”. *Avista Forum Journal* 15 (1): 8–17.
- . 2005b. „Ironwork at the Top: A Medieval Jigsaw Puzzle in Salisbury Cathedral’s Spire”. In *De Re Metallica: The Uses of Metal in the Middle Ages*, 279–295. AVISTA Studies in the History of Science, Technology and Art 4. Ashgate Publishing, Ltd.
- Juckes, Tim. 2012. *The Parish and Pilgrimage Church of St Elizabeth in Kosice: Town, Court, and Architecture in Late Medieval Hungary.* Brepols Publishers.
- . 2014. „Gewölbe der Stephanskirche”. *Wiener Jahrbuch für Kunstgeschichte* 62 (1): 39–62. <https://doi.org/10.7767/wjk-2014-0104>.
- Kalchthaler, Peter. 2013. *Baustelle Gotik: das Freiburger Münster ; Augustinermuseum, Museum für Stadtgeschichte, Freiburg i. Br., 30. November 2013 - 25. Mai 2014.* Petersberg: Imhof.
- Kammerer, Otto. 1912. „Die entwicklung der Zahnräder”. *Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie* IV: 242–73.
- Kassal-Mikula, Renata, és Reinhard Pohanka, szerk. 1997. *850 Jahre St. Stephan: Symbol und Mitte in Wien ; 1147–1997.* Sonderausstellung / Historisches Museum der Stadt Wien 226. Wien: Museen der Stadt Wien.

- Kieslinger, Alois. 1949. *Die Steine von St. Stephan*. Wien: Herold.
- Kletzl, Otto. 1939. *Plan-fragmente aus der deutschen Dombauhütte von Prag in Stuttgart und Ulm*. Stuttgart: Felix Kraus Verlag.
- Knorre, Alexander von. 1974. *Turmwollendungen deutscher gotischer Kirchen im 19. Jahrhundert. Unter besonderer Berücksichtigung v. Turmabschlüssen mit Maßwerkhelmen*. Veröffentlichung der Abteilung Architektur des Kunsthistorischen Instituts der Universität Köln 5. Köln: Abteilung Architektur des Kunsthistorischen Instituts.
- Koch, Rudolf. 1993. „Vorbericht zu den Bauuntersuchungen im südlichen Heidenturm von St. Stephan 1993“. *Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege* XLVII (3/4): 129–33.
- Koepf, Hans. 1969. *Die gotischen Planrisse der Wiener Sammlungen*. Studien zur Österreichischen Kunstgeschichte 4. Wien-Köln-Graz: Hermann Böhlau Nachf.
- . 1977. *Die gotischen Planrisse der Ulmer Sammlungen*. Forschungen zur Geschichte der Stadt Ulm 18. Ulm: Kommissionsverlag W. Kohlhammer, Stuttgart.
- . 1996. *Bildwörterbuch der Architektur*. 2. kiad. Stuttgart: Kröner.
- Kolb, Carolyn. 1988. „The Francesco di Giorgio Material in the Zichy Codex“. *Journal of the Society of Architectural Historians* 47 (2): 132–59. <https://doi.org/10.2307/990325>.
- Kratzsch, Konrad. 1981. „Das Weimarische Ingenieurkunst- und Wunderbuch. Codex Wimariensis Fol. 328“. *Studien zum Buch- und Bibliothekswesen* 1: 54–60.
- Kronberger, Michaela, szerk. 2011. *Der Dombau von St. Stephan. Die Originalpläne aus dem Mittelalter*. Wien: Metroverlag.
- Lacroix, Emil. 1934. „Die mittelalterlichen Baugerüste“. *Deutsche Kunst und Denkmalpflege*, 218–21.
- Lange, F.R. 1863. „Stuhl mit Untergerüst im Turm der St. Stephan-Kirche zu Wien“. *Zeitschrift für Bauhandwerker* VII: Blatt 12.
- Lefèvre, Wolfgang. 2004. „Introduction“. In *Picturing machines 1400–1700*, 1–12. Transformations. Cambridge, Mass.: MIT Press.

