



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

INŽINERINĖS ARCHITEKTŪROS KATEDRA

Vytautas Augustinavičius

**XX A. ŽYMIŲ ARCHITEKTŲ IR INŽINIERIŲ ĮTAKOS
KONSTRUKCINIAMS STATINIŲ SPRENDINIAMS ANALIZĖ
ANALYSIS OF FAMOUS ARCHITECTS AND ENGINEERS XX CENTURY
WHO INFLUENCED STRUCTURAL DECISIONS**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos studijų programa, valstybinis kodas 62402T108

Architektūros inžinerijos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2008

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
INŽINERINĖS ARCHITEKTŪROS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Josifas Parasonis

(Vardas, pavardė)

(Data)

Vytautas Augustinavičius

**XX A. ŽYMIŲ ARCHITEKTŲ IR INŽINIERIŲ ĮTAKOS
KONSTRUKCINIAMS STATINIŲ SPRENDINIAMS ANALIZĖ
ANALYSIS OF FAMOUS ARCHITECTS AND ENGINEERS XX CENTURY
WHO INFLUENCED STRUCTURAL DECISIONS**

Baigiamasis magistro darbas

Statybos studijų programa, valstybinis kodas 62402T108

Architektūros inžinerijos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas lekt. Juozapas Šipalis

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas doc. dr. Zofija Babickienė

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2008

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Statybos fakultetas

Inžinerinės architektūros katedra

ISBN

ISSN

Egz. sk. 2

Data 2008-06-02

Statybos studijų programos **architektūros inžinerijos specializacijos** baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **XX a. žymių architektų ir inžinierių įtakos konstrukciniams statinių sprendiniams analizė**

Autorius **Vytautas Augustinavičius**

Vadovas doc. **Juozapas Šipalis**

☒

lietuvių

☐

užsienio (anglų)

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjama XX a. žymių architektų ir inžinierių įtaka konstrukciniams statinių sprendiniams. Išnagrinėti pagrindiniai XX a. žymių architektų ir inžinierių darbo principai, kuriais remdamiesi jie darė įtaką konstrukciniams statinių sprendiniams. Baigiamajame darbe aptarti šių dviejų profesijų santykiai. Pateikiama XX a. architektūros ir inžinerijos raidos istorija. Išanalizuoti kelių architektūros stilių, dariusių įtaką konstrukcijoms, skirtumai, pateikiant jų ryšį su naujomis konstrukcijomis. Vertinant architektų ir inžinierių įtaką konstrukciniams statinių sprendiniams atsižvelgiama ne tik į jų objektus, bet ir į jų akademinę veiklą architektūros ir inžinerijos srityse. Darbe analizuojami objektai, kuriuose ryškiausiai atsispindi architektų ir inžinierių daroma įtaka naujų konstrukcinių sprendinių nuosekliai integracijai į architektūrą, pabrėžiant konkrečius specialistų nuopelnus. Išnagrinėjus surinktą medžiagą, pateikiamas baigiamojo magistro darbo apibendrinimas ir išvados.

Darbą sudaro įvadas, 4 skyriai, apibendrinimas ir išvados, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 79 p. teksto be priedų, 83 iliustracijos.

Prasminiai žodžiai: XX a. architektūra, architektas, inžinierius, įtaka, naujos statybinės medžiagos, konstrukciniai sprendiniai.

Vilnius Gediminas technical university
Civil engineering faculty
Engineering architecture department

ISBN ISSN
Copies no. 2
Date 2008-06-02

Construction engineering study programme **architecture engineering specialisation** master thesis
Title: **Analysis of famous architects and engineer XX century who influenced structural decisions**

Author **Vytautas Augustinavičius**

Academic supervisor lekt. **Juozapas Šipalis**

☐	Lithuanian
☒	foreign (English)

Annotation

The influence of famous architects and engineers of the twenty-century for structural building's decisions is analysed in this final master's work. Their principals of work are analysed too. This final work talks about relations between architects and engineers, the process of architecture and engineering. Several architectonic styles differences, which made an influence to the structural, are analysed, as well as their relation with new structural. This final work talks not only about the objects of architects, but also about their academic activity in the sphere of architecture and engineering. This final work analyses objects, in which it can be seen the biggest influence of architects and engineers for the new structural decisions integration to the architecture. In this work there is a generalization and a conclusion.

This final master's work consists of introduction, four chapters, a generalization and a conclusion, the list of literature, which was used.

The final work has 79 pages of the text, 83 pictures.

Keywords: the architecture of the twenty-century, an architect, an engineer, an influence, new buildings material, structural decisions.

Turinys

ĮVADAS	9
1. ARCHITEKTŪROS IR INŽINERIJOS FORMAVIMASIS	13
1.1. Architektūros ir inžinerijos ryšys	13
1.2. Meno filosofų mintys apie XX a. architektūrą	16
1.3. Skyriaus apibendrinimas.....	17
2. NAUJOJI ARCHITEKTŪRA	17
2.1. Naujos idėjos, medžiagos ir konstrukcijos	18
2.2. Gelžbetoninės konstrukcijos.....	19
2.3. Metalinės konstrukcijos.....	20
2.4. Stiklas	22
2.5. Konstruktyvistinė srovė.....	23
2.6. Funkcionalizmas.....	25
2.7. Skyriaus apibendrinimas.....	26
3. XX A. ŽYMŪS ARCHITEKTAI IR INŽINIERIAI, KURIE DARĖ ĮTAKĄ STATINIŲ KONSTRUKCINIAMS SPRENDINIAMS	26
3.1. Luisas Henris Salivanas (Louis Henri Sullivan) 1856-1924	26
3.2. Pieras Luidžis Nervis (Pier Luigi Nervi) 1891-1979.....	28
3.3. Valteris Gropijus (Walter Gropius) 1883-1969.....	30
3.3.1. Bauhauz (Bauhaus) mokykla.....	32
3.4. Liudvikas Myz van der Roė (Ludwig Mies van der Rohe) 1886-1969.....	34
3.5. Le Korbuzjė (Le Corbusier) 1887-1965	37
3.6. Santjagas Kalatrava (Santiago Calatrava) 1951-	39
3.6.1. Architektūrinė bionika.....	41
3.7. Skyriaus apibendrinimas.....	42
4. XX A. ĮSPŪDINGIAUSIŲ ARCHITEKTŲ IR INŽINIERIŲ KŪRINIŲ APŽVALGA ARCHITEKTŪRINIŲ IR KONSTRUKCINIŲ POŽIŪRIU.....	42
4.1. Visuomeniniai pastatai.	42
4.1.1. Sidnėjaus operos teatras. 1959 – 1973 (Sidnėjus, Australija). Architektas Jornas Utzonas (Jorn Utzon).....	43
4.1.2. Pompidou centras. 1972 – 1977 (Paryžius, Prancūzija). Architektai Renzo Piano ir Richardas Rogersas.	46
4.1.3. Guggenheimo muziejus, Bilbao. 1991 – 1997 (Bilbao, Ispanija). Architektas Frenkas O. Gehry (Frank O. Gehry)	51
4.2. Aukšybiniai pastatai	54
4.2.1. Empire State Building. 1929 – 1931 (Niujorko miestas, JAV). Architektų firma „Shreve, Lamb and Harmon“	55
4.2.2. Pasaulio prekybos centras. 1962 – 1973 (Niujorkas, JAV). Architektas Minoru Yamasaki	56

4.2.3. Sears bokštas. 1970 – 1974 (Čikaga, JAV). Architektų firma „Skidmore, Owings & Merrill”	59
4.2.4. Honkongo ir Šanchajaus bankas. 1979 – 1986 (Honkongas, Kinijos Liaudies Respublika). Architektai Palmeris ir Turneris, rekonstrukcija „Foster Associates“	62
4.2.5. Petronas Towers. 1991 – 1996 (Kvala Lampūras, Malaizija). Architektas Cesaris Pelli.	65
4.3. Skyriaus apibendrinimas	66
5. DARBO APIBENDRINIMAS	67
IŠVADOS	70

Paveikslų sąrašas

- 1 pav. Gelžbetoninė valtis
- 2 pav. Armuotas gelžbetoninis puodas
- 3 pav. Pirma briaunuota perdanga
- 4 pav. Koulbrukdeilo tiltas; a – tilto nuotrauka; b – tilto eskizas
- 5 pav. Prancūzų komedijos teatro perdangų konstrukcija
- 6 pav. Paryžiaus parodai pastatyti statiniai; a – „Machinos“ galerijos pastato nuotrauka; b – „Machinos“ galerijos atramos konstrukcinė schema; c – Eifelio bokštas
- 7 pav. Gyvenamas namas Franklino gatvėje
- 8 pav.: Garažas Pontjė gatvėje; a – fasadas; b – interjeras
- 9 pav. Orli oro uosto angaras diržabliams; a – pastato nuotrauka; b – pastato konstrukcinė schema
- 10 pav. „Carson Pirie Scott & Company“ pastatas; a – pastato nuotrauka; b – pastato planas
- 11 pav. Viljamo le Baron Dženio pastatas; a – pastato nuotrauka; b – pastato karkasokonstrukcinė detalė
- 12 pav. Lėktuvų angaras; a – pastato nuotrauka; b – pastato statybų nuotrauka (konstrukcinė schema)
- 13 pav. „Palazetto dello Sport“ sporto rūmai; a – pastato nuotrauka; b – pastato pjūvis; c – pastato planas
- 14 pav. „Tour de la Bourse“ administracinis pastatas Monrealyje; a – pastato nuotrauka; b – planas, pjūvis
- 15 pav. Pastato su erdvine centrinio kamieno tipo atrama konstrukcinių schemų variantai. A.
- 16 pav. Fagus batų raiščių fabrikas; a – pastato nuotrauka; b – stiklinis kampas
- 17 pav. Bauhaus mokykla. Desau mieste
- 18 pav. Barselonos paviljonas; a – pastato nuotrauka; b – pastato planas
- 19 pav. „Fransworth“ namas; a – pastato nuotrauka; b – pastato planas
- 20 pav. „Seagram“ dangoraižis; a – pastato nuotrauka; b – pastato planas; c – fasadų detalės
- 21 pav. Dom – ino
- 22 pav. Villa Savoye; a – pastato nuotrauka; b – 1 aukšto planas; c – 2 aukšto planas; d – 3 aukšto planas
- 23 pav. „Turning Torso“ pastatas; a – pastato nuotrauka; b – pastato pjūvis; c – pastato eskizas
- 24 pav. Lyono oro uostas ir traukinių stotis; a – pastato nuotrauka; b – pastato eskizas; c – pastato pjūvis; d – pastato eskizas
- 25 pav. Sidnėjaus operos teatras
- 26 pav. Sidnėjaus operos teatro konstrukcinių sprendinių variantai

- 27 pav. Sidnėjaus operos teatro statyba; a – stogo padengimas nerviūromis; b – statybos nuotrauka
- 28 pav. Stogo konstrukcijos detalės
- 29 pav. Pompidou centras; a – vakarinis fasadas; b – rytinis fasadas; c – pastato fasado schema
- 30 pav. Pompidou pastato brėžiniai; a – pastato pjūvis; b – pastato galinis fasadas; c – pastato grindų konstrukcija; d – tipinio aukšto planas
- 31 pav. Guggenheimo muziejus, Bilbao
- 32 pav. Guggenheimo muziejus, Bilbao; a – Pastato statybų nuotrauka; b – kompiuteriu
- 33 pav. Aukštybinių pastatų konstrukcinės schemos
- 34 pav. Empire State Building; a – pastato nuotrauka; b – pastato statyba; c – pastato planai
- 35 pav. Pasaulio prekybos centras
- 36 pav. Pasaulio prekybos centro konstrukcinės schemos; a – erdvinė schema ir grindų konstrukcija; b – erdvinė schema; c - planas
- 37 pav. Sears dangoraižio nuotraukos
- 38 pav. Sears dangoraižio schema
- 39 pav. Sears dangoraižio planų schemos
- 40 pav. Honkongo ir Šanchajaus bankas; a – pastato nuotrauka; b – pastato vidus
- 41 pav. konstrukcinės schemos; a – pasirinkta konstrukcinė schema; b – analizuotos konstrukcinės schemos
- 42 pav. Pastato cokolinis aukštas
- 43 pav. Petronas bokštai
- 44 pav. Petronas bokštai; a – pastatus jungiantis tiltas; b – pirmo aukšto planas

IVADAS

Vien statinio dydis, plotis ir svoris, vidinė erdvė ar atstumas tarp konstrukcijos dalių savaime nepadaro jo stebuklingo kūrinio. Statybos ir architektūros istorija žino daug statinių, kurie buvo sutikti kaip paskutinis modernumo, dydžio, techninės drąsos ar socialinio tobulumo žodis, tačiau dabar, žvelgiant atgal, vertinami tik kaip tramplinas būsimo progreso šuoliui.

Garbė, žinoma, yra trapus dalykas. Kas gali tai žinoti geriau negu tie, kurie rėmė Chryslerio dangoraižio (*Chrysler Building*) Niujorke statybą, statinio, tik trumpam įgijusio aukščiausio pasaulyje vardą, nes netrukus išaugo dar aukštesnis Empire State pastatas? Arba tie, kurie statė viduramžių katedras Il de Franso srityje – nuo Sen Deni ir Sanso, per Šartrą iki Amjeno ir Bovė, nes paskutinė šioje eilėje – Bovė katedra – sugriuvo.

Jeigu pats matmeninis pranašumas nėra patikimas žymumo ir unikalumo matas, tai dažnai tokiu matu laikomos amžininkų aiškintojų nuomonės. Tokia „laikina“ įžymybė – Josepho Paxtono suprojektuoti Krištolo rūmai Londono Haid parke, – tada jie buvo labiau vertinami ir už juose išdėstytus 1851 metų Didžiosios parodos eksponatus.

Nors pagrindinės pasaulio religijos nuolatos primena apie mūsų žemiškąjį mirtingumą, žmonės dievybėms garbinti statosi patikimus ir ilgalaikius galios ir didingumo paminklus. Daugelis tų statinių atsirado iš grynai pasaulietinių paskatų: valdovai ir dvasininkai, norėdami įsiamžinti, trokšdami akivaizdžios viršenybės, paliko mums ne vien tokius visiems žinomus stebuklus kaip Šv. Petro katedra Romoje ar Šv. Pauliaus katedra Londono Sityje, bet ir mažiau žinomų, tačiau ne mažiau nuostabių kūrinių, pavyzdžiui, Soufflot statytą Panteoną Paryžiuje arba Tandžavūro induistų šventyklą Indijoje. Statant šventoves, dažnai panaudojamos pažangios technologijos, – pavyzdžiui, siekiant sukonstruoti vis didesnę kupolą arba padaryti aukštesnes ir lengvesnes bažnyčios navas. Svarbiausia – reginys ir didingumas. Kartais patenkinami ir naujumo bei estetikos siekimai, pavyzdžiui, puikūs Kembridžo Karališkojo koledžo koplyčios vėduokliniai skliautai arba didžiulis betoninis stogas, architekto Le Corbusier suprojektuotas virš Ronšano koplyčios Prancūzijoje.

Kai pasaulietiniai valdovai ir santvarkos norėdavo parodyti savo galybę ir pabrėžti tvirtą, nors dažnai, kaip paaiškėdavo, laikiną padėtį šiame pasaulyje, jie statydindavosi rūmus, kur galėjo su deramu stiliumi rengti pokylius ir priiminėti svetimšalius pasiuntinius. Šie ambicingi projektai ir didybės manijos padiktuoti troškimai neretai vertė beatodairiškai eikvoti valstybės iždą, kaip tai darė Rusijos imperatorė Jelizaveta, pastatydinusi Žiemos rūmus Sankt Peterburge, arba reikalavo milžiniškos darbo jėgos – turimomis žiniomis, devynis tūkstančius Uždraustojo miesto kambarių Pekine, Kinijoje, statė milijonas darbininkų.

Amžiams bėgant, architektai pasiekė tokį lygį, kad sugebėdavo ir suteikti statiniui reikiamą spindesį, ir kartu įvykdyti detalius dvaro hierarchijos reikalavimus. Kaip pavyzdį galima paminėti

Johanną Fisherį von Erlachą, Šventosios Romos imperijos imperatoriui Leopoldui I stačiusį jo Šėnbrūno (*Schönbrunn*) pilį ties Viena, arba serą Edwiną Lutyensą, projektavusį britų viešpatavimo centrą Naujajame Delyje – vice karaliaus rūmus.

Kur pirmenybė buvo teikiama grynam malonumui ir asmeniniam patogumui, o ne prestižui, rūmai galėjo klestėti kaip džiaugsmo oazės. Vienas tokių pavyzdžių – Alhambra, iškilusi ant kalvų virš Andalūzijos Granados miesto. Kitas – Williamo Randolpho Hearsto nebaigti rūmai ant uolėto pietų Kalifornijos kranto, šiuos rūmus architektė Julia Morgan tris dešimtmečius kūrė žiniasklaidos magnatui.

Daug pastangų prireikia spręsti problemoms, susijusioms su geografijos kaprizais. Vienur nepatogi sąsmauka, kitur apmaudi kalnų virtinė arba vandens kliūtys, trukdančios žmonėms važiuoti ir gabenti prekes. Visa tai galiausiai pasirodo įveikiama, inžineriniais sprendimais, dažnai labai žymiais – ir labai drąsiais. Geležinkelis Canadian Pacific Railway atvėrė ištisą žemyną, Panamos kanalas sujungė Atlantą su Ramiuoju vandenynu, o Sueco kanalas leido sutrumpinti kelią į rytus laivams, kurie anksčiau plaukdavo aplink visą Afrikos žemyną.

Šie didieji projektai kartais buvo įgyvendinami gana paprastomis priemonėmis – sutelkus milžiniškas darbininkų pajėgas dažnai labai nepalankiomis klimato sąlygomis, – dėl to, pavyzdžiui, kasdami kanalą per Sueco sąsmauką žuvo per 125 000 egiptiečių darbininkų.

Statyti didžiuosius tiltus tapo įmanoma dėl stulbinamos pažangos taikant tokias medžiagas kaip plienas ir gelžbetonis, užuot naudojus primityvią jėgą. Inžinieriai išmoko dirbti su šiomis medžiagomis iš pradžių bandydami ir klysdami, bet vėliau – remdamiesi eksperimentais ir laipsniška konstrukcijų teorijos raida. Pradėta statyti tiltus, perdengiančius didesnius atstumus su tuo pačiu statybinės medžiagos kiekiu. Patikimos dinamiškos konstrukcijos atlaiko ne tik savo svorį, transporto priemones, kurias perkelti jos yra skirtos, bet ir išorines jėgas – net žemės drebėjimus bei taifūnus kaip San Francisko Aukso Vartų tiltas arba Japonijos Akaši sąsiaurio (*Akashi Kaiky*) tiltas.