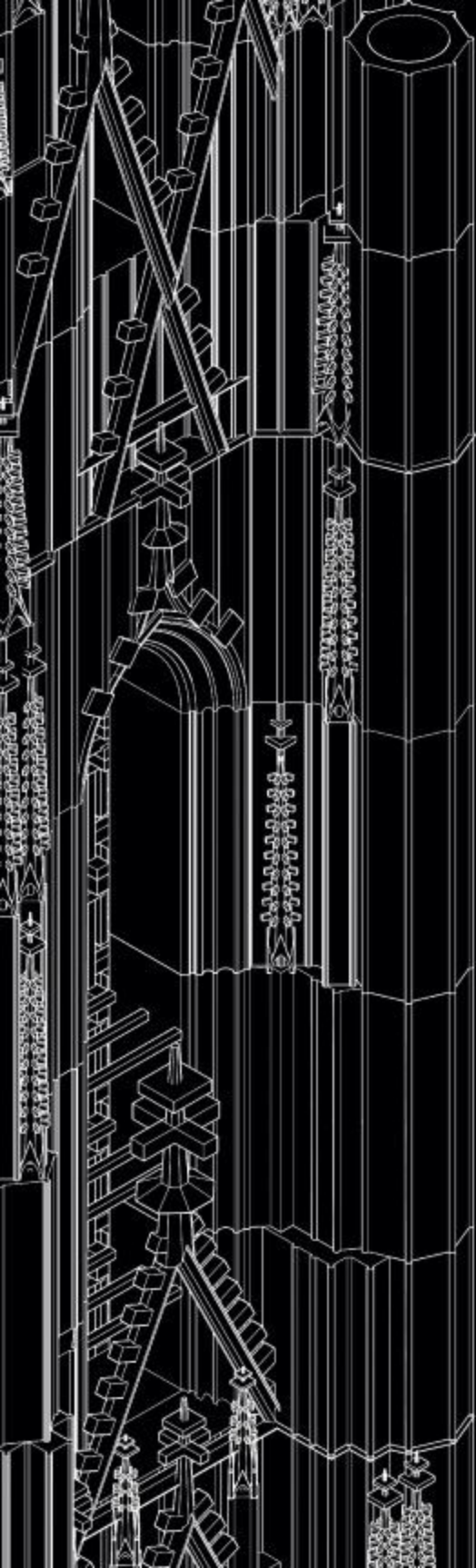
- Leng, Rainer. 2002. *Ars belli. Deutsche taktische und kriegstechnische Bilderhandschriften und Traktate im 15. und 16. Jahrhundert*. 2 köt. Imagines medii aevi 12. Wiesbaden: Reichert.
- . 2004. „Social Character, Pictorial Style, and the Grammar of Technical Illustrations in Craftmen’s Manuscripts in the Late Middle Ages”. In *Picturing machines 1400–1700*, 85–111. Transformations. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Long, Pamela O. 1997. „Power, Patronage, and the Authorship of Ars: From Mechanical Know-How to Mechanical Knowledge in the Last Scribal Age”. *Isis* 88 (1): 1–41.
- Lorentz, Philippe, és Denise Borlée, szerk. 2008. *Strasbourg 1400. Un foyer d’art dans l’Europe gothique; [à l’occasion de l’Exposition „Strasbourg 1400. Un Foyer d’Art dans l’Europe Gothique” présentée au Musée de l’Oeuvre Notre-Dame du 28 mars au 6 juillet 2008]*. Strasbourg: Eddes Musées de la Ville de Strasbourg.
- Lüpnitz, Maren. 2011. *Die Chorobergeschosse des Kölner Domes: Beobachtungen zur mittelalterlichen Bauabfolge und Bautechnik*. 1. kiad. Forschungen zum Kölner Dom 3. Köln: Verlag Kölner Dom.
- Marosi Ernő. 1971. „Tanulmányok a kassai Szent Erzsébet templom középkori építéstörténetéhez III.” *Művészettörténeti Értesítő* 20.: 261–91.
- . 1993. „Mátyás király és korának művészete. A mecénás nevelése”. *Ars Hungarica* 21 (1): 11–37.
- Matthies, Andrea L. 1992. „Medieval Treadwheels: Artists’ Views of Building Construction”. *Technology and Culture* 33 (3): 510–47.
- McGee, David. 2004. „The Origins of Early Modern Machine Design”. In *Picturing machines 1400–1700*, 53–84. Transformations. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Meckel, Carl Anton. 1933. „Die Konstruktion der figurierten Gewölbe in der deutschen Spätgotik”. *Architectura. Jahrbuch für Geschichte der Baukunst* 1: 107–14.
- Meißner, Günter, szerk. 2011. *De Gruyter allgemeines Künstlerlexikon. Die bildenden Künstler aller Zeiten und Völker*. Köt. 68. Berlin / New York: De Gruyter.