Statant tunelius pritaikytas mažiau matomas, bet ne mažiau svarbus technologijos šuolis. Jų evoliucija prasidėjo nuo vienos iš pagrindinių XIX amžiaus naujovių – tunelio įrengimo skydo, kurį užpatentavo inžinierius novatorius Marcas Brunelis. Šis įrenginys buvo panaudotas 18 metų trukusioje pirmo tunelio po Temzės upe statyboje. Pritaikant vėlesnius Brunelio įtaiso variantus, buvo iškastos perėjos po Lamanšo sąsiauriu ir per Šveicarijos Alpes.

Tačiau ir gamta kartais galima pasinaudoti. Ežerai užtvenkiami, upės nukreipiamos elektrai generuoti, laivybai gerinti, drėkinimui tobulinti arba ištisiems upių baseinams apsaugoti nuo nevaldomų potvynių. Šie didžiuliai statiniai, tokie kaip Hooverio (*Boulderio*) užtvanka Kolorado upėje arba Kinijos trijų tarpeklių užtvanka Jangdzės upėje – daro iš tikrųjų stulbinantį poveikį viso regiono gerovei ir ekologijai.

Sunku įsivaizduoti Paryžių be Eifelio Bokšto arba Barseloną be dar tebestatomos Sagrada Familia bažnyčios. Net santykinai nauji statiniai, pavyzdžiui, Sidnėjaus operos teatras Australijoje, Bilbao Guggenheimo muziejus šiaurės Ispanijoje arba Petronas Towers dangoraižis Kvala Lumpūre, Malaizijoje, jau įsitvirtino kaip simboliai, reprezentuojantys savo miestą tarptautiniu mastu.

Naujos medžiagos pačios niekada nesukuria stebuklų. Ir niekuomet to nedarė. Praeityje statybos ir architektūros novatoriai puikiai derindavo grynai tradicines ir gerai išbandytas medžiagas, pavyzdžiui, akmenį ir geležį, o vėliau – plieną ir gelžbetonį. Dabar gyvename amžiuje, kai techniškai viskas įmanoma – už tam tikrą kainą. Bokštai gali kilti aukščiau, centrinės tiltų perdangos gali būti tiesiamos ilgesnės, o tuneliai nusidrikti dar keletą kilometrų, tačiau šias galimybes galiausiai labai apriboja smarkiai didėjanti kaina, sudėtingas konstravimas ar – kas labiausiai tikėtina – menka galutinė praktinė nauda.

Neabejotinai vienas iš įdomesnių dalykų yra tai, kaip statybos technologija padėjo išlaisvinti formą. Frankas Gehry Bilbao mieste, – o iš tikrųjų – kur panorėjęs, galėjo įgyvendinti bet kokią savo vaizduotės sukurtą formą, padedamas kompiuterių, paverčiančių tą formą statybiniais komponentais. Kompiuteriai net sužymi tuos komponentus brūkšniniais kodais, kad pagreintų jų surinkimą reikiamoje vietoje, kaip tai padarė Bilbao statinyje.

Ir visa tai atsirado ne savaime – tai žmogaus – kūrėjo veiklos pasėkmė.

TEMOS AKTUALUMAS IR MOTYVACIJA

XX a. dėl sparčios daugelio mokslo šakų raidos davė pasauliui daug naujovių.

Žymių pokyčių patyrė ir architektūra, nes XX a. kūrę architektai taikė naujausius išradimus. Vieni to laikmečio pastatų priverčia stebėtis jų konstrukciniais sprendiniais, ar net jų dekonstrukcionizmu. Galima sakyti, kad architektūra pateikė nemažai pavyzdžių neįmanomo vartimu esama.

Gal architektai nebuvo visų šių konstrukcijų išradėjai. Gelžbetonis apskritai, nei konstruktorius, nei architekto išradimas. Gelžbetonį kaip išradimą užpatentavo sodininkas Ž. Monjė, kuris lipdė armuotus betoninius puodus. Tačiau kurdami vis įmantresnę architektūrą architektai tiesiogiai ar netiesiogiai skatino naujų konstrukcinių sprendinių atsiradimą.

Neretai didžiausi nuopelnai ir pripažinimas už sėkmingai įgyvendintą naujovę atitenka architektui, nesusimąstant koks jo indėlis buvo. Tada ir iškyla klausimai: kas įtakojo naujų konstrukcijų atsiradimą? Ką davė žymūs architektai naujiems sprendiniams atsirasti?

Architektūra yra specifinė meno rūšis, kur kūrėjas (*architektas*) negali kurti vienas, kaip tapytojas, grafikas, skulptorius ar kitos meno srities atstovas. Architektūra yra labai priklausoma nuo ekonominių ir techninių galimybių. Tad architektas kaip kūrėjas, siekdamas geriausio rezultato,

privalo gebėti suvienyti daugelį sričių. Siekiant architektūros išskirtinumo nuolat reikia ieškoti naujų sprendimų, tačiau tuo pačiu ekonomiškai pagrįstų ir įgyvendinamų.

Pasaulyje kasdien atsiranda begalė naujų statinių, tik apie vienus šneka, važiuoja jų pasižiūrėti ir grožisi jais, o tuo tarpu kiti lieka nepastebėti arba pastebėti blogąja prasme. Tad aktualu nuo ko gi priklauso architektūros išskirtinumas, kiek tam įtakos daro naujovių atsiradimas, jų išskirtinumas konstrukcine prasme. Tuo pačiu aktualu kiek įtakoja architektai naujovių atsiradimą ir pritaikymą architektūroje. Visa tai reikėtų pradėti analizuoti nuo XX a. pradžios, kuomet prasidėjo naujų konstrukcinių sprendimų intensyvi paieška ir pritaikymas.

DARBO TIKSLAS

Sujungti XX a. konstrukcijų raidos istoriją su architektūros istorija. Šios mokslo šakos, kurios daro didžiulę įtaką viena kitai nuo XVIII a. eina kaip atskiri mokslai, tačiau tai mokslai, kurie vienas be kito neegzistuoja ypač šiomis dienomis, kai siekiama maksimalaus efekto mažiausiomis sąnaudomis.

Siejant šiuos mokslus, siekiama nustatyti, kokią įtaką galėjo daryti ar darė architektas konstrukciniams sprendiniams ir naujoms konstrukcijoms atsirasti. Kiek architektas įtakojo naujų medžiagų atsiradimą ir jų pritaikymą.

HIPOTEZĖ

Įvykusi industrinė revoliucija vertė ieškoti naujų konstrukcinių sprendinių, norint patenkinti architektūrai keliamus uždavinius. Sparti XX a. technologijų raida paskatino architektus ir inžinierius įsisavinti naujų medžiagų teikiamas galimybes, taip pritaikant jas architektūrai. Siekiant atrasti naujų konstrukcinių galimybių buvo stengiamasi panaudoti naujų medžiagų architektūros srityje. Dėl to iškilo architektams uždavinys lavinti inžinerinį išprusimą, o inžinieriams – architektūrinius gebėjimus.

DARBO UŽDAVINIAI

Norint patikrinti hipotezę, keliami uždaviniai:

- Analizuojant konstrukcijų raidą, ieškoti sąsajų su tuo metu kūrusiais architektais.
- Apžvelgiant XX a. objektus, nustatyti, kur ir kaip panaudotos naujos konstrukcijos ar nauji konstrukciniai sprendiniai.

DARBO OBJEKTAS

XX a. architektūros ir inžinerijos istorija. XX a. dominavusios naujausios technologijos ir medžiagos, kurios buvo taikomos architektūroje. XX a. kūrusių architektų ir inžinierių profesinė veikla, turėjusi įtakos naujų medžiagų integracijai į architektūrą, bei jų darbai.

DARBO METODAI

Magistriniame darbe naudojami metodai:

- aprašomasis metodas;
- analitinis metodas;
- lyginamasis;

- diachroninis;

Naudojami įvairūs literatūros šaltiniai: knygos, žurnalai, projektai, internetiniai šaltiniai, kuriais remiantis apžvelgiama XX a. architektūra. Remiantis surinkta medžiaga analizuojama architektų ir inžinierių, bei naujų technologijų įtaka konstrukciniams statinių sprendiniams. Chronologine tvarka renkami faktai, kuriais remiantis siekiama nustatyti, kas pirmieji integravo naujas medžiagas į architektūrą ar išrado vieną ar kitą konstrukciją.

APROBACIJA

1. International scientific conference. Urban Heritage: research, interpretation, education. September 25-26, 2007. Vilnius Gediminas Technical university, Faculty of Architecture. Vilnius. Projektas Naujoji Vilnia, sandėlio, Pramonės g. 145 rekonstrukcijos ir sklypo plano funkcijos keitimo projektas. Darbo vadove: doc. dr. J. Jurevičienė.

2. Statyba. 11-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas–Lietuvos ateitis“, įvykusi Vilniuje 2008 m. balandžio mėn. 2 – 4 d. Straipsnio tema: XX a. žymių architektų, įtakojusių konstrukcinius sprendinius, darbų analizė. Darbo vadovas: lekt. J. Šipalis

1. Architektūros ir inžinerijos formavimasis

Šiame baigiamojo darbo skyriuje bus nagrinėjama šiuolaikinio architekto ir inžinieriaus kilmė. Bus siekiama nustatyti kaip kito inžinierių ir architektų profesiniai santykiai XX amžiuje ir kas tam turėjo įtakos. Šiame skyriuje analizuojama kaip formavosi architektų inžinerinis išprusimas priklausomai nuo inžinierių darytos įtakos ir technologijų sparčios raidos. Taip pat apžvelgiama kaip greitai inžinieriai sugebėdavo įsisavinti naujoves ir kiek tai darė įtaką architektūrai.

1.1. ARCHITEKTŪROS IR INŽINERIJOS RYŠYS

Vietoje pirmąkart universalus architekto – statybininko nuo XVIII a. vidurio projektavimo atsakomybė dalinasi dvi profesijos – architektai ir inžinieriai. Nuo tada šių dviejų profesijų žmonių santykiai tapo įtempti. Pernelyg dažnai jie jaučiasi neteisingai suprasti ir varžo vienas kito kūrybiškumą bei veiksmų laisvės. Atitinkamas išsilavinimas ir veržimasis pirmyn yra per daug skirtingi. Pasitikėjimui įsivyrauti nepadeda dar ir tai, kad visuomenėje dažniausiai tik vienas – architektas, laikomas narsiu projektuotoju, kuriančiu abstrakčius statinius, kurie nebūtų pastatyti be konstruktyvaus darbo bei skaičiavimų, kurį atlieka inžinieriai. Vis dėlto ir architektai, ir inžinieriai turi bendrą tikslą, kuriam pasiekti inžinierius laikomas kūrybingu architekto partneriu, brėžinių projektuotoju ir ne daugiau kaip skaičiuojančiu statiku. Tai ypač svarbu esant būtinybei priimti neįprastus, naujus sprendimus arba naudojant naujas medžiagas.

Įvykus industrinei revoliucijai pavyko planingai sukurti ir apskaičiuoti geležbetonines bei metalines konstrukcijas. Tuo metu egzistavo visa apimantis vienas statytojas, kai šiandien vyrauja dvi statybas planuojančios profesijos: architektas ir inžinierius. Giovanni Poleni recenzija apie šv. Petro bazilikos kupolą Romoje 1748 m. laikoma konstruktyvioje inžinerijoje konstruktoriaus

„gimimo diena“. Poleni buvo laikomas „tik“ statiku, nes jis analizavo tik vieną egzistuojančią konstrukciją, panašiai kaip gamtos mokslininkas, kuris „tik“ atranda tai, kas gamtoje jau yra, priešingai nei projektuojantis inžinierius. Architektas, pasitelkdamas žinias ir fantaziją, išradingai konstruoja – praktiškai kiekvienas jo statinys kažkuo visiškai naujas, iki tol niekur neegzistavęs. Pavyzdžiui Victor Contamin pasaulinei Paryžiaus parodai sukūrė „Machinos“ galeriją, kurioje visiškai naujos lūžtančios formos: šios 115 metrų ištemptos salės atramos apverčia architektų mąstymą ir supratimą aukštyn kojomis. To moko mus gamta. Moko tuos, kurie stato be statikos žinių, tuos, kurie neturi pakankamai patirties.

Akivaizdu, kad santykiai tarp šių dviejų profesijų žmonių yra gana sudėtingi. Architektas pasitraukė, atitolo, nes savimi pasitikintis kūrybingasis inžinierius neleido jam vienam viešpatauti. Užuoť kartu pasvarstę ar vienas kitą paskatinę, nepatenkintas architektas pasitraukė. Architektas tiesiog dekoravo elegantiškas, filigranines geležinkelio stoties sales ir inžinieriaus projektuotus prietilčio įtvirtinimus. Juos dabindavo kičiniaais-prašmatniais fasadais ir pompastiškais bokštais. Priešingai jam, inžinierius naudojo savo naujas žinias kaip valdymo priemonę.

Užuoť atskleidę savo žinias įgyvendindami alternatyvius projektus ir kartu su architektu siekę visapusiškai geriausio sprendimo, inžinierius nusirita iki statiko. Ar turi inžinieriai pabrėžti savo įnašą prie statybos kultūros kūrimo, ar turi dėl šio nesusipratimo kalbėti apie savo statinius? Nejau gi abu, architektas ir inžinierius, nenori to paties – sukurti gerus statinius. O kalbant apie įspūdingus kūrinius visiškai beprasmiška klausinėti, kas ir ką sukūrė?

Architekto naudai jo vaidmuo pasikeitė bėgant paskutiniajam dešimtmečiui, atradus gelžbetonį. Kai architektas šios skystos gamybinės medžiagos dėka galėjo suprojektuoti įvairių formų, inžinieriui ši medžiaga kėlė neišsprendžiamas problemas. Jei koks mėgėjas vietoje medinio stogo pasirinktų betoninį namo stogą, inžinieriui tai atrodytų kaip milžiniškas žingsnis.

Gelžbetonis minimas kaip starybinė medžiaga, išlaisvinusi architektą nuo kūrybinių apribojimų. Dabar architektas gali projektuoti plastiškas formas neprižiūrint inžinieriui. Šios plastiškos formos, kartu su XX a. beribiu, demokratiniu mąstymu – kaip laisva jėga teka į visas puses. Atsiradus gelžbetoniui, architektūra pirmauja ir reikalauja iš inžinierių vis daugiau, nei jie gali įvykdyti. Tai, jog architektas sugeba daug geriau elgtis su betonu, inžinierius šokiravo. Deja, inžinierius iki šiandien dar negali atsigauti po šio šoko. Inžinierius tapo architekto patarnautoju, kuris viską apskaičiuodavo, nepastebint, kad tikrai suverenų architektas leistųsi pamokomas geresnėms konstrukcijoms suprojektuoti ir įžvelgtų jame projektavimo partnerį. Taip vis labiau forma ir konstrukcija tobulėjo skirtingai, nors jos susijusios viena su kita, kaip skystis ir indas, kaip muzika ir taktas, kaip šokis ir ritmas.

Šiandien yra susidaręs gana neįprastas suvokimas, kad architekto kompetencija projektavimas, o inžinieriaus – statika ir konstrukcijos. Iš tikro juk jie abu savo srityse

kompetentingi, nors ir skiriasi šios profesijos: viena vertus multifunkciniai kompleksiniai socialiniai projektų parametrai, kita vertus unifunkciniai techniniai parametrai. Taip kaip inžinierius nesimokė projektuoti gyvenamojo namo, taip ir architektui trūksta žinių projektuojant tiltą. Jei nesinori, kad darbo rezultatai būtų tik vidutiniškai įvykdyti, reikia ankstesnįjį, universalųjį statybos meistrą pamiršti. Kadangi šiandien šios profesijos reikalauja daug patirties ir žinių, bendras darbas bus kokybiškas tik tuomet, kai abu – architektas ir inžinierius – vienas kito klausysis ir dirbs išvien.

Atkreiptinas dėmesys, kad supratimas apie konstrukcijas, požiūris į jas architektūroje iš esmės pasikeitė praėjusio šimtmečio paskutiniame ketvirtyje. High-Tech - konstrukcijos naudingos technologiniam progresui: gamybinių medžiagų plėtrai, paruošimo technikos tobulėjimui. Paprastai mėgstama tai, kas yra suprantama, aišku, lengva ir skaidru. Toks startas suteikia inžinieriams galimybę įprastomis priemonėmis prisidėti prie architektūros. Inžinieriai nepastebėjo, o gal ir nenorėjo pastebėti, kad patys persistengdavo arba buvo paskatinti tai daryti architektų. Mums svarbiausia savas tikslas ir ekshibicionizmas – iš High-Tech elito virto High-Effect vaikymasis.

Pastaraisiais metais teisėtas High-Tech startas paspartėjo dėl ekologinės bangos, nes kilo idėja – konstrukcijas „apvilkti“ stiklu. Tai padeda sukurti saulės nutviektas patalpas, vidinius kiemelius. Žinoma, čia taip pat pačiame darbo įkarštyje gali efektyvumas ir išmintis apsiversti aukštyn kojomis. Jei stiklo plokštės beprasmiškai bus naudojamos visur ir per daug, tada reikės naudotis visomis disponuojamomis techninėmis priemonėmis, kad karštą vasarą ir šaltą žiemą nebūtų patiriama nuostolių ar nepatogumų. Čia kalbama apie pastatus, taupančius energiją. Būna, kad tuose pastatuose energija viršija savo normas, nes stikliniuose pastatuose gausu saulės bei techninėmis priemonėmis gautos energijos. Dėl šių modernių nukrypimų kaltos abi pusės – ir architektas, ir inžinierius, nes būtent jie didina stiklo kiekį nepaisydami vietovės ar šalies krypties (t.y. rytai ar vakarai). Reikia pripažinti, kad ši High-Tech-Efeekt architektūra prieinama tik turtuoliams Europoje, Arabijoje bei panašiose veiklos srityse kaip bankai, draudimo įmonės, oro uostai, mugės, universitetai ir, retais atvejais, verslo inkubatoriai.

Klausiant savęs, ar ši architektūra tikrai ekologiška, reikia pripažinti, kad ji gali būti labai asociali: tiek kalbant apie objektus, tiek apie medžiagas, iš kurių jie padaryti. Mes privalome ugdyti socialinį atsakingumą ir ekologijos sąmoningumą. Svarbu - santūrumas bei disciplina, vidus, o ne išorė. Šalia išradingo architektų bendradarbiavimo, statant „inteligentišką statinį“, inžinierius tai pat galėjo prisidėti savo kūrybiškomis idėjomis. Stadionams ir salėms jie statė labai įtemptus stogus iš lynų ar membranų. Tinkliniai stiklo kupolai buvo skiriami vidiniams kiemams ar baseinams. Taip pat tipiniai statiniai: tiltai, užtvankos, kanalai. Už bendrą techninę infrastruktūrą yra atsakingas inžinierius-statybininkas. Jei jis suvokia, kokia jo kultūrinė atsakomybė, tai jis žino, kad už gamtą, išnaudotą statyboms, vienintelis atitinkamas atpildas – kultūra, o infrastruktūra be kultūros gali likti technokratija. Kultūra – žingsnis civilizacijos link. Inžinierius-statybininkas taip pat žino, jog statant

tiltus ir į viską atsižvelgiant, jis turi stengtis. Nesenai inžinieriai buvo skausmingai apriboti statikoje ir gamybos technikoje. Dėl progresuojančio kompiuterio panaudojimo viskas pasikeitė: pjūvis surandamas dėka statinių ir dinaminių skaičiavimų. Smagu, jog dėka šio High-Tech įrenginio paprasti skaičiavimo metodai, kurie yra neatsiejama brėžinio dalis, vėl atgauna pagarbą. Projektuotojai džiaugiasi vėl galėdami be didelių sunkumų projektuoti. Tai gali privesti prie naujos formų gausybės. Pelną neša baigti statiniai ir taisyklės atitinkantys vizualiniai vaizdai, pavyzdžiui, europietiškas Backsteinų namas arba japoniškas Tatamimatte. Kyla pavojus, kad beribė laisvė, siūlanti mums modernią paruošimo techniką, veda prie formų įvairovės ir vizualinio chaoso. Bandoma, kaip varžybose, meniškai pateikti tam, kad trauktų akį. Inžinieriui ypač nemalonu, kai projektuojama ne iš vidaus į išorę, o atvirkščiai, t.y. visų pirma sukuriamą jaudinanti skulptūra, o tik viso ko gale nusprendžiama naudojimo paskirtis.

Viltis lieka, kad architektas ir inžinierius projektuojant galėtų perduoti tai, ką mes patys sužinome. Saviukdymas ir liberali aplinka skatina kūrybiškumą ir asmeninę atsakomybę. Tai lyg gynyba nuo išorinės prievartos. Mes turime apsisaugoti ir nuo taisyklių srauto, nuo to buko „taip reikia daryti“. Užuo projektavę kūrybingai ir moderniai, šiandien per daug laiko skiriame taisyklingam darbui. Pasak Hegelio „.....jau vien baimė klysti yra klaida.“

1.2. MENO FILOSOFŲ MINTYS APIE XX A. ARCHITEKTŪRĄ

Stebint paskutiniaisiais metais vykdomas statybas, mūsų miestus užvaldžiusia stiklo, metalo ir plastiko konstrukcijų karštlige, kilusia tikriausiai dėl finansiniu priežasčių ir statybos terminų trumpumo, kyla klausimas apie teorinę jos prasmę. Šiaip ar taip, mūsų kultūros paveldui tokia statyba yra svetima. Tai architektūra, teigianti sausą racionalizmą bei absoliučią funkcionalistinio minimalizmo pergalę. Tai grynai iš vakarų importuota architektūros idėja. Analogiška linija nuėjo ir interjero dizainas. Funkcionalaus supaprastinimo, išvalymo nuo "nereikalingų" detalių, paliekant žmogui tik "esmę", kultas. Tebesitęsia dar Bauhauzo tarpukariu suformuotas požiūris, jog objektas yra estetiškas tada, kai atlieka savo funkciją ir jokie papildomi estetiniai elementai jam nereikalingi.

Trūksta tam tikros romantizmo kruopelės. Funkcija kūnui, o kas sielai? Kodėl kai kurie žmonės taip mėgsta lankytis antikvariatuose? Senoviniai, ne masinės produkcijos pagimdyti daiktai yra patrauklūs mums dėl tam tikros savybės sugerti į save laiko dvasią. Senoviniai daiktai - tai išimtinai žmonių, ne mašinų, kūrinių, padaryti rankomis, liečiant kiekvieną detalę. Taip jie tarsi sugeria į save dalį prie jų dirbusio žmogaus dvasios, jo jausmus, išgyvenimus. Tai dvasine šiluma, užplustanti mus, kai stebime senovinius rakandus ar baldus. Kalbant filosofiškai, XIX amžiaus ranku darbo raižiniais puoštas krėslas yra toks įdomus mūsų laiku žmogui dėl to, jog jo įlinkimuose, raižiniu grioveluose ir papuošimuose išlieka laiko dulkes ir taip perneša per šimtmečius kruopele informacijos apie sėdėjusius ant jo žmones ir gyvenimą, kuris virė aplink jį. O kiek informacijos

perneš per šimtmečius šiuolaikinis aliuminio ir plastiko krėslas sunku pasakyti. Ar po šimtmečio jį apžiurinės antikvariate?

Racionalizmo ir funkcionalizmo ekspansija šiuolaikiniame mene tęsiasi per ilgai. Įžengus į XXI amžių, mes vis dar propaguojame idėjas, iškeltas XX amžiaus pirmoje pusėje. 1919 metais architekto, pedagogo ir dizainerio V. Gropijaus įkurta Bauhauzo mokykla pradėjo pramoninio dizaino era, išnaudodama masinės gamybos galimybes. Pagrindinis mokyklos principas buvo supaprastinti formas iki funkcionaliojo minimumo. Ši tendencija įkūnyta V. Gropijaus architektūroje ir kaip esminis principas tebeplėtojama šiuolaikinėje statyboje. Analogiška kryptimi ėjo ir interjero dizainas. Architektas F. Hundertwasseris 1959 metais rašė: "Barbariškas neatsakingų funkcionalistų elgesys yra akivaizdus. Jie kėsinosi nugriauti puikiuosius devynioliktojo amžiaus paskutinio dešimtmečio pastatus su stiuko dekoru fasaduose, taip pat Art Nouveau stiliaus pastatus ir vietoje jų pastatyti savo bedvases konstrukcijas. Paimkim kad ir Le Korbiuzjė (*Le Corbusier*), kuris norėjo suniveliuoti Paryžių tam, kad galėtų pastatyti savo monstriškus statinius. Teisingumo vardan Myz van der Roë, Neutra, Bauhaus, Gropius, Johnson ir Le Korbiuzjė statiniai turėtų būti nušluoti nuo žemes paviršiaus, nes jie atsilieka ištisa karta ir tapo morališkai nepakenčiami." [14]

1.3. SKYRIAUS APIBENDRINIMAS

Šiame skyriuje aprašomas architektūros ir inžinerijos ryšys skirtingais laikotarpiais. Šių dviejų giminingų profesijų kilmė iki XVIII a. vidurio egzistavusi universalus architektostatybininko profesija. Nors projektavimo atsakomybė nuo to laiko dalinasi architektai ir inžinieriai jie neišvengiamai daro vienas kitam įtaką. Šios dvi profesijos nuo atsiradimo dienos dirba turėdamos bendrą tikslą, tačiau individualumas verčia konfliktuoti. Vienu metu architektas buvo laikomas vieninteliu projektuotoju neatsižvelgiant į inžinieriaus indėlį, bet inžinierius atsiradus naujoms medžiagoms perėmė iniciatyvą, sumenkindamas architektų indėlį. Pastebėtina, kad žymiausi ir pripažinti to laikmečio pastatai yra dažniausiai sukurti architektui ir inžinieriui bendradarbiaujant, kuomet nesiekama išaukštinti individualių nuopelnų. Teigiama, kad siekiant gerų rezultatų reikėtų pamiršti universalųjį architektą-statybininką, nes tiek inžinieriaus, tiek architektos profesija šiandien reikalauja didelės patirties ir žinių. Bet nevertinti architektos inžinerinių gebėjimų ir inžinieriaus architektūrinio supratimo negalima, nes tai padeda lengviau vienas kitą suprasti.

2. Naujoji architektūra

Šis skyrius nagrinėja architektūros nevienalytiškumo įtaką XX a. architektūros ir konstrukcijų raidai. Pateikiamos skirtingų, inžineriją įtakousių, architektūros srovių ideologijos. Nagrinėjamas architektūros srovių požiūris į konstrukciją, kaip estetinės išraiškos priemonę. Analizuojama naujų statybinių medžiagų įtaka statinių konstrukciniams sprendiniams. Šiame

baigiamojo magistro darbo skyriuje siekiama nustatyti kokiomis aplinkybėmis atsirado naujos statybinės medžiagos, kaip kito jų panaudojimas XX amžiuje.

2.1. NAUJOS IDĖJOS, MEDŽIAGOS IR KONSTRUKCIJOS

Pagrindinei XX a. architektūros krypčiai – naujai architektūrai – jau kiek daugiau nei šimtas metų. Jos kūrimosi periodas kupinas nepaprastų mokslinių ir techninių atradimų.

Šiame nuolat besikeičiančių įvykių ir naujų, neįprastų situacijų verpete daugelis gambiausių ir pažangiausių pasaulio architektų stengėsi kuo greičiau suvokti vykstančius istorinius, visuomeninius ir techninius poslinkius, savo kūryba prisidėti prie pažangos įtvirtinimo. Jie buvo kupini geriausių norų, turėjo didelių planų, bet ne visada aiškią pasaulėžiūrą ir mažai praktinių galimybių. Architektai turėjo kovoti su savo ir kitų konservatyvumu, akademiškumu, pirklišku grožio supratimu, siaurais savininkiškais interesais, privačia nuosavybe, kliudančia radikalioms urbanistinėms reformoms, kurių reikalavo auganti pramonė ir sparčiai besivystantys mokslai. Architektūra turėjo spręsti ne tik formos ir erdvės organizavimo klausimus, bet ir socialines problemas.

Naujos architektūros pradininkai ieškojo, blaškėsi, klydo, keitė darbo metodus ir net pažiūras, bet ėjo pirmyn nežinomais keliais. Tai minties, darbo ir pilietinės drąsos milžinų veikla. Jų klaidos – neišvengiamos išradėjų klaidos. Jų mintys ir atradimai buvo skirti žmonijos pažangai.

Technika ir pramonės gamyba nesulaikomai skverbėsi į gyvenimą, buitį, butų interjerą, miestų statybą, kaskart vis labiau aštrino konfliktą tarp naujo turinio ir pasenusių architektūros formų bei statybos būdų. Buvo būtina materialinės gamybos ir statybos srityje remtis naujomis idėjomis ir jas išreikšti naujoviškais techninėmis priemonėmis. Tuo laikmečiu norint patenkinti socialinius poreikius gimė idėja apie tipinių elementų kūrimą. Buvo kuriami ne tik tipiniai konstrukciniai elementai, bet ir baldai bei interjero detalės.

Pasak knygos „Architektūros stiliai (VIII-XX a.)“ autoriaus Gendriko Liko iki XIX a. vidurio nauji mokslo ir pramonės laimėjimai buvo mažai susiję su statybos technika ir architektūra. Vėliau šis procesas paspartėjo. Kuriant naująją architektūrą daug nusipelnė inžinieriai statybininkai. M. Ragonas, architektūros tyrinėtojas, teigė, kad „XX a. architektūra sukurta be architektų, jų nepaisant arba net prieš jų norą“. Jis teigė, kad inžinieriai, o ne architektai buvo pažangių konstrukcijų ir naujų formų kūrėjai. [2] Inžinieriai XIX a. atsiskyrę nuo architektų, energingai tobulino techniką, išradinėjo mašinas, tyrė naujas konstrukcines medžiagas, ieškojo efektyvių gamybos metodų, o nemažai jų atsidavė statybinės technikos ir naujų statybinių konstrukcijų tyrimui. Remtis vieno žmogaus nuomone neapžvelgiant architektų kūrybos, neanalizuojant jų realios kompetencijos inžinerinėje srityje netikslinga. Juolab, kad iš naujų konstrukcijų atsiradimo istorijos negalima ištrinti kai kurių architektų pavardžių, net jų kūryba yra neatsiejama nuo vienokios ar kitokios medžiagos ar konstrukcijos. Inžinerinei minčiai rutuliotis ir jai pritaikyti

praktiškai susidarė labai palankios sąlygos. Tuo laikmečiu vykęs spartus pramonės progresas reikalavo naujų fabrikų, kelių, geležinkelio stočių, sandėlių bei tiltų. Nauji pastatai buvo didžiuliai, tad norint juos greitai ir saugiai pastatyti reikėjo kurti naują techninę bazę, naujus statybos metodus, reikėjo naujų medžiagų bei konstrukcijų.

Visų laikų statytojai laužė galvas stengdamiesi lengvinti konstrukcijas ir stengdamiesi perdengti jomis kuo didesnes erdves be vidaus atramų.

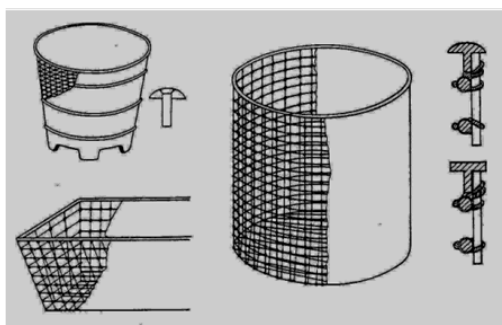
Pradėjus naudoti naujas statybines medžiagas ir konstrukcijas, statybos ir pramonės techniką, neišvengiamai iškilo naujų konstrukcijų meninio estetinio įprasminimo problema, reikėjo peržiūrėti ir naujai įvertinti tradicinius tektonikos principus, kurie buvo pritaikyti medžio, plytų ir akmens konstrukcijoms, nes tektonika – tai pasato konstrukcinė struktūra. Reikėjo kurti naujoviškai, atsižvelgiant į naujus gyvenimo poreikius, atmesti įprastinį gyvenimo būdą. Galima teigti, kad konstrukcijos tiesiogiai veikia pastato formą ir yra viena iš kompozicijos priemonių, neatmetant ir architektūrinės formos, kaip architektūros vaizdo kūrimo priemonės. Pastato kompozicija gali būti įgyvendinama konstrukcinėmis ir dekoratyvinėmis formomis, kurios architektūroje išryškėja įvairiai: viename pastate jos pastebimos tolygiai pasiskirstę, kituose – vyrauja konstrukcijos arba plastinės formos. Dėl greito gyvenimo tempo buvo aišku, kad naujosios architektūros raida nebus vienalytė ir kryptinga. Kiekvienas architektas turėjo savitą stilių, kurį jis plėtojo burdamas bendraminčius ir kurdamas naujas sroves. Dalis architektų pirmumą skyrė estetikai, kita dalis negalėjo nusigręžti nuo naujausių technologijų ir jų teikiamų konstrukcinių galimybių.

2.2. GELŽBETONINĖS KONSTRUKCIJOS

Sparčiai plėtojant pramonę, prekybą ir transportą, XIX a. pradžioje buvo tobulinamos turimos ir kuriamos naujos statybinės medžiagos bei konstrukcijos. Apie 1825 metus Anglijoje ir Rusijoje buvo sukurta portlandcemenčio gamybos technologija. Nuo tada pradėta gaminti betonines konstrukcijas, kurias tobulinant buvo sukurtas gelžbetonis.



1 pav. Gelžbetoninė valtis

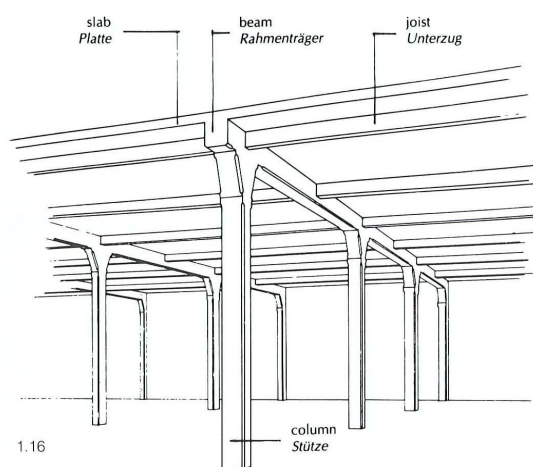


2 pav.: Armuotas gelžbetoninis puodas

Pirmosios gelžbetoninės konstrukcijos pasirodė XIX a. viduryje. 1849 metais Prancūzijoje Ž. Lambo (J. Lambot) padarė gelžbetoninę valtį (1 pav.), kurią 1855 metais demonstravo

Pasaulinėje Paryžiaus parodoje. Tačiau gelžbetoninę konstrukciją, kaip išradimą, 1867 metais užpatentavo prancūzų sodininkas Ž. Monjė (*J. Monier*). Jis nuo 1861 metų lipdė armuotus gelžbetoninius puodus (2 pav.). Vėliau padarė ir perdangų plokštes, tik armatūrą jose dėjo skerspjūvio viduryje. 1854 metais tinkuotojas anglas V. Vilkinsonas (*Wilkinson*) suprato gelžbetonio esmę ir siūlė armuoti tik tempiamąsias betono zonas.

1880-1884 metais gelžbetonio, kaip naujos statybinės medžiagos, patentą įsigijo kai kurios valstybinės ir privačios firmos. Nuo tada gelžbetonio savybes ėmė tirti inžinieriai ir mokslininkai. Jau 1886 metais vokiečių inžinierius M. Kionenas, remdamasis bandymais, pasiūlė gelžbetoninių konstrukcijų skaičiavimo principus, o austrų inžinierius Mandlis –išankstinio tempiamųjų betono zonų apspaudimo idėją.



3 pav. Pirmą briaunuota perdanga

Pirmąją gana sudėtingą gelžbetoninę konstrukciją – briaunotą perdangą (3 pav.) - 1892 metais suprojektavo prancūzų inžinierius F. Henebikas (*Hennebique*).

Eksperimentai atlikti XIX a. pabaigoje ir XX a. pradžioje inžinierių ir tyrinėtojų prancūzų M. Konsiderio, F. Henebiko, E. Fresinė (*Freyssinet*), vokiečių M. Kioneno, E. Mioršo, padėjo sukurti gelžbetonio teorijos ir konstravimo pagrindus. Pirmosios gelžbetoninės konstrukcijos buvo skaičiuojamos vadinamuoju klasikiniu – leistinųjų įtempimų metodu.

2.3. METALINĖS KONSTRUKCIJOS

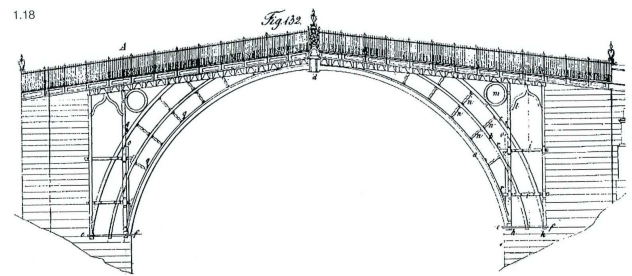
Plieninė konstrukcijos nėra XX amžiaus išradimas. Žinoma, kad pirmosios metalinės konstrukcijos iš kaltos geležies Rusijoje pradėtos naudoti XVII amžiuje. Metalas (*špižius*), kaip statybinių konstrukcijų medžiaga, Europoje pradėtas vartoti XVII a. pabaigoje ir tuo metu buvo pagrindinė konstrukcinė medžiaga.

XVIII a. pradėta naudoti lietas špižines konstrukcijas. Urale pastatyta pirmoji špižinė konstrukcija 1725 metais. Vakarų Europoje špižinės konstrukcijų pradžia siejama su špižiaus panaudojimu Anglijoje 1779 metais metalinėms Koulbrukdeilo tilto (4 pav.) konstrukcijoms

pagaminti. Tiltui panaudotos lietos špižiaus konstrukcijos. Nors tilto tarpatramis vos 30 metrų, jis iliustruoja konstrukcijų perversmą. Koulbrukdeilo tilto inžinieriai, priešingai nei kiti to laikmečio inžinieriai, kurie žinias kaupė specialistų ugdymo įstaigose, rėmėsi empirinėmis priemonėmis. Šio tilto konstrukcijai panaudotos 5 lygiagrečios vienodos arkos, kas pranašavo šiuolaikinę standartizaciją, tačiau ši tendencija įsivyravo negreitai.



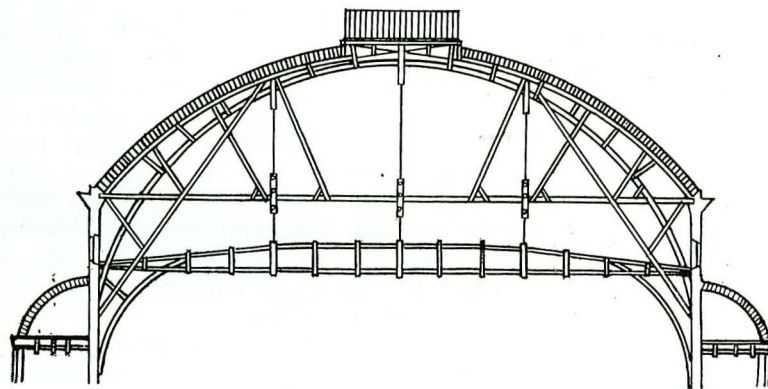
(a)



(b)

4 pav. Koulbrukdeilo tiltas; a – tilto nuotrauka; b – tilto eskizas

Iš pradžių metalinių konstrukcijų buvo gaminama mažai, nes buvo neišvystyta metalurgijos pramonė. Be to nebuvo sukurta metalinėms konstrukcijoms skaičiuoti metodų. Metalinės konstrukcijos buvo naudojamos ir didelių angų visuomeninių pastatų stogams. Vienos iš seniausių labai gražios yra Prancūzų komedijos teatro metalinės kolonos. (5 pav.)

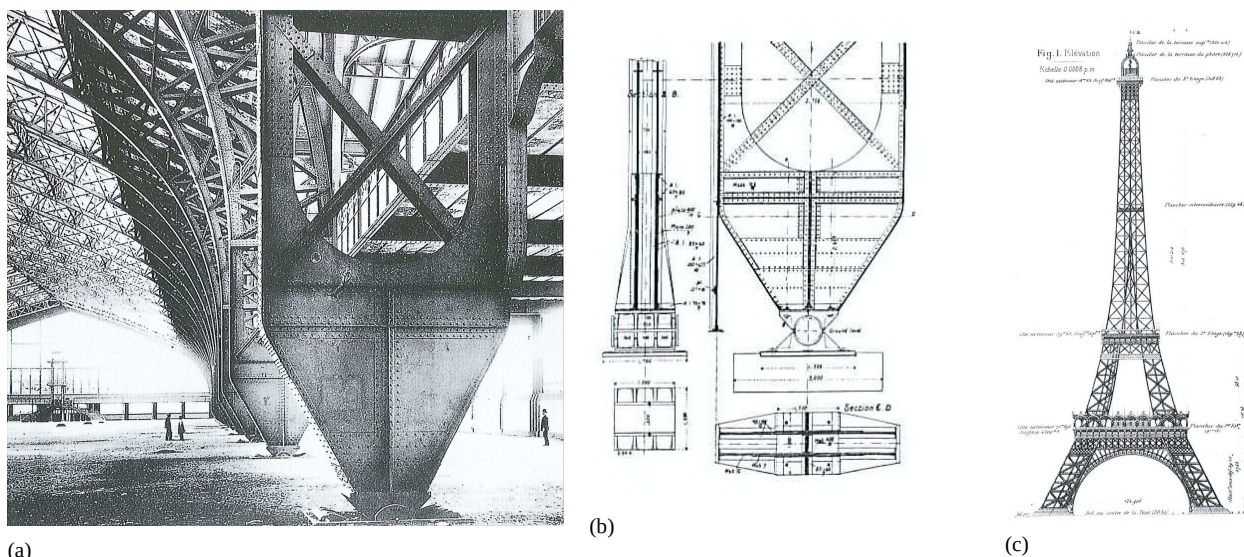


5 pav. Prancūzų komedijos teatro perdangų konstrukcija.

Laikoma, kad šiuolaikinės metalinės konstrukcijos pradėtos naudoti XIX a. pabaigoje XX a. pradžioje. Pasirodžius pramonėje sunkiesiems elektriniams kranams ir viršutiniam transportui cecho viduje, konstrukcijos įgijo papildomą paskirtį – be jų neįmanoma atlikti technologinio proceso.

XIX a. pabaigoje ir XX a. pradžioje rusų inžinieriai N. Slavianovas ir N. Benardosas pirmieji pasiūlė plienines konstrukcijas virinti elektra. Taip pat XIX a. pabaigoje pasaulinėje parodoje pastatytas „Machinos“ galerijos pastatas 1889 metais (6 pav.) buvo pavyzdys, kaip

tinkamai panaudoti metalines konstrukcijas visuomeniniuose pastatuose. Šio pastato atramos privertė kitaip mąstyti architektus. O tai pačiai parodai pastatytas Eifelio bokštas (6 pav., c) buvo pradininkas dangoraižių konstrukcinės schemas.



6 pav. Paryžiaus parodai pastatyti statiniai; a – „Machinos“ galerijos pastato nuotrauka; b – „Machinos“ galerijos atramos konstrukcinė schema; c – Eifelio bokštas

2.4. STIKLAS

Geležies ir plieno panaudojimas išorinėje statinio dalyje suteikė galimybę panaudoti didesnius langus bei didesnių proporcijų langų stiklus fasaduose. Be to, prieš pradedant naudoti stiklą, miestų gatvių užstatme, naudoti didelių proporcijų langų stiklus pagal saugumo reikalavimus buvo uždrausta. Situacija pasikeitė panaudojus karkasinę konstrukciją, tačiau jau prieš tai architektai svajojo apie pilnai įstiklintą fasadą be vertikalių, laikančių konstrukcijų. Idėja buvo plėtojama 19 amžiaus pradžioje stikliniuose ir geležiniuose botanikos sodų šiltnamiuose, parodų paviljonuose ir įstiklintose stogo konstrukcijose, taip pat ir fasaduose, kai langų stiklai buvo palaikomi konstrukcinių elementų. Kai tik pradėta naudoti karkasinė konstrukcija, atsirado galimybė išorinį fasadą sutvirtinti nuo grindų iki grindų. Tai pat buvo atsižvelgiama į architektūrinį stilių. Keletas konservatyvių architektų, kurie projektavo viešbučius ir biurų pastatus verslo klientams, tačiau nenoriai prisiimančys riziką, nebuvo linkę pateikti projektų, žymiai besiskiriančių nuo tradicinės statybos. Naujų idėjų paskatinti Bauhaus judėjimo (*Vokietijoje*) architektai, ypač Valteris Gropijus ir Adolfas Meyeris, pirmieji perprato stiklinių, nuo grindų iki žemės fasadų ypatingumą. Tuo netruko pasinaudoti kiti architektai.

Stiklo konstrukcijų raida neatsiejama nuo aukštybinių pastatų raidos, nes atsiradus galimybei stiklo fasadą daryti per visą aukšto aukštį, imta Jungtinėse Amerikos Valstijose plačiau naudoti stiklo fasadus. Dangoraižių stiklinio fasado idėja ir jos tobulinimas buvo architekto Liudviko Myz van der Roës nuopelnas.

2.5. KONSTRUKTYVISTINĖ SROVĖ

Architektūros kryptis, kuri labiausiai įtakoją naujų konstrukcinių sprendinių atsiradimą, buvo konstruktyvizmas. Konstruktyvistai vidaus ir išorės architektūroje aiškiai atskleidė tektoniką. Pastatuose architektūros kompozicijos idėjos buvo įgyvendinamos konstrukcinių struktūrų pagalba, jų darbuose konstrukcijos tapo vienu iš svarbiausių veiksnių, kuriančių architektūros vaizdą, o dekoratyvinės formos buvo tik papildomi kompoziciniai elementai. Konstruktyvistai vieni pirmųjų susirūpino dėl naujų konstrukcijų ir medžiagų panaudojimo keliamų estetinio įprasminimo problemų. Pirmasis tai bandė užakcentuoti E. Violė le Diukas (*E. Viollet-le-Duc*). „Pakeisti granitinę, marmurinę, ar akmeninę koloną ketiniu stiebu – nebloga, bet reikia sutikti su tuo, kad to negalima laikyti nauju, naujo principo įvedimu. Pakeisti medinį ar akmeninį architravą metaline sija – labai gera, bet taip pat nėra protinės įtampos rezultatas. Tačiau priversti konstrukciją priešintis nuožulnioms jėgoms vietoj vertikalių – tai principas, kuris negali, netgi nebūdamas visai nauju – viduramžių meistras jį jau naudojo, įgauti dominuojančią reikšmę ir duoti naujus sprendimus“, – rašė E. Violė le Diukas. [2] Šią problemą sprendė ir inžinierius G. Eifelis, ir architektas L. Salivenas, projektuodamas pirmuosius karkasinius Čikagos dangoraižius.

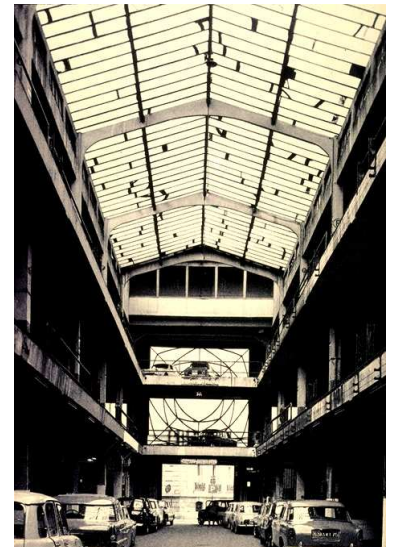
Konstruktyvistai aktyviai propagavo naują statybinę medžiagą – gelžbetonį ir gelžbetonines konstrukcijas. Gelžbetonis darė labai didelę įtaką kuriant naujas konstrukcijas ir architektūros formas. Po išradimo keliasdešimt metų gelžbetoni statyboje nebuvo populiarius, vėliau jis tapo ne tik konstrukcine, bet ir architektūrinės kompozicijos bei naujų estetinių idėjų reiškimo priemone. Tai ryškiai pastebima aktyvaus gelžbetonio propaguotojo architekto O. Perė (*Auguste Perret*) darbuose – gyvenamajame name Franklino gatvėje (7 pav.), kuris pastatytas 1903 metais ir garaže Pontjė gatvėje (8 pav.), kuris pastatytas 1905 metais Paryžiuje. Gelžbetonio karkasas buvo atviras ir aktyvus naujos architektūrinės kompozicijos elementas, tad jis nebuvo maskuojamas, o gelžbetonio karkaso angos buvo užpildomos pasirinktinai arba lengva siena arba dideliais langais.



7 pav. Gyvenamas namas Franklino gatvėje



(a)

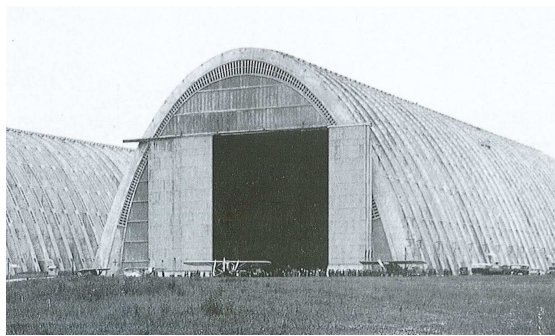


(b)

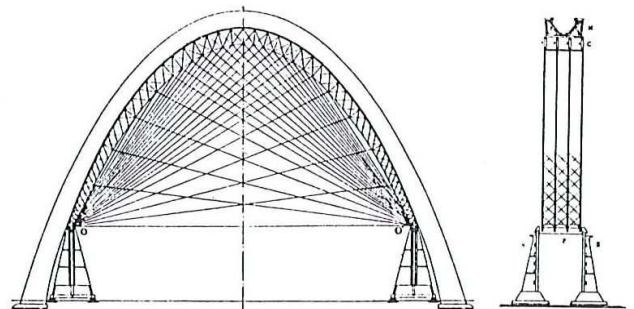
8 pav.: Garažas Pontjė gatvėje; a – fasadas; b - interjeras

O. Perė galima laikyti konstruktyvizmo pradininku, nors jo kūryba dar buvo įtakojama klasicizmo. Jis pirmasis paskelbė architektūros ir gelžbetoninių konstrukcijų sintezavimo principus bei kitus teiginius, nusakančius konstruktyvizmo esmę: „Architektas – tai poetas, galvojantis ir kalbantis konstrukcijų kalba“; „konstrukcija turi atsispindėti pastate“; „tas, kas slepia atramą, daro klaidą, kas daro netikrą atramą, daro nusikaltimą“; „laikančios konstrukcijos turi matytis fasaduose ir interjere“. [2]

Šios srovės atstovai kartais net nesitikėjo estetinių pasiekimų savo darbuose, nes jie tarytum ieškojo naujų konstrukcinių sprendimų kurdami tarsi šalia architektūros. Teigiama, kad jiems buvo aktualiau spręsti konstruktyvines ir praktines, taikomojo pobūdžio problemas, taip neatsižvelgiant į architektams nemažiau svarbias estetine savybes. Tačiau vienareikšmiškai tvirtini, kad jų kūrybos procesas buvo tik neestetiskai funkcionalus bei konstruktyvus, negalima, nes kai kurie, patys to nesitikėdami, gavo naują estetinę kokybę. Tai – Paryžiaus Orli oro uosto angari diržabliams (1916-1923) (9 pav.), kurių autorius E. Freisinė pats pripažino: „Aš siečiau tik utilitarumo. Ir jeigu kartu kūriau architektūrą, tai vyko nesąmoningai. Aš skyriau dėmesį tik konstrukcijai ir nė minutės negalvojau apie estetinio efekto galimybes“. [16] Mastant tik apie konstrukciją E. Freisinei pavyko pasiekti neblogą rezultatą. Šiame pastate panaudotas naujas principinis konstrukcinis sprendimas – 70 metrų tarpsnis, perdengtas banguoto paviršiaus paraboliniiais arkiniais skliautais, čia nėra nei laikomų, nei laikančių dalių. Tai buvo pirmoji naujo tipo erdvinė konstrukcija, kuri netik atvėrė kelią sparčiam konstrukcijų tobulinimui, bet ir pademonstravo estinės minties perteikimo per konstrukciją galimybes. 1928 metais E. Freisinė pirmą kartą užpatentavo įtemptą gelžbetonį.



(a)



(b)

9 pav. Orli oro uosto angaras diržabliams; a – pastato nuotrauka; b – pastato konstrukcinė schema

Nors kai kurie inžinieriai ir mokslininkai nesistengė kurti estetikos, negalima atmesti jų nuopelnų architektūros galimybių ribų išplėtimui. Naujų erdvinių konstrukcijų atsiradimas sietinas ne tik su technikos pažanga ir naujomis medžiagomis, bet ir su iki šiol egzistavusio statiško kūrybos kriterijaus atmetimu, kas formavo naują mokslinio mąstymo stilių. Tai paskatino siekti paradoksalių minčių įgyvendinimo, kas buvo tolimesnė konstrukcijų tobulinimo varomoji jėga, nes mokslo dinamiškumas, naujos loginės formos, epochinės reikšmės atradimai ir milžiniškos inžinerinės konstrukcijos negalėjo nežavėti pažangiai nusiteikusių architektų.

2.6. FUNKCIONALIZMAS

Prie pirmųjų naujosios architektūros srovių priskiriamas funkcionalizmas. Tikslios jo pradžios nustatyti neįmanoma. Jo pradmenys siekia gilią senovę. Ji išsirutuliojo iš proto funkcionalizmo ir racionalizmo. Naujosios architektūros teoretikas E. Viole le Diukas stengėsi funkcionalizuoti architektūrą, suvesti ją į aiškią loginę sistemą. Jo teiginys, kad forma, kurios negalima pateisinti, niekada nebus graži, artimas funkcionalizmui. [2]

Svarbiausiu funkcionalizmo teiginiu tapo įžymaus JAV architekto ir teoretiko Čikagos architektūros mokyklos atstovo, vieno pirmųjų dangoraižių statytojo, Luiso Saliveno aforizmas „Forma seka funkciją“. [2] Iš jo kilo daugiau formuluočių „Forma turi išreikšti funkciją“, „Forma turi atspindėti funkciją“.

Čikagos architektūros mokyklos atstovai toli aplenkė kitų šalių savo kolegas. Jie atsisakė puošmenų, išryškino natūralių statybinių medžiagų grožį, pradėjo naudoti laikantįjį plieninį karkasą, funkcionaliai sprendė pastatų planus ir fasadus. Šiai mokyklai priklausė L. Salivenas, D. Biornhaimas, D. Rutas, F. L. Raitas.

Funkcionalizmas atsirado iš įsitikinimo, kad kiekviena forma gali būti kuriama specifiškai tai funkcijai, kurią ji atliks. Ši idėja suteikė tariamai objektyvų pagrindą naujiems išradimams ir suformavo mintį, kad architektūra gali būti kuriama pagal žmogaus poreikius, o ne pagal tradiciją ar hierarchiją.

2.7. SKYRIAUS APIBENDRINIMAS

Ivykusi industrinė revoliucija neišvengiamai turėjo įtakos XX a. architektūros ir konstrukcijų raidai. Pastebėta, kad atsiradus naujoms medžiagoms ne iš karto jas imta naudoti statyboje. Tik drąsių ir naujovių nevengiančių architektų ir inžinierių dėka naujos medžiagos buvo integruotos į statybą. Dėl skirtingo požiūrio į XX a. architektūrą formavosi nauji stiliai. Kiekvienas stilius turėjo savitą požiūrį į konstrukciją ir į jos panaudojimą kuriant estetinį vaizdą. XX a. architektūroje buvo naudojamos trys pagrindinės medžiagos: gelžbetonis, metalas ir stiklas. Tobulinant šias medžiagas buvo išgaunami vis nauji iki tol nenaudoti sprendimai.