- Mielke, Friedrich. 1993. *Handbuch der Treppenkunde*. Hannover: Schäfer.
- Mihalik József. 1912. *A kassai Szent-Erzsébettemplom*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia.
- Minkowski, Helmut. 1991. *Vermutungen über den Turm zu Babel*. Freren: Luca-Verlag.
- Mojzer Miklós. 1971. *Torony, kupola, kollonád*. Művészettörténeti füzetek 1. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Mollay Károly. 1989. „A wolfenbütteli magyar–német szójegyzék”. *Magyar nyelv* 85. (1.): 1–9.
- Müller, Werner. 1990. *Grundlagen gotischer Bautechnik. Ars sine scientia nihil*. München: Deutscher Kunstverlag.
- . 2005. *Virtuelle Steinmetzkunst der österreichischen und böhmisch-sächsischen Spätgotik. Die Gewölbeentwürfe des Codex Miniatus 3 der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien*. Petersberg: Imhof.
- Nagy, Krisztina. 1995. „Les dessins architecturaux du manuscrit de Hans Hammer de la bibliothèque Herzog-August de Wolfenbüttele”. Mesterszakos szakdolgozat, Strasbourg: Université de Strasbourg. <http://www.sudoc.fr/108663574>.
- Nussbaum, Norbert. 1994. *Deutsche Kirchenbaukunst der Gotik*. 2. kiad. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Nußbaum, Norbert. 2010. „Form und Technik auf getrennten Wegen? Zum Transfer architektonischer Konzepte im Hochmittelalter”. In *Bericht über die 45. Tagung für Ausgrabungswissenschaft und Bauforschung*, 41–50. Dresden: Thelem.
- Nussbaum, Norbert. 2011. „Planning and Building without Writing: Questions of Communication in Gothic Masons' Lodges”. In *Architecture, liturgy and identity: liber amicorum Paul Crossley*, 137–45. Studies in Gothic art 1. Turnhout: Brepols.
- . 2012. „Planen ohne Wörter Zur Kommunikation in gotischen Bauhütten”. In *Bautechnik des Historismus : von den Theorien über gotische Konstruktionen bis zu den Baustellen des 19. Jahrhunderts : Construction techniques in the age of historicism*, 281–91. München: Hirmer.

- Panofsky, Erwin. 1986. *Gótikus építészet és skolasztikus gondolkodás*. Budapest: Corvina. <http://shopline.hu/product/home.action?id=2101819005&type=10>.
- Papp Szilárd. 2005. *A királyi udvar építkezései Magyarországon, 1480-1515*. Budapest: Balassi Kiadó. <http://link.oszk.hu/libriurl.php?LN=hu&DB=any&SRY=an&SRE=000002606748>.
- . 2007. „Építészet és stílusanalízis: 1500 körüli udvari építészetünk közép-európai kapcsolatairól”. *Művészettörténeti Értesítő* 56: 95–105.
- Pause, Peter. 1973. *Gotische Architekturzeichnungen in Deutschland*. Bonn: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität.
- Phleps, Hermann. 1930. „Mittelalterliche Gerüstbauten”. *Die Denkmalpflege* 32 (3): 111–15.
- Poppow, Marcus. 2004. „Why Draw Pictures of Machines? The Social Contexts of Early Modern Machine Drawings”. In *Picturing machines 1400–1700*, 17–48. Transformations. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Prager, Frank D., és Gustina Scaglia. 1970. *Brunelleschi: Studies of His Technology and Inventions*. Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press.
- . 1971. *Mariano Taccola and His Book „De ingenis”*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Rómer Flóris. 1865. „Pozsony régészeti műemlékei”. In *Pozsony és környéke: Egy földtani térképpel és több ábrával*, 247–312. Nyomatott Wigand Károly Frigyesnél.
- Roriczer, Matthäus. 1999. *Das Büchlein von der fialen Gerechtigkeit*. Faksz. Hürtgenwald: Pressler.
- Rostás Tibor. 2010. „A tudós (szíami) macskája. Carl F. Barnes, Jr.: The Portfolio of Villard de Honnecourt”. *Buksz : kritikai írások a társadalomtudományok köréből* 22: 127–32.
- Saalman, Howard. 1980. *Filippo Brunelleschi : The Cupola of Santa Maria Del Fiore*. London: Zwemmer.
- Sass, Manfred. 2000. „Der kühnste Turm der Christenheit: eine statisch-konstruktive Glanzleistung des Mittelalters.” *Münsterblatt (Freiburg)* 7: 15–22.