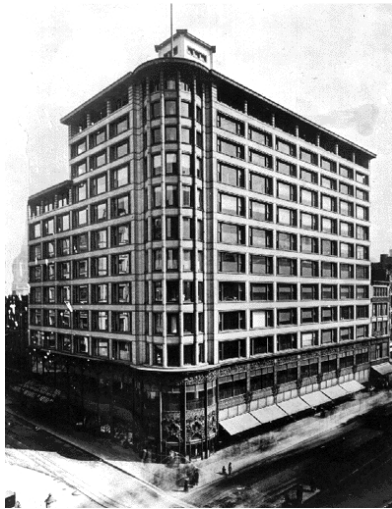
3. XX a. žymūs architektai ir inžinieriai, kurie darė įtaką statinių konstrukciniams sprendiniams

Šiame magistrinio darbo skyriuje siekiama apžvelgti XX a. žymiausių architektų ir inžinierių kūrybos subtilybes, metodus, bei principus. Išsiaiškinti, kokios architektūros srovės atstovai siekė suvienyti architektūrą ir inžineriją. Nustatyti architektų ir inžinierių, bei jų propaguotų architektūros srovių įtaką XX a. architektūrai ir konstrukcijoms, jų raidai ir tobulinimui. Nustatyti realias projektuotojų architektūrinės ir inžinerinės kompetencijos ribas pagal jų išsilavinimą atsižvelgiant į jų praktinio darbo rezultatus, nes šio laikmečio architektūroje kūrė skirtingą išsilavinimą ir skirtingus darbo principus turintys asmenys. Nustatyti kokią įtaką darė ne tik jų praktinė, bet ir akademinė veikla, formuodama jaunąją projektuotojų kartą.

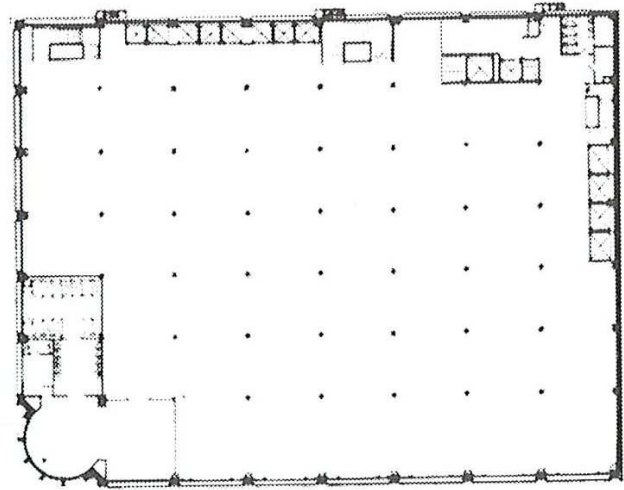
Siekiama nustatyti kokią įtaką projektuotojui darė kiti kūrėjai, kiek smarkiai veikė socialiniai veiksniai. Skyriuje analizuojama kokias statybines medžiagas kūrėjai įsisavino labiausiai ir kurių raidai darė didžiausią įtaką.

3.1. LUISAS HENRIS SALIVANAS (LOUIS HENRI SULLIVAN) 1856-1924

Tai inžinierius architektas, gimęs Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV). 1872 metais įstojo į Masačusetso technologijų institutą (*Massachusetts Institute of technology*), tačiau praėjus vos metams savo studijas nutraukė ir išvyko į Filadelfiją, kur įsidarbino pas architektus Frenką Furnesą (*Frank Furness*) ir Džordža Hevitą (*George Hewitt*). 1874 metais išvyko studijuoti į Paryžių (*Ecole des Beaux-Arts*), tačiau ir ten mokslų nebaigė. 1875 metais grįžo į Čikagą, kur įsidarbino braižytoju firmoje „Joseph S. Johnston & John Edelman“. 1879 metais Salivasas paliko šią firmą ir įsidarbino firmoje „Dankmar Adler“, kuri 1883 metais buvo pervadinta į „Adler & Sullivan“. Ši firma savo egzistavimo laikotarpiu sukūrė daugiau nei 180 pastatų projektų – daugiausia tai buvo gyvenami ir komerciniai pastatai, tačiau jų tarpe buvo ir teatras, auditorija ir laidojimo namai. 1895 metais Dankmaras Adleris (*Dankmar Adler*) paliko firmą. Nuo tada Henris Salivasas pradėjo dirbti vienas, tačiau jo, kaip architekto karjera ėjo vis blogyn. Nepaisant to, XIX ir XX amžių sankirtoje jis suprojektavo vieną geriausių savo pastatų. Tai buvo biurų pastatas „Schlesinger and Mayer“, dabar žinomas kaip „Carson Pirie Scott & Company“ pastatas (10 pav.).



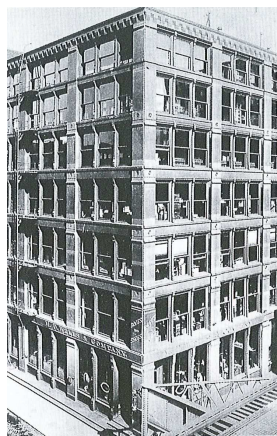
(a)



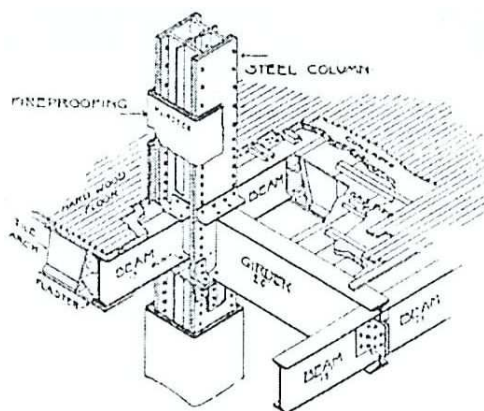
(b)

10 pav. „Carson Pirie Scott & Company” pastatas; a – pastato nuotrauka; b – pastato planas

„Carson Pirie Scott & Company” pastate L. H. Salivanas išstobulino Viljamo le Baron Dženio (*William le Baron Jenney*), inžinieriaus architekto, naudotą pastato konstrukcinę schemą, kuri remiasi ne iki šiol egzistavusiais laikančios sienos principais, o karkasinės konstrukcinės schemos modeliu. Šiame pastate panaudotas nepilnas metalinis karkasas. Inžinierius architektas L. H. Salivanas siekė panaikinti konstrukcines sienas, kurios jam atrodė masyvios ir varžančios architektūrinės išraiškos galimybes. Pavykus panaikinti laikančių sienų konstrukcinę schemą, buvo pasiekti iki šiol neegzistavę langų gabaritai. „Carson Pirie Scott & Company” pastatą galima laikyti surenkamųjų, karkasinių namų pradininku, kuriam įtakos visgi turėjo inžinieriaus architekto Viljamo le Baron Dženio pastatas (11 pav.), su metalinio karkaso užuomazgomis viršutiniuose aukštuose, pastatytas 1879 metais Čikagoje.



(a)



(b)

11 pav. Viljamo le Baron Dženio pastatas; a – pastato nuotrauka; b – pastato karkasokonstrukcinė detalė

Salivanas suvokė, kad didelės apimtys bei naujos konstrukcijos neatpažįstamai pakeitė įprastas architektūros galimybes. L. H. Salivanas teigė, kad architektai norėdami, patenkinti nuolat besikeičiančios architektūros poreikius ir išlikti rinkoje, privalo įvaldyti sudėtingas konstrukcijas. Ir kitiems Salivano darbams buvo būdingos karkasinės konstrukcijos bei racionalumas. Nors metalas statybose buvo naudojamas ir anksčiau, tačiau tik XIX a. ši medžiaga tapo karkasinės statybos pagrindu ir tam didelės įtakos turėjo inžinieriaus architekto L. H. Salivano profesinė veikla. Metalo panaudojimas pastato karkasui suteikė galimybę atsiskleisti naujam architektūros stiliui.

3.2. PIERAS LUIDŽIS NERVIS (PIER LUIGI NERVI) 1891-1979

Italų inžinierius ir architektas Pieras Luidžis Nervis 1913 metais baigė Bolonijos universitete civilinę inžineriją. Inžinierius-architektas didelę savo gyvenimo dalį paskyrė gelžbetoniui. Jis išnaudojo gelžbetonio skulptūrinį potencialą ir suteikė jam iki šiol nežinotą išraišką. Pagal Nervį, laikanti konstrukcija buvo svarbiausias pastato projekto elementas. 1935 metais jis suprojektavo lėktuvų angarą (12 pav.), kuris užėmė 400 m² plotą su maždaug 40 m pločio perdanga. Tam priešingai nei kiti to meto projektuotojai naudojo ne metalines konstrukcijas, o gelžbetonį. Pastebėtina ir tai, kad tai pirma tokio didelio tarpatramio gelžbetoninė konstrukcija. Paprasta, įstrižai susikertančių ir krūvį palaikančių atbrailų sistema ant apatinio pastato kupolo, remiasi į šešias nuolaidžiasias kolonas. Dėl tokios paprastos konstrukcijos gaunamas ypač išraiškingas efektas.



(a)



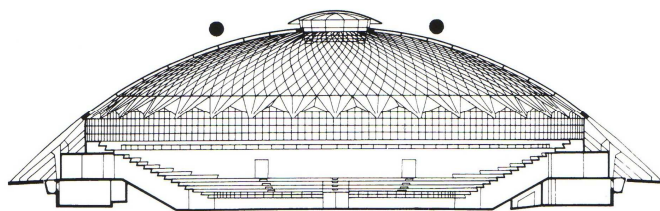
(b)

12 pav. Lėktuvų angaras; a – pastato nuotrauka; b – pastato statybų nuotrauka (konstrukcinė schema)

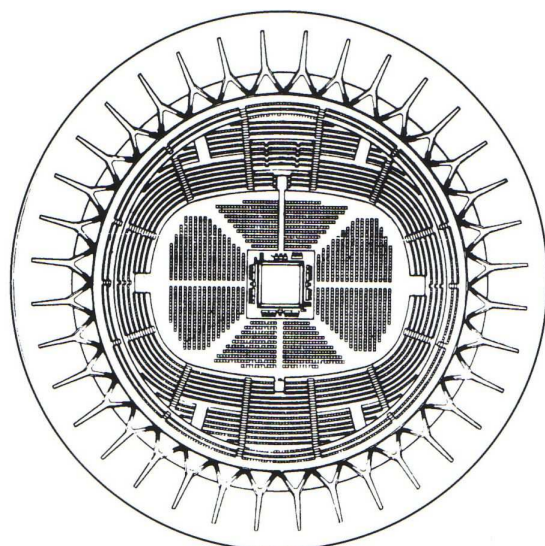
Jo projektai buvo įgyvendinti ir kituose miestuose. Vienas iš nuosekliausių Piero Luidžio Nervio statinių yra Palazetto dello Sport Romoje (13 pav.), kuris pastatytas 1957 metais. Sudėtingos, palyginti negilios, apvalaus kupolo nerviūros buvo gaminamos naudojant ferocementą, kurį atrado pats Nervi. Medžiaga pakeičiama į pakartotinai perdirbtą medžiagą. Kupolui tenkančios įrąšos persiduoda į kupolo atramą, kuri paskirto įrąšas į pamato žiedą.



(a)



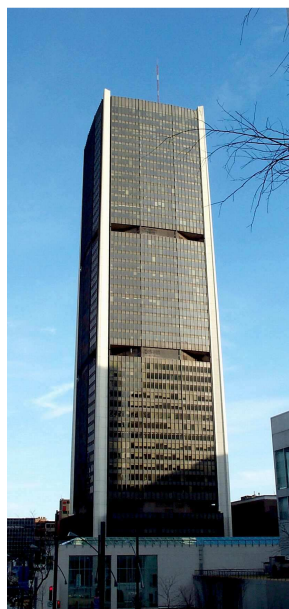
(b)



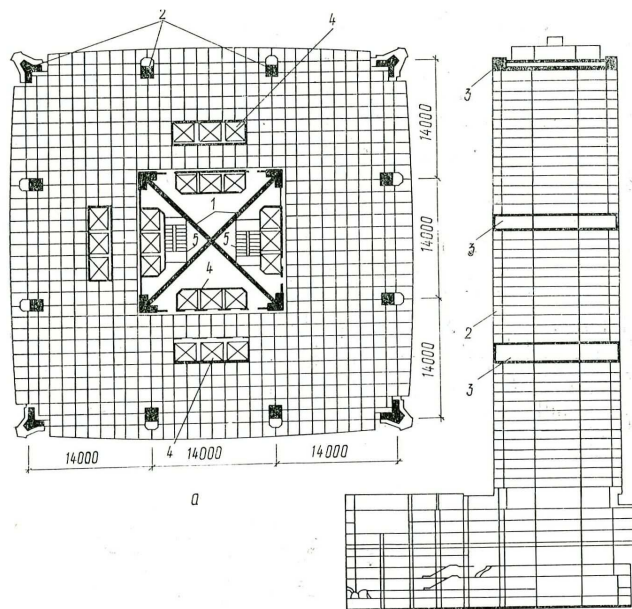
(c)

13 pav. „Palazetto dello Sport“ pporto rūmai; a – pastato nuotrauka; b – pastato pjūvis; c – pastato planas

Įdomus konstrukciniu požiūriu yra 45 aukštų administracinis pastatas Monrealyje (Kanada) Tour de la Bourse (14 pav), pastatytas 1967 metais. Šiame Nervio projekte panaudota ypatinga konstrukcija, tai vidinis stiebas, kurio planas kryžiaus pavidalo, be angų ar skylių. Inžinieriaus suprojektuotame pastate horizontaliąsias apkrovas atlaiko ir šio pastato karkaso išorinės kolonos, kurios remiasi į rostverkus, kurie išdėstyti techniniuose aukštuose (14 pav., b).



(a)

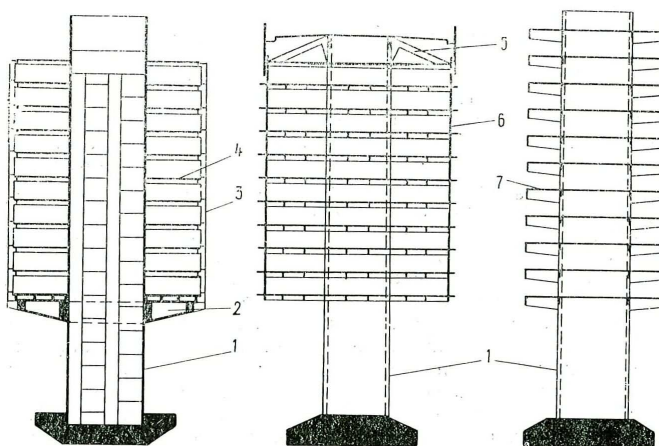


(b)

14 pav. „Tour de la Bourse“ administracinis pastatas Monrealyje; a – pastato nuotrauka; b – planas, pjūvis

Tokio tipo pastatams, kaip administracinis pastatas Monrealyje su Stiebine sistema su dideliais perdangų tarpatramiais suvartojama daug plieno ir darbo. Naudojamos sistemos, kai

apkrovas atlaiko tik stiebas, turintis pakankamai didelį pamatą. Stiebinės konstrukcijos pastatuose lengviau spręsti liftų ir inžinerinių sistemų problemas.



15 pav. Pastato su erdvine centrinio kamieno tipo atrama konstrukcinių schemų variantai

Kaip inžinieriui ir architektui Pierui Luidžiui Nerviui pavyko atrasti visiškai naujus būdus statiniuose panaudoti gelžbetonį. Jis atsisakė naudoti plačias atramines konstrukcijas uždengiančias vieno aukšto pastatus, vietoj to konstruodamas laikančią sistemą iš daugybės atskirų detalių. Surenkamosios dalys atstojo ypač tikslūs ir plonus elementus, kurių jis pageidavo. Galutinės, grakščios konstrukcijos leido pasiekti stulbinantį erdvumo įspūdį. Nors P. L. Nervis nebuvo funkcionalizmo atstovas, jis palaikė tipinių statybos elementų idėją, pats jis yra pareiškęs: „Man atrodo, kad fabrikinė elementų gamyba teikia pačias didžiausias konstrukcines ir architektūrines galimybes“. [1]

Nervi iš esmės netaikė jokių naujų konstrukcinių principų, tačiau išreiškė kūrybingą poziciją ieškodamas naujų formų architektūroje, o taip pat atrado svarbius inžinerinius būdus kaip tai padaryti. Nervi tikėjo, kad architektūra ir inžinerija, tai dvi dalys, kurios sudaro visumą. Jo manymu, norint pastatyti gerą pastatą, svarbu žinoti apie statybines medžiagas, gamtą ir konstrukcijas. Šie veiksniai svarbūs, norint suvokti architektūrą. Jo kaip teoretiko darbai žavi jo pasekėjus.

3.3. VALTERIS GROPIJUS (WALTER GROPIUS) 1883-1969

V. Gropijus nebuvo labai produktyvus architektas. Jo darbai neišbarstyti po įvairius kraštus. Dauguma jų yra sunaikinti. Gavęs normalų akademinį išsilavinimą Šarlotenburgo ir Miuncheno universitetuose, Gropijus 1907 metais pradėjo dirbti Vokietijos žymiausio architekto Pėterio Barenso (*Petter Bahrens*) įstaigoje. Ten jis išbuvo tris metus. Bahrens įtakoje Gropijus išmoko galvoti principais, spręsti protu, ne jausmais.

Jo pirmas pastatas, kurį jis 1911 metais sukūrė, bendradarbiaujant Adolfui Mayeriui (*Adolf Mayer*), buvo Fagus batų raiščių fabrikas (16 pav., a). Tai buvo nepaprastai modernus kūrinys –

pirmas svarbus stiklo sienos pastate panaudojimas. Konstrukcinė struktūra buvo plieno rėmai be jokių svorį laikančių sienų. Stiklo sienos tikrai apdengė šį trijų aukštų namą nuo gamtos poveikio. Struktūrinė sistema nebuvo nauja. Amerikos architektai jau statė dangoraižius remdamiesi šia sistema, nors jie ir vartojo sunkias mūro sienas pastatui uždengti. Fagus fabrike nestrukūrinė sienos funkcija išryškinta iki tokio laipsnio, kad net ir kampai yra panaikinti stiklo suėjimu į vieną tašką. (16 pav, b)



(a)



(b)

16 pav. Fagus batų raiščių fabrikas; a – pastato nuotrauka; b – stiklinis kampas

Gropijus visada tikėjo žmogaus didingumu, bet jis taip pat nebijojo mašinos. Jis jautė, kad mašina ir žmogus neturi būti išskirti, bet turi sudaryti sąjungą abiejų praturtėjimui. Jis turėjo vilties modernioje pramonės bendruomenėje atkurti tokį patį santykį tarp menininko ir amatininko, koks egzistavo prieš pramonės revoliuciją.

Jis teigė, kad planavimas turi sutapti su gyvenimu ir rasti gyvenimo estetinę vertę. Logiškumas ir aiškumas yra raktai šiam atradimui. Visos kūrybinio darbo formos yra per daug komplikotos, kad jas individualiai spręsti. Bendradarbiavimas yra reikalingas. Tas bendradarbiavimas buvo paties Gropijaus kūrybos pagrindinis principas. Beveik visi jo darbai buvo įvykdyti bendrai su kuo kitu. Jis jautė, kad suderintas darbas yra būtinas modernioje statyboje. Tai, kad jo bendradarbiavimas davė vaisių, matoma iš jo nemažo indėlio į to laikmečio architektūrą.

Gal Gropijus ir neturėjo to didelio architektūrinio išradingumo, kuriuo pasižymėjo kiti sėkmingai dirbę architektai, bet jis sugebėjo pažvelgti į problemas jų pilnumoje ir socialinėje plotmėje. Jis niekada nesivaržė kalbėti apie daugelį problemų, išylančių visuomenei. Techninės, socialinės ir ekonominės problemos visados buvo jo mintyse ir kiekviename architektūriniame projekte, kurį jis sprendė.

Gropijus visados troško didelio masto projektų. Formuoti aplinką dideliu mastu buvo jo tikslas. Deja, jis niekad negalėjo realizuoti to tikslo. Vis dėlto jo energija ir originalumas

nesumažino jo vizijų, ir jis paliko savo studentų kartai palikimą: vilties ir idealizmo architektūrą, susirūpinusią sumažinimu skilimo tarp meno ir technologijos, - visuomeninio sąmoningumo kupiną architektūrą.

V. Gropijaus įtaka XX a. architektūrai siejama su kampinės atramos panaikinimu ir jo akademinė veikla Bauhauz mokykloje ir jo propaguojama pramonizacija.

3.3.1. BAUHAUZ (BAUHAUS) MOKYKLA

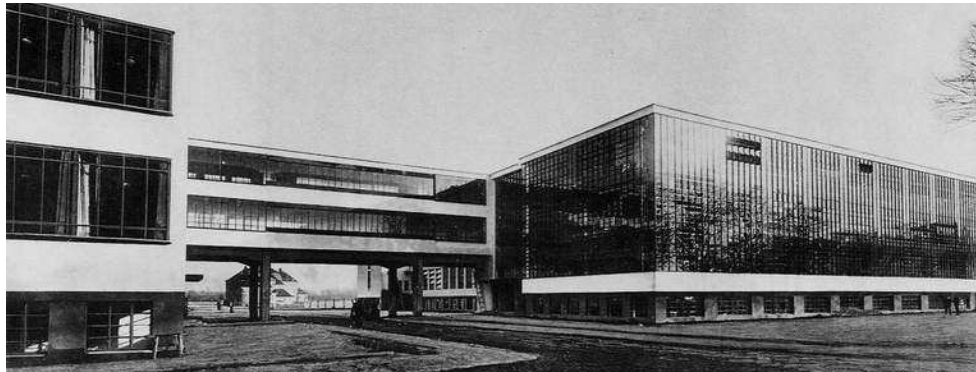
Bendroji funkcionalizmo architektūros sėkmė, jos tapsmas „stiliumi“ susijęs su projektavimo mokykla Bauhauz , kurią 1919 m. Veimare įsteigė V. Gropijus, sujungdamas senąją Dailių menų akademiją su taikomojo meno mokykla. Bauhauzo ištakos nulėmė tai, kad čia buvo siekiama derinti menininko kūrybą su amatininko meistriškumu, suprantant tai kaip kelią į vokiečių kultūros atnaujinimą. Ši koncepcija buvo išdėstyta pirmajame mokyklos steigimo manifeste, aiškinant, kad ateities statinį reikia vertinti kaip kompleksinę veiklą, kuriai būtina sutelkti visas menininkų ir amatininkų galias, tik tada jis bus techniškai ir meniškai vientisas.

Ekspresionizmas, futurizmas, neoplasticizmas, konstruktyvizmas – visos to meto modernistinės meno kryptys buvo pristatytos viename ar kitame Bauhauzo mokyklos skyriuje. Čia dėstė ir dirbo menininkai avangardistai, kaip antai J. Itenas (*Itten*), L. Fainingeris (*Feininger*), P. Klė (*Klee*), V. Kandinskis, T. van Dusburgas (*Doesburg*), El. Lisickis, M. Brioderis (*Brauer*) ir kiti. Tai buvo talentingi menininkai, turėję daugybę kūrybinių idėjų, ir Gropijus stengėsi juos įtraukti į naujos eros vokiečių pramonės gamybinius procesus, o kartu ir į naujos architektūros kūrybos procesą. [11]

Bauhauzo mokykloje susirinkę du šimtai penkiasdešimt mokinių pirmiausiai mokėsi parengiamajame bendro pobūdžio kurse, kuriam vadovavo dailininkai J. Itenas, J. Albersas (*Albers*) ir L. Mohol-Nadis (*Moholy-Nagy*). Jų pareiga buvo paruošti jaunuosius studentus taip, kad jie užmirštų akademinius įpročius ir susipažintų su galimybėmis eksperimentuoti su medžiagomis ir abstrakčiomis formomis. Pabaigęs perauklėjimo kursą kiekvienas studentas, atsižvelgiant į jo individualius polinkius, buvo siunčiamas studijuoti kurios nors specializacijos. Nuo tada prasidėdavo kiti mokslai: pramoninis projektavimas, etalonų, skirtų serijinei gamybai, kūrimas ir kiti praktiniai dalykai. Tokia mokymo programa iš esmės skyrėsi nuo kitų, kuriomis remiantis buvo mokoma kitose to meto mokyklose, rengusiose vietinius gaminius gaminančius amatininkus.

Nors iš pradžių Bauhauzo mokykla savo pirminius ketinimus siejo su kolektyviniu projektavimu, vis dėlto ji nepajėgė nei užmaskuoti neatsiejamų nuo meno autoriaus individualybės raiškos, jo subjektyvumo antspaudą kūryboje, nei atsieti kūrėjo vardo nuo konkretaus sėkmingo kūrinio.

Bauhauzo mokyklos veikla skirstoma į kelias fazes, bet ji nuolat kaupė įvairias įtakas. Štai 1922 m. T. van Dusbargas supažindino su trijų matmenų neoplasticistinėmis formomis, kurios mokykloje susilaukė didelio atgarsio.



17 pav. Bauhaus mokykla, Dessau mieste

1924 m. Bauhauzo mokykla persikėlė į naują buveinę Dessau mieste. Tuo laikotarpiu pasikeitė ir mokyklos mokymo pobūdis: buvo atsisakyta iki tol praktikuoto įvairių amatų mokymo ir pradėta daug dėmesio skirti architektūros teorijai, taikyti naujus pedagogikos metodus, atsižvelgiant į laikmečio - iš esmės technikos eros – masinio vartojimo padiktuotus poreikius. Pats Gropijus nusprendė, kad pagal standartizacijos principus projektuoti ne tik statinius, bet ir kasdienio vartojimo daiktus. 1925 m. projektuodamas Bauhauzo pastatą, Gropijusas gavo progą įgyvendinti seniai puoselėtas idėjas ir sukurti visapusiškai modernų statinį. Iš tikrųjų tai pasirodė esąs geriausias šio architekto darbas ir jis tapo Bauhauzo stiliaus vizitine kortele. Čia Gropijus pademonstravo, kaip galima sukurti projektą, integruojantį modernios architektūros estetiką, inžinerinės technikos pasiekimus bei panaudojantį serijinės pramoninės gamybos produktus. Neoplasticizmo įtaka Gropijaus statinyje atsiskleidžia suskaidytais planais, skirtinguose lygiuose išdėstytais tūriais. Kai kur pastebima ankstesnių Gropijaus darbų (*batų raištelių fabrikas „Fagus“*) atgarsių; gamyklų estetikos ženklai ryškiausi studijų ir dirbtuvių sparne: įstiklinta apdarinė siena, pastato kyšuliai, tušti ir permatomi kampai. Vertinant apskritai visą pastatą, matyti, kad yra akivaizdus architektūros originalumas ir novatoriškumas – tai puikiausias Europos racionalistinės architektūros pavyzdys. Bauhauzo mokykla, persikėlusį į Dessau, kuriame ją rėmė burmistras, pradėjo dar vieną labai sėkmingą veiklos etapą – ėmė projektuoti ir gaminti įvairius gaminius (plienines kėdes, šviestuvus, pelenines, apmušalus, kilimus) ir spausdinti leidinius.

Bauhauzo mokyklos istorijoje nestigo visokiausių vidinių įtampų, nesutarimų, kylančių tarp kai kurių profesorių, dėl kurių susidarydavo priešingos studentų stovyklos. Atmosferą kaitindavo ir politinės nuostatos, nes ši mokykla ne tik skatino modernaus meno plėtojimą, bet ir siekė paveikti socialinę ir ekonominę raidą ir apskritai Veimaro respublikos gyvenimą, kuriame visą laiką aktyviai dalyvavo. 1928 m. Gropijus paliko Bauhauzo mokyklą; po jo direktoriaus postą

paeiliui užėmė H. Mėjeris (*Meyer*) ir Myz van der Roė. Mokykla veikė dar keletą metų, bet 1933 m. naciai ją uždarė.

Bauhauzo įtaka architektūros ir konstrukcijų istorijoje užima tikrai garbingą vietą. Vien tai, kad ši mokykla susikūrė apjungdama dailių amatų akademiją su taikomojo meno mokykla, parodo, kad Bauhauzo įkūrėjai siekė suderinti menininko kūrybą su amatininko meistriškumu, manydami, kad tokio pobūdžio kūrėjų darbai gali būti geresni. Jie savo aiškią poziciją išdėstė steigiamajame manifeste teigdami, kad statinys tai kompleksinė veikla, kuriai menininkus ir amatininkus reikia sutelkti bendro tikslo siekimui, meniškai ir techniškai vientisam pastatui sukurti. Toks pareiškimas steigiamajame manifeste padiktuoja tolimesnę Bauhauz mokyklos veiklą, kurioje siekiama auklėti architektus gebančius konstruktyviai mąstyti.

V. Gropijus ir Bauhauz teigė, kad norint sukurti funkciškai teisingą talpyklą, kėdę ar namą vienas privalo iš visų būti pirmas savo prigimtimi. , tam privalo tikti jo tikslai paskirtis, tai reiškia privalo būti funkcionalus, patvarus, ekonomiškai ir gražus. Ši nagrinėjama objektų prigimtis perša išvadą, kad pagal modernius gamavimo metodus konstrukcija, medžiaga ir forma turi būti plėtojamos ir taip pasieksim neįprastų ir stebinančių rezultatų.

V. Gropijus 1909 metais pasiūlė panaudoti tipizacijos ir standartizacijos principus gyvenamųjų namų statyboje. Gyvenamos statybos industrializacija gali būti įgyvendinta tik tuo atveju, jei kiekviename projekte bus taikomi tipizuoti konstrukciniai elementai, o tai padės sukurti serijinę gamybą. Jis teigė, kad tik įvairiai derinant šiuos elementus, bus galima patenkinti žmonių poreikius: sukurti skirtingus namus, jis pirmas iškėlė ir pagrindė mintį, kad iš standartinių elementų galima sukurti įvairios išvaizdos pastatus.

Bauhauzo idealas buvo sukurti tokį architektonišką ir universalų meną, kaip ir pats žmogaus gyvenimas. V. Gropijui priklauso kampinės atramos panaikinimas ir dabar visame pasaulyje paplitusio „stiklinio kampo“ išradimas.

3.4. LIUDVIKAS MYZ VAN DER ROĖ (LUDWIG MIES VAN DER ROHE) 1886-1969

Vokietijos ir JAV architektas, funkcionalistas. 1905-1907 metais dirbo žymaus dizainerio Bruno Paulo (Bruno Paul) biure, neturėdamas jokio architektūrinio išsilavinimo. 1908 metais pradėjo dirbti į Peterio Barenso projektavimo biurą, kur susipažino su Valteriu Gropijum, o 1912 metais pradėjo dirbti savarankiškai. 1930 metais perėmė iš Valterio Gropijaus vadovavimą Bauhauzo mokykloje. Liuvikas Myz van der Roė taip pat vadovavo Ilinojaus Technologinio instituto architektūros fakultetui Čikagoje. Architektas, kaip ir jo kolega Valteris Gropijus dėstydamas aukštojoje mokykloje darė didelę įtaką jaunajai architektų kartai. Intensyviai projektuoti gal ir negalėjo, bet svarbus indėlis į architektūros raidą buvo ne tik jo asmeniniai projektai, bet ir jų kūrybinių idėjų gyvybingumas. Myz van der Roė nepripažino techniškai nepagrįstų formų, tai buvo ir funkcionalizmo idėja. Architektas savo nuomonę apie technikos ir

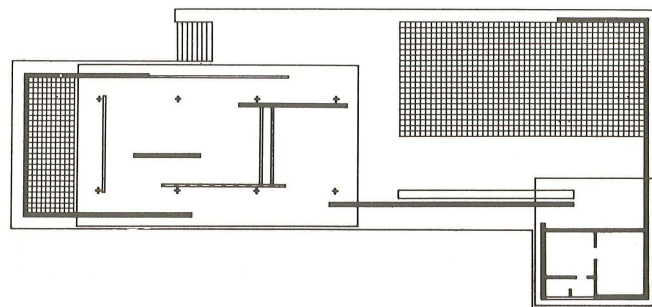
architektūros sąveiką yra išdėstęs rašte Ilinojaus Technologiniam institutui, kur rašė: „Technikos šaknys siekia praeitį. Ji vyrauja dabartyje ir žvelgia į ateitį. Technika – tai kažkas daugiau negu metodas. Ten kur technika apsieikia aukščiausio įsikūnijimo, ji pakyla iki architektūros lygio. Aš tikiuosi, jūs suprantate, kad architektūra neturi nieko bendro su formų išradinėjimu. Architektūra ne žaidimų aikštelė dideliems ar mažiems. Architektūra „rašė“ epochų istoriją, ji davė joms vardus. Architektūra priklauso nuo savo epochos. Iš jos vidinės struktūros palaipsniui išsikristalizuoja forma. Štai kodėl technika ir architektūra taip glaudžiai susijusios. Mes tikimės, kad ateis diena, kai viena išreikš kitą. Tikrai tada architektūra taps verta savo laiko, ji pasidarys tikruoju mūsų epochos simboliu“. [1]

Architektas suprato funkcionalizmo stiliaus esmę. Jis suprato ir architektūros misiją. Pačio Myz van der Roës nuomone architektūra, kurią jis kuria, - būdinga epochos dalis, jos objektyvi stilistinė išraiška. Ateis kita epocha, bus kitos sąlygos, kiti uždaviniai ir vėl bus ieškoma kitos „didžiosios formos“. [1] Architektas siūlė neišradinėti naujų formų, bet kantriai tobulinti esamas, kurios būtų apsprendžiamos konstrukcinės struktūros.

Architektas garsėjo frazėmis: „daugiau yra mažiau“ ir „dievas yra detalėse“. [8] Daugelio kūrėjo darbų akcentas – nepriekaištingi mazgai ir architektūrinės detalės. Myz van der Roë nebuvo stiklinio kampo išradėjas, tačiau jis aktyviai propagavo stiklo fasadus ir buvo vienas pirmųjų, kuris maksimaliai išnaudojo stiklo plokštumas, kaip lauko atitvaras. Architektui nepatiko masyvios sienos, todėl savo darbuose jis naudojo tik lengvas, atitvarines, stiklo sienas. Radikaliausias stiklo panaudojimo būdas 1940-uosiuose metuose aptinkamas keliuose privačiuose namuose. Dėl jų palyginti mažų matmenų, dizaino bei konstrukcijos paprastumo atsiveria puikios galimybės bandymams. Vienas iš racionaliausių gryno stiklo architektūrinių pavyzdžių, sukurtų Myz van der Roës, yra „Farnsworth“ namas (19 pav.) Plano mieste, Ilinojaus valstijoje 1950 metais. Idėja primena Barselonos Paviljoną (18 pav.) pastatytą 1929 metais, su tiksliais kambarių perėjimais. „Farnsworth“ name plačios stiklinės erdvės paremtos grakščiais plieniniais kampais, sukuria vidaus ir išorės erdvių testinumą. Aplinka – iš esmės nepalietas kraštovaizdis šalia mažos upės sukuria foną gyvenamajam plotui, primenančiam tradicinį japonišką namą. Aiškiai iškilęs virš žemės ant aštuonių plieninių kolonų, o dvi plokštės suteikia formą grindims ir stogui, bei apibrėžia ribas. Namų priekyje terasa remiasi į kitas keturias kolonas. „Farnsworth“ namas ir jo idealizuota erdvė – apribota tik horizontaliomis plokštėmis – tobula konstrukcijos minimalizmas, netrukus tapęs moderniosios architektūros simboliu. Tačiau šis fenomenas kartu parodė ir statybos mokslo neišmanymo rezultatą, bei supratimo trūkumą, liečiantį energijos ir aplinkos veiksnius. Minimalistiniai papuošimai netrukus padarė pastatui didžiulę žalą.

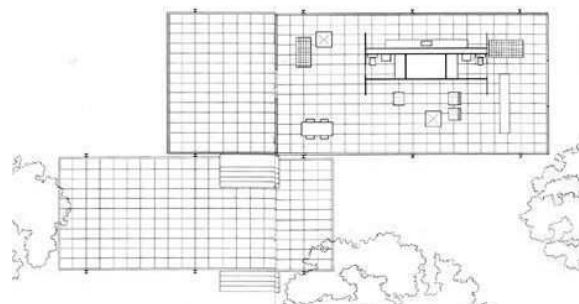


(a)



(b)

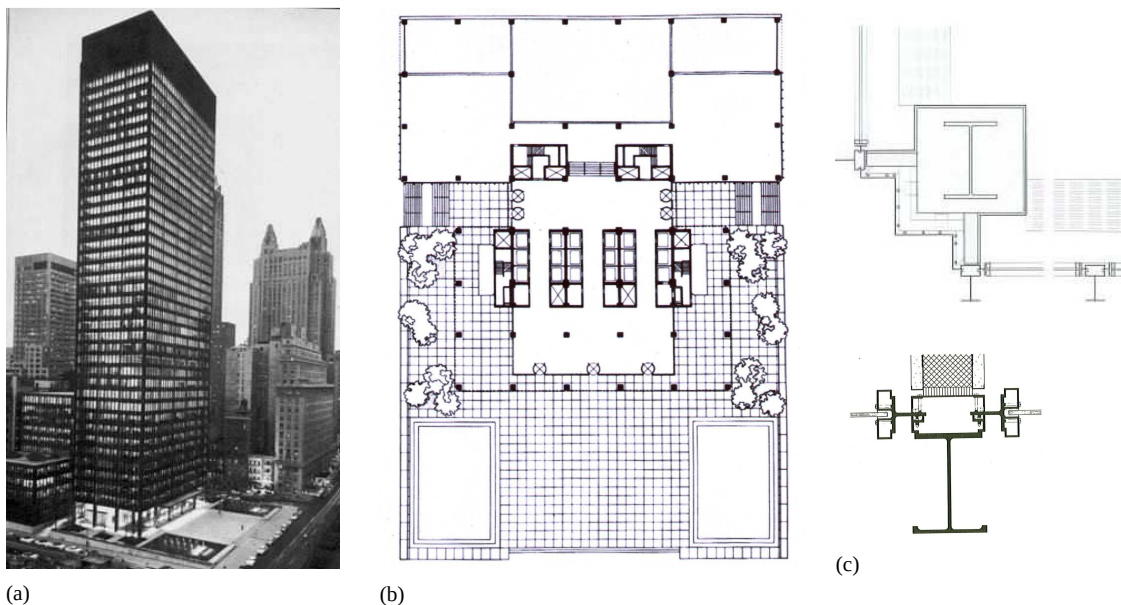
18 pav. Barselonos paviljonas; a – pastato nuotrauka; b – pastato planas



19 pav. „Fransworth“ namas; a – pastato nuotrauka; b – pastato planas

Stiklo plokštumas Myz van der Roë naudojo Dangoraižio karkasui „apvilkti“. Šios idėjos atspindys – dangoraižis Niujorke „Seagram“ (20 pav.) pastatytas 1958 metais. „Seagram“ dangoraižyje konstrukcinės detalės panaudojamos ne priekyje, o stiklo plokštumoje akcentuojant sujungimo šešėlius. Panaudoti segmentai gaminami ne iš plačiai paplitusių standartinių produktų, bet iš tikrai brangių tam tikrų bronzinių gaminių. Tai leido Myz van der Roëi paveikti skerspį, jis padidino pažeidžiamą antbriaunį, kad optiškai suteiktų daugiau svorio. Langai tarp grindų ir lubų be stiklo tvirtinimo elementų išryškina fasadų vertikalumą. Lydant stiklą pridedama geležies oksido ir seleno, kurie suteikia stiklams auksinio rudumo atspalvį. Todėl pastatas nebe toks permatomas, bet kuria masyvumo įspūdį. Didingas pastatas, žymiausias iš kada nors jo sukurtų, nepanašus į tuos aukštai iškilusius stiklo paminklus, kuriuos jis įsivaizdavo 1920 metais. Permatomumas, kurio jis visą laiką siekė, dabar nebeatrodo toks svarbus. Aišku viena – permatomi arba dailiai išvingiuoti pastatai privertė tikslinti ketursienės „dėžes“. Mies visiškai įsitikino, kad išorinės pastato dalies vaizdas turėtų būti šviesus ir skaidrus, o pagrindinis dėmesys skiriamas medžiagų parinkimui ir tikslioms detalėms. Jam ramybės nedavė neišbaigtos simetrinės detalės, kurios pagal jo architektūrinį stilių neatitiko nei vietos, nei projekto. Dangoraižių architektūrinis stilius vėliau buvo pritaikytas panašiuose projektuose Čikagoje ir Toronte. Ši tendencija paskatino tokių pastatų plitimą pasaulyje. Bet plačiu mastu kopijuojat pastatus prarandamas ne tik jų originalumas, bet ir dėmesys detalėms. Tokio plitimo pasekmė - neįdomus, standartinis architektūrinis stilius. Veikiamos tarptautinio stiliaus, šios stiklinės dėžės iki 1970-tųjų išplito visame pasaulyje stulbinančiu greičiu.

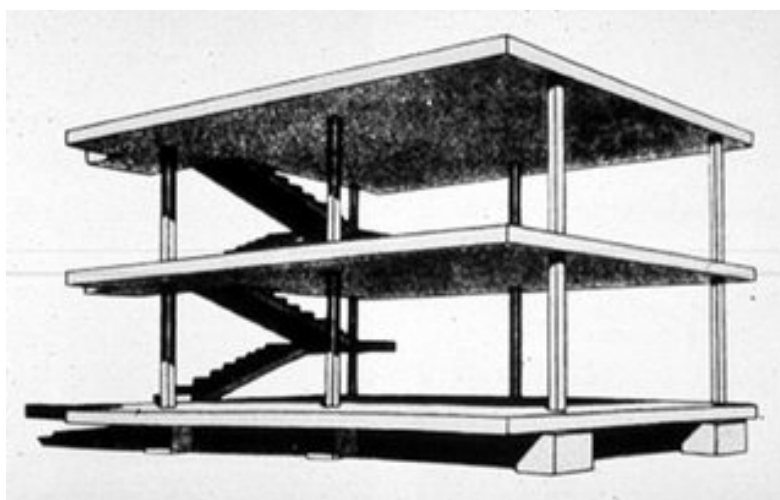
Biurų pastatas tapo svarbiausiu prioritetu statybos pramonėje, o grotelės stiklo sienoje su bokštais – simboliu.



20 pav. „Seagram“ dangoraižis; a – pastato nuotrauka; b – pastato planas; c – fasadų detalės

3.5. LE KORBUZJĖ (LE CORBUSIER) 1887-1965

Le Korbiuzjė turėjo dailininko ir juvelyro išsilavinimą, tačiau tai jam nesutrukdė tapti vienu žymiausių XX a. architektu. Architekto kūryba neatsiejama nuo gelžbetonio. Žinių apie gelžbetonines konstrukcijas Le Korbiuzjė pasisėmė dirbdamas kito žymaus gelžbetonio propaguotojo O. Perė biure (1908-1909). Pasinaudojęs O. Perė patirtimi architektas pasuko daug radikalesniu keliu. 1914 metais jis sukūrė gelžbetoninių namų statybos sistemą, kurią jis pavadino Dom – ino (21 pav.).



21 pav. Dom – ino

Ją sudaro paprastas gelžbetonio karkasas su šešiomis atramomis, o aukštus skiria gelžbetoninės perdangos ir jungia laiptai. Čia nėra sijų, iškyšų, pagrindinė konstrukcinė sistema

galutinai atskirta nuo užpildymo, kuris tampa tiesiog danga. Statinyje vidaus erdvė laisva, nes pertvaras galima išdėstyti įvairiai. Vienintelė statinio laikančioji sistema yra konstrukcinis karkasas. Taip atsirado modernios racionalistinės architektūros pagrindas.

Le Korbiuzjė kurį laiką šliejosi prie kubistų, tačiau šis architektas, ilgame, turtingame kūrybiniame darbe propagavo funkcionalistines, konstruktyvistines ir ekspresionistines idėjas. Jis yra paskelbęs penkis svarbiausius kompozicijos principus: [1]

1. Atramos. Namas ant atramų! Namo pamatai žemėje: tamsioje ir dažnai drėgnoje vietoje. Gelžbetonis mums davė atramas. Namas stovi ore, pakeltas virš žemės: po namu želdiniai, taip pat gėlynas ir ant namo, ant stogo.

2. Apželdinti stogai. Gelžbetonis yra nauja priemonė, leidžianti homogeniškai uždengti. Techniniai, ekonominiai argumentai, modernaus komforto troškimas, jausmo argumentai – visa tai mums siūlo terasinius stogus.

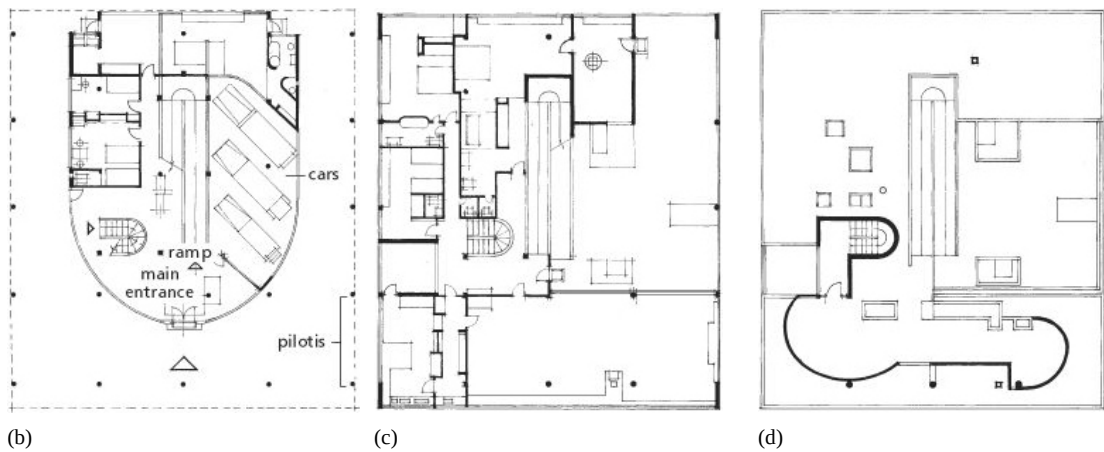
3. Laisvas planas. Statant laikančias sienas, planas visiškai priklauso nuo jų. Gelžbetonis suteikia planui pilną laisvę. Atskiruose aukštuose nebūtina kartoti tuos pačius perdenginius. Planai yra nepriklausomi. Sutaupoma daug erdvės, lėšų, griežtai panaudojamas kiekvienas centimetras.

4. Juostiniai langai. Langu priklauso prie pagrindinių namo dalių gelžbetonis lango istorijoje padaro revoliuciją. Langu dabar galima projektuoti per visą fasado ilgį.

5. Laisvas fasadas. Stulpai už fasado, namo viduje. Aukštai remiasi ant konsolių. Fasada dabar yra tik lengvos membranos, insoliuojančios sienos arba langai. Fasadas yra laisvas.



(a)



22 pav. Villa Savoye; a – pastato nuotrauka; b – 1 aukšto planas; c – 2 aukšto planas; d – 3 aukšto planas

Šie kompozicijos principai paremti gelžbetoninių konstrukcijų teikiama galimybe. Gelžbetonis architektui asocijavosi su architekto laisve. Le Korbiuzjė nuomene ši medžiaga išlaisvino planą nuo sienų ir fasadams paliko tik atitvaros reikšmę. Beveik visi architekto darbai nuo 1930 metų buvo projektuojami gelžbetoninių konstrukcijų pagrindu, panaudojant plastiškąsias gelžbetonio savybes. Vienas žymiausių architekto darbų yra 1931 metais pastatyta „Villa Savoye“ (22 pav.), kuriame architektas panaudojo gelžbetonį kaip konstrukcinę ir kaip estetinio vaizdo formavimo priemonę. Pats architektas apie šį pastatą pasakė: „Tai daiktas padėtas ant žolės. Tai balta horizontali dėžė, kuri į žemę remiasi keturiais cilindro formos piliorais. Žvelgiant į tūrį iš arčiau, išryškėja išmoningai interpretuoti įvairūs akcentai. Tai sąsaja su gamta, kurią čia atstoja sodas, užkeltas ant stogo. Kiekvienam fasadui parinkta skirtinga apdaila. Išradingai sumanytos stačios komunikacijos, tai elipsės pavidalo rampa, vadinamasis architektūrinis takas, kuriuo einant įvairiomis kryptimis atsiskleidžia erdvės ir architektūrinės detalės.“ Šiame pastate architektas įgyvendino visus penkis paties sukurtus kompozicijos principus.

Le Korbiuzjė indėlis į XX a. architektūrą buvo jo teoriniai ir praktiniai darbai, dailės ir architektūros darbai, kurie padarė išskirtinį ir fundamentalų poveikį. Šio šveicarų architekto pasiūlyta originalių metodų ir architektoninių elementų, individualios kalbos priemonių sistema taip paplito, kad ją galima vadinti tarptautine. Architektas neturėjo inžinerinio išprusimo, tačiau tai netrukė jam daryti įtaką XX a. architektūrai per formą, panaudojant gelžbetonines konstrukcijas, nematytoms formoms išgauti.

3.6. SANTJAGAS KALATRAVA (SANTIAGO CALATRAVA) 1951-

Ispanų architektas, inžinierius, menininkas. Architektūra susidomėjo dar vaikystėje vartydamas Le Corbusier knygą. Planavo mokytis Paryžiuje, tačiau nepavykus grįžo į Valenciją ir ten 1968 metais įstojo į universitetą „Escuela Tecnica Superior de Arquitectura“, kur įgijo architekto išsilavinimą. Baigęs mokslus dirbo urbanizmo srityje, tačiau matydamas, kad jo darbai ir

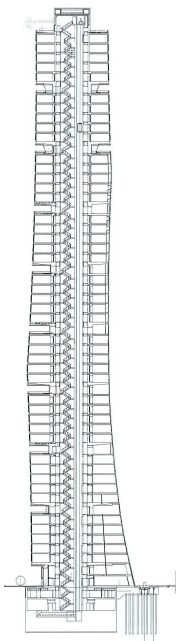
išsilavinimas jam neduoda aiškos profesinės krypties, Kalatrava 1975 metais nusprendė studijuoti civilinę inžineriją „Federal Institute of Technology“ universitete Ciuriche.

Kalatrava yra XX a. pabaigos architektūros atstovas. Santjagas Kalatrava įkvėpimo pasisėmė iš Šveicarų inžinieriaus Roberto Mailarto (Robert Maillart), kuris teigė, kad paprastomis formomis galima išgauti emociją ir charakterį, kad jėga ir masė kuria emocijas. [9] Kalatravos darbuose galima rasti nemažai bionikos elementų. Architektas analizavo žmonių pozas ir jomis rėmėsi priimdamas konstrukcinius sprendimus. Tai matyti jo pirmame suprojektuotame gyvenamajame pastate „Turning Torso“ (23 pav.), pastatytas 1999 metais, kuris stovi Švedijoje, Malmės mieste. Daugiaaukščio pastato konstrukcinė schemą sudarė remdamasis pasisukusio žmogaus kūno idėja. Naudodamasis gamtos elementais architektas suprojektavo begalę visuomeninių pastatų visame pasaulyje, kuriuose konstrukcijos formuoja pastato charakterį ir pabrėžia architektūrinę idėją. Vienas tokių yra oro uostas ir traukinių stotis Lyone (24 pav.), kuri pastatyta 1994 metais. Šio pastato projekte architektas rėmėsi akies ir paukščio motyvais.

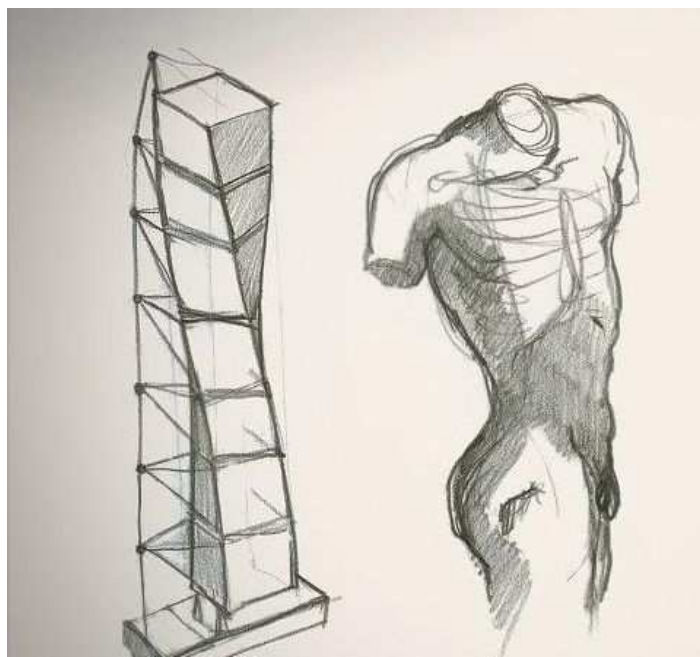
Architektas savo civilinės inžinerijos žinias panaudojo sukurdamas eilę tiltų visame pasaulyje, kuriems taip pat būdinga architektūrinės idėjos išraiška per konstrukciją, bei skulptūriškumas ir bionikos elementai.



(a)

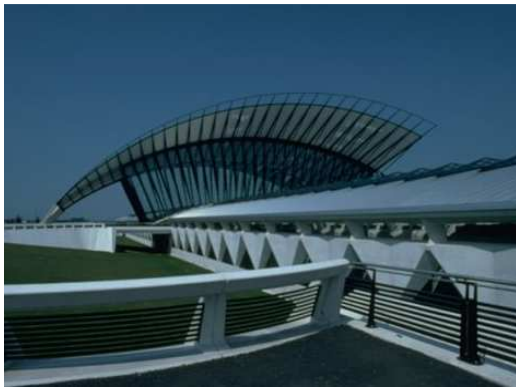


(b)



(c)

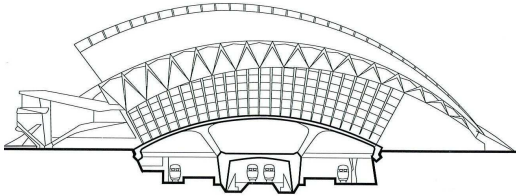
23 pav. „Turning Torso“ pastatas; a – pastato nuotrauka; b – pastato pjūvis; c – pastato eskizas



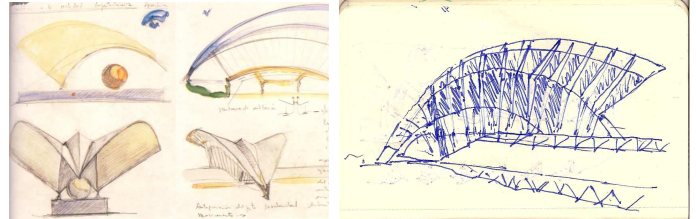
(a)



(b)



(c)



(d)

24 pav. Lyono oro uostas ir traukinių stotis; a – pastato nuotrauka; b – pastato eskizas; c – pastato pjūvis; d – pastato eskizas

3.6.1. Architektūrinė bionika

Architektūrinė bionika yra gamtos formų gimimo, jų raidos dėsnių panaudojimas architektūroje, ypač konstravime. Juk gamtinės konstrukcijos yra gerai prisitaikiusios prie aplinkos, jas tikrino tūkstantmečiais vėjo ar sniego poveikis. Architektūrinė bionika gyvosios gamtos objektų struktūros ir funkcionavimo tyrimo išvadas panaudoja ne tik konstravimui, bet ir architektūrinės erdvės organizavimui, bei kūrybiniais ieškojimams. Bionika ne perteikia gyvosios gamtos ypatumus architektūrai, bet suteikia architektūrai išraiškingumo. Bionika ne tik padeda įsisavinti formalius gyvosios gamtos bruožus, bet ir padeda nustatyti gilius ryšius tarp jos raidos dėsnių ir architektūros.

Architektūrinėje bionikoje pagrindinis yra funkcinių analogijų metodas, tai yra – architektūros ir gamtos formų sugretinimas, jų susidarymo principų ir būdo palyginimas. Šis analogijų metodas ne teigia kopijuoti, bet daugiau skatina kūrybinius ieškojimus. Architektūros formos ar konstrukcijos, sukurtos nagrinėjant gamtos formų susidarymo dėsnius, yra ne pastarųjų kopijos, bet gamtos ir architektūros sintezės rezultatas, kai panaudojami tik patys būdingiausi gamtos bruožai, daugiau apibendrintos formos. Gamtoje yra savo rūšies standartas, tai yra vienodų elementų pasikartojimas, primenantis pastato statybos iš standartinių surenkamų elementų procesą.

Architektūros principai grindžiami pastato funkcijos, konstrukcijos ir architektūros formų vienove. Grožis nėra architektūros priedas, o meninės logikos, architektonikos išraiška. Architektūrai svetimas stilizavimas, besireiškiantis ar pseudonacionaliniais motyvais, ar iliustratyvinėmis natūralistinėmis formomis, tiesmukišku gamtos kopijavimu.

3.7. SKYRIAUS APIBENDRINIMAS

Renkant medžiagą apie XX a. architektus ir inžinierius susiduriama su literatūros šaltinių pateiktos informacijos neatitikimu. Ypatingai sudėtinga nustatyti XIX a. pabaigos ir XX a. pradžios architektūros ir konstrukcijų raidą įtakojusių asmenų nuopelnus. Skirtingi literatūros šaltiniai pateikia skirtingus duomenis, tačiau tai nemenkina šiame skyriuje aptartų asmenų nuopelnų XX a. architektūrai. XIX a. pabaigoje kūręs inžinierius L. H. Salivasas padėjo pagrindą karkasinių aukštybinių namų statyboje, kuo vėliau rėmėsi kiti architektai. Aukštybinio karkasinio pastato schema leido kitam žymiam vokiečių kilmės JAV architektui Liudvikui Miez van der Roei ši karkasą apvilti stiklu. Už šiuos nuopelnus Myz van der Roë tikrai įsitvirtino XX a. architektūros ir konstrukcijų raidos istorijoje, kaip minimizuotos konstrukcijos funkcionalistui. Myzas van der Roë buvo pavyzdys to laikmečio architektams, nors daugumai jį kopijuojant deja nepavyko pasiekti tokių gerų rezultatų. Galima teigti, kad Myzo van der Roës kolega Valteris Gropijus į architektūrą žvelgė plačiau, nes jis siekė ne tik detalių tobulumo, bet ir gilinosi į socialinius, techninius, ekonominius ir meninius klausimus ir, tik susintetinęs visus šiuos faktorius, ieško architektūrinio sprendimo. Taip pat Valtris Gropijus priešingai nei Myzas van der Roë daugiau dėmesio skyrė aplinkai ir įvairesnių formų paieškai. P. L. Nervio kūrybai būdinga aiški konstrukcijos išraiška, kuri formuoja architektūrinį pastato vaizdą, tai įtakos galėjo turėti tai, kad P. L. Nervis turėjo inžinerinį išsilavinimą. Santjagas Kalatrava kaip ir Nervis dažniausiai pastato architektūą kuria aiškiai išreikšdamas ir pabrėždamas konstrukciją. Kalatravos kūrybai būdinga bionikos ideologija. Pastebima, kad projektuotojo išsilavinimas šiek tiek diktuoja jo kūrybos kryptį.

4. XX a. įspūdingiausių architektų ir inžinierių kūrinių apžvalga architektūriniu ir konstrukciniu požiūriu.

Baigiamojo darbo trečiajame skyriuje bendrąja prasme apžvelgta situacija ir pristatyti pagrindiniai atstovai. Šiame skyriuje bus nagrinėjami ne eiliniai projektai, kurie pasižymėjo nestandartiniais sprendimais. Šiame skyriuje pateikiami, kurie labiausiai atspindi architektų ir inžinierių bendradarbiavimo rezultatus. Analizuojama kokią įtaką darė konstrukcija formai ir estetikai.

Vien architektų ir inžinierių biografija ar jų išsilavinimas negali nusakyti jo kūrybos ypatumų. Negalima iš to spręsti kokią įtaką jie darė ar galėjo daryti XX amžiaus technikos pasiekimų integracijai į architektūrą bei naujų konstrukcinių sprendinių tobulinimui. Architektus ir inžinierius tikslingiausia vertinti pagal jų atliktus darbus, suprojektuotus ir realizuotus, objektus. Siekiant jų darbuose įžvelgti sprendinių naujumą ir unikalumą.

4.1. VISUOMENINIAI PASTATAI.

XX a. Milžiniška statybų projektavimo pažanga ir susipažinimas su statybinių medžiagų galimybėmis išlaisvino didžiųjų visuomeninių pastatų vidinę erdvę iki senovės pasaulyje

neįsivaizduojamo masto. Graikų ir romėnų arba viduramžių architektų kurti statiniai buvo priklausomi nuo medžio ir akmens ir varžomi šių medžiagų svorio bei riboto atsparumo tempimui. Paprastai iki pusės bendro ploto užimdavo konstrukcinės atramos, užstojančios vaizdą pastato viduje. XX a., priešingai nei senovėje, galima pakabinti 210 metrų skersmens stogą, pavyzdžiui didįjį Luizianos kupolą, be jokių vidinių atramų.

Išradingas modernių statybos technologijų taikymas padeda sukurti pastatus, skirtus daugybei žmonių, susirenkančių pramogauti ar mokytis. Naujesniuose tarptautinio lygio visuomeniniuose pastatuose, ypač Sidnėjaus operos teatre ir Bilbao miesto Guggenheimo muziejuje, išbandytos visos ekspresyvos, vaizdingos formų galimybės. Atrodo, kad šių statinių saviti profiliai neturi nieko bendra su standartiniais statybos elementais, tačiau iš tikro tiek vienas, tiek kitas sumontuoti iš nedidelio surenkamų elementų rinkinio.

4.1.1. Sidnėjaus operos teatras. 1959 – 1973 (Sidnėjus, Australija). Architektas Jornas Utzonas (Jorn Utzon)

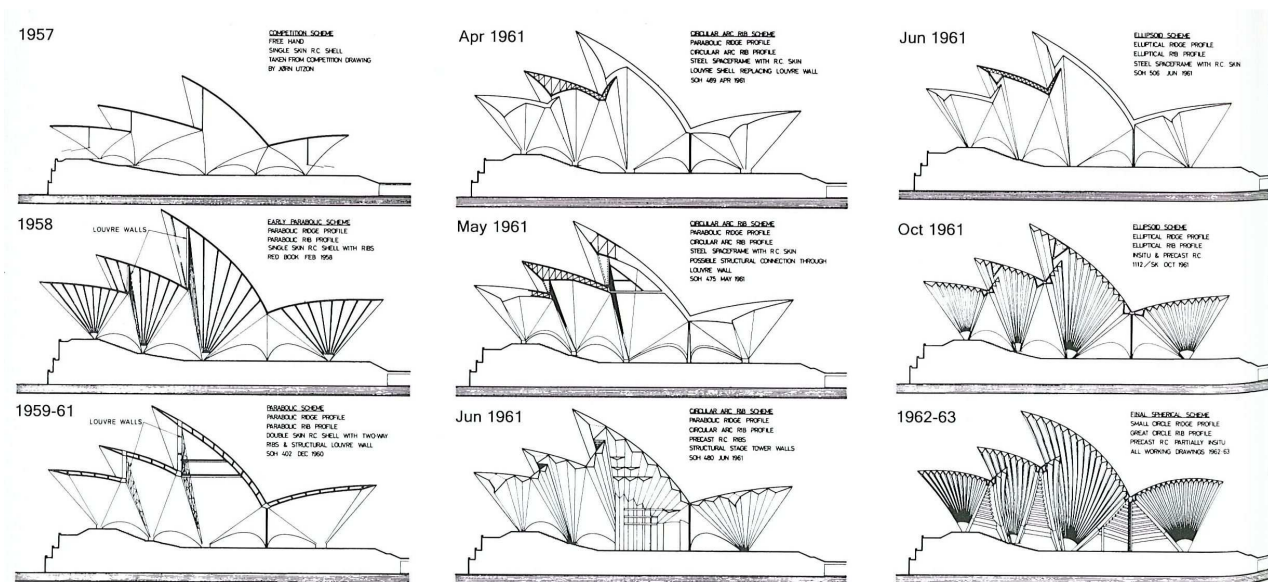


25 pav. Sidnėjaus operos teatras

Sidnėjaus operos teatras – vienas iš žymiausių XX amžiaus architektūros simbolių. Vien jo pavadinimas prieš akis iškelia ypatingos vietos ir formos vaizdinį. Jis akivaizdžiai rodo XX amžiaus šeštajame dešimtmetyje pakitusią architektūros sampratą, išaugusią iš ketvirtojo ir penktojo dešimtmečių modernizmo. Čia jaunoje šalyje jaunas architektas pateikė naujas vizijas ir kriterijus.

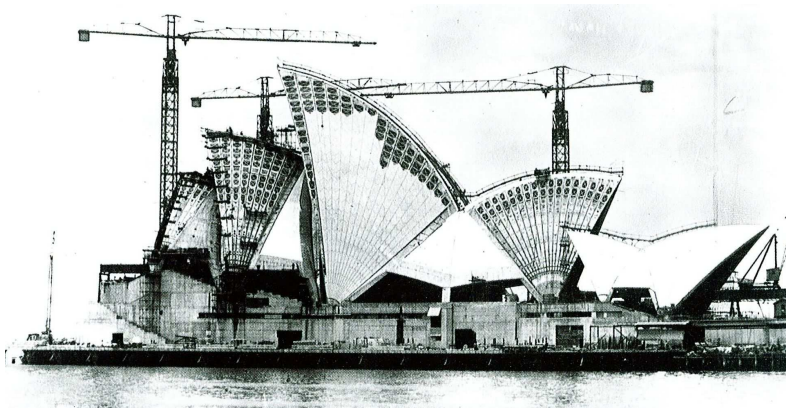
Benelongo rage, nedideliame kyšulyje prie Sidnėjaus įlankos, Sidnėjaus uosto centre ir pirmųjų Australijos europiečių įsikūrimo vietoje, stovintis operos teatras – tai tarsi kelios plynaukštės su plaukiančiomis virš jų standžiomis baltomis burėmis. 1956 metais Naujojo Pietų Velso vyriausybė organizavo tarptautinį architektūros konkursą šiam statiniui sukurti. 1957 metų sausio 29 dieną 38-metis danų architektas Jornas Utzonas buvo paskelbtas nugalėtoju iš 233 pateiktų projektų.

Pastato architektūrinis sprendimas gana paprastas: platforma su į ją įsirežusiais dviem amfiteatrais. Virš šių dviejų erdvių ir fojė bei barų kyla dideli lengvai išlenkti baltomis plytelėmis kloti kevalai. Jie pakibę tarsi burės ar debesys – ir iš tikro, norėdamas paaiškinti konstrukciją, Utzonas piešė eskizus, vaizduojančius plato su debesimis. Šiuos kevalinius stogus, laisvai pavaizduotus konkursiniuose brėžiniuose, inžineriniu atžvilgiu buvo sunku sukonstruoti ir pastatyti.



26 pav. Sidnėjaus operos teatro konstrukcinių sprendinių variantai

1957-1961 metais Utzonas ir firmos Ove Arup inžinieriai išnagrinėjo kelis skirtingus techninius sprendimus (26 pav.). Pagrindinę kliūtį sudarė tai, kad kevalų pavidalui stigo aiškos geometrinės formos ir konstrukcijos elementų pasikartojimo. Vis dėlto 1961 metais, dar gyvendamas Danijoje, prieš emigravimą į Australiją (1963), vieną įkvėpimo akimirką Utzonas išsprendė, kad kiekvienas Operos teatro kevalo segmentas turi būti išpjautas iš to paties rutulio. Pasakojama, kad Utzonas savo sumanymą patikrino, tyrinėdamas sviedinį vonioje ar apelsiną. Pasak šios versijos, keturmetis Utzono sūnus Kimas rodė tėvui, kaip jis lupa apelsiną. Lupena davė mintį, kaip lenktą kiekvienos dalies paviršių galima gauti iš sferos. Anot Philipo Drew, Jornas Utzonas pasakęs: „tai – didelė sfera, supjaustyta dalimis kaip apelsinas“. [13] Paskui nuėjo į parduotuvę ir grįžo nešdamasis apelsiną, kad pademonstruotų jo geometriją.



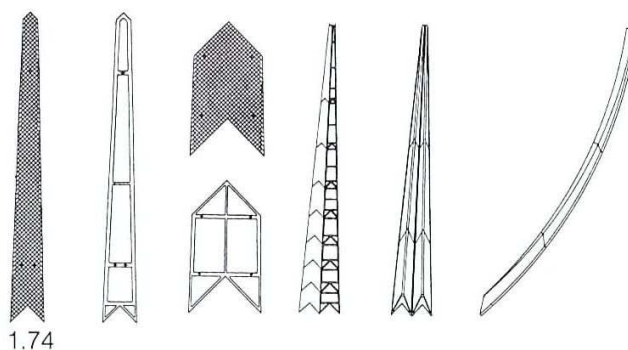
(a)



(b)

27 pav. Sidnėjaus operos teatro statyba; a – stogo padengimas nerviūromis; b – statybos nuotrauka

Išsprendus pagrindinę statinio geometriją, pasirodė, kad kevalus galima daryti iš surenkamųjų nerviūrų. Visos kevalų dalys buvo išliejamos vietoje; išlietos nerviūros buvo „suveriamos“ lynais ir suveržiamos viena greta kitos, kad sudarytų skliautą – vėduoklę. Skliautai, išskleisti kaip vėduoklės, sudarė stogo kevalus.



28 pav. Stogo konstrukcijos detalės

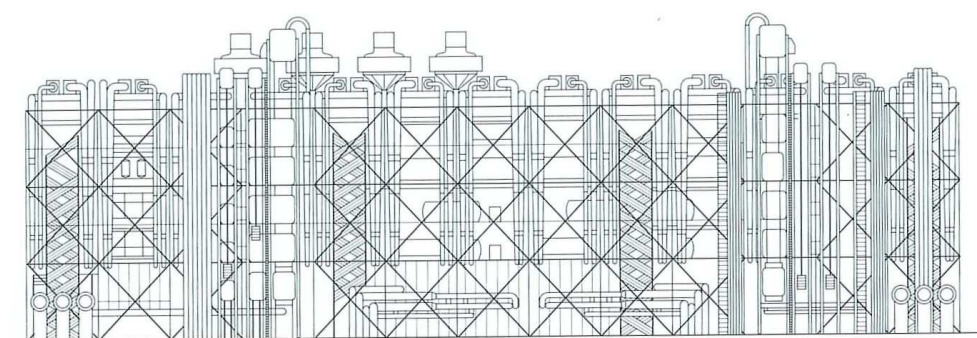
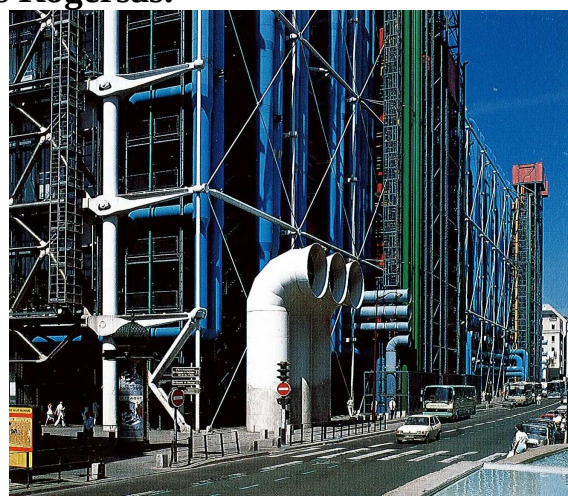
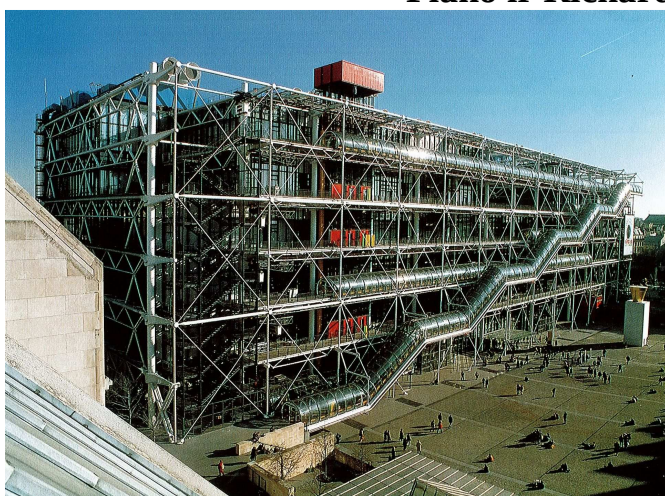
Kevalų paviršius sudarytas iš keraminėmis plytelėmis klotų surenkamųjų padėklų arba „dangčių“, dengiančių tarpus tarp nerviūrų. Iš viso daugiau negu milijonas plytelių dengia 4240 „dangčių“. Plytelės sudėtos pagal raštą: blizgančios viduryje, o matinės kraštuose, sukurdamos nepaprastą spinduliuojantį tekstūrų marginį, kuris pasak Utzono „sąveikauja kaip pirštų nagai su kūnu“. Taip pat jis teisingai pastebėjo, kad „saulė, šviesa ir debesy suteiks tam vaizdai gyvybę“, todėl žiūrovams „jis niekad neįkyrės“. [13]

Šis nuostabus iš dalių sudėto kevalo sprendimas parodo Utzono domejimąsi adityvinių formų architektūra – dalių komplektu, kurį jis naudoja įvairiuose deriniuose. Adityvinė forma tampa konstravimo nuo pastato iki baldų metodu, – ją matome jo paties name Sidnėje ir Kuveito parlamento rūmų projekte. Le Korbiuzjė, kuriuo Utzonas domėjosi, suprojektavo Venecijos lagoninę su poetiškai išdėstytais, pasikartojančiais stogo elementais. Utzonas svajojo apie tokių

statybinių elementų, kaip stogai, sienos arba konstrukcijos masinę gamybą, kuri atvertų kelius naujai, laisvai architektūrai.

Architektas Utzonas turėjo aiškią viziją kaip turi atrodyti pastatas, bet konkrečių konstrukcinių sprendimų nebuvo numatęs. Siekdamas išlaikyti užsiduotą pastato formą jis glaudžiai bendradarbiavo su inžinieriais, taip jis galėjo įtakoti inžinierių sprendimus sprendžiant