- Sauvé, Jean-Sébastien. 2012. *Notre-Dame de Strasbourg. Les façades gothiques*. Studien zur Kunstgeschichte des Mittelalters und der Frühen Neuzeit 10. Korb: Didymos-Verlag.
- Scheidegger, Fritz, szerk. 1990. *Aus der Geschichte der Bautechnik*. Basel: Birkhäuser.
- Schmiedlová, Martina. 1996. „Točité schodisko južnej veže dómu sv. Alžbety v Košiciach”. *Dějiny věd a techniky* 29: 1–18.
- Schock-Werner, Barbara. 1978. „Bauhütten und Baubetrieb der Spätgotik”. In *Die Parler und der Schöne Stil : 1350 - 1400; europäische Kunst unter den Luxemburgern; ein Handbuch zur Ausstellung des Schnitgen-Museums in der Kunsthalle Köln*, 55–59. Köln: Museen der Stadt Köln.
- . 1983. *Das Strassburger Münster im 15. Jahrhundert. Stilistische Entwicklung und Hüttenorganisation eines Bürger-Doms*. Veröffentlichung der Abteilung Architektur des Kunsthistorischen Instituts der Universität Köln 23. Köln: Abteilung Architektur des Kunsthistorischen Instituts.
- Schwarz, Michael Viktor. 2013. „Die Erfindung des gotischen Turms. Reims, Straßburg, Florenz, Freiburg, Köln”. Wien.
- Seidel, Heiko. 1996. „Der mittelalterliche Baukran im Braunschweiger Dom”. *Technikgeschichte* 63: 99–118.
- Siebmacher, Johann. 1605. „WAPPENBUCH - Heraldik - Wappen”. 1605. http://www.wappenbuch.de/pages/wappen_115_Siebmacher.htm.
- Steinmann, Marc. 2003. *Die Westfassade des Kölner Domes: der mittelalterliche Fassadenplan F*. Forschungen zum Kölner Dom 1. Köln: Verlag Kölner Dom.
- Švec, Martin. 2013. „Die Kathedrale von Zips im Kontext romanischer und gotischer Sakralbauten im Königreich Ungarn”. *Mesterszakos szakdolgozat*, Wien: Universität Wien.
- Szűcs Jenő. 1958. „A középkori építészet munkaszervezetének kérdéséhez”. *Budapest régiségei. A főváros területén talált műemlékek és történelmi nevezetességű helyek leírása*, 313–63.
- Tatton-Brown, Tim. 1996. „The Archaeology of the Spire of Salisbury Cathedral”. In *Medieval Art and Architecture at Salisbury Cathedral*, 59–67. Leeds: Maney.

- . 1997. „Building the tower and spire of Salisbury Cathedral”. In *The engineering of medieval cathedrals*, 327–49. Studies in the history of civil engineering 1. Aldershot: Ashgate Variorum.
- Timmermann, Achim. 2009. *Real presence: sacrament houses and the body of Christ, c. 1270 - 1600*. Architectura medii aevi 4. Turnhout: Brepols.
- Tissot, Pierre. 1995. „Hans Hammer: le manuscrit de Wolfenbuttel - catalogue raisonné des engins de levage et des échelles”. Mesterszakos szakdolgozat, Strasbourg: Université de Strasbourg 2.
- Trost, Johann. 1843. „Der Umbau der oberen Pyramide des Wiener Stephansturmes”. *Allgemeine Bauzeitung* 8: 5–17.
- Viollet-le-Duc, Eugène Emmanuel. 1861. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*. Köt. 5. Paris: B. Bance. https://fr.wikisource.org/wiki/Livre:Viollet-le-Duc_-_Dictionnaire_raisonné_de_l'architecture_française_du_XIe_au_XVIe_siècle,_1854-1868,_tome_5.djvu.
- Watson, Thomas Lennox. 1901. *The Double Choir of Glasgow Cathedral: A Study of Rib Vaulting*. J. Hedderwick & Sons.
- Wirth, Jean. 2015. *Villard de Honnecourt, architecte du XIIIe siècle*. Genève: Librairie Droz.
- Wolfe, Maury I, és Robert Mark. 1976. „The Collapse of the Vaults of Beauvais Cathedral in 1284”. *Speculum* 51 (3): 462–76.
- Wolff, Arnold. 1980. *Dombau in Köln: Photographien dokumentieren die Vollendung einer Kathedrale*. Stuttgart: Müller und Schindler.
- Wolff, Arnold, és Rainer Gaertner. 1986. *Der gotische Dom in Köln*. Köln: Vista-Point-Verlag.
- Zádor Mihály. 1994. *Romanika*. 2. kiad. Az építészet története 4. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Zykan, Marlene. 1967. „Der Hochturm von St. Stephan in Wien”. Ph.D. értekezés, Wien: Universität Wien.
- . 1970. „Zur Baugeschichte des Hochturmes von St. Stephan”. *Wiener Jahrbuch für Kunstgeschichte* 23 (1): 28–65.



BERECZKI ZOLTÁN

1977-ben született Miskolcon.
Építészmérnöki és műemlékvédelmi
szakmérnöki diplomáját a
Budapesti Műszaki Egyetemen,
doktori (PhD) fokozatát a Pécsi
Tudományegyetemen szerezte.
Jelenleg a Debreceni Egyetem
Építőmérnöki Tanszékének
oktatója, a Történeti Szerkezetek
Kutatócsoport tagja.

ISBN 978-963-318-905-4



9 789633 189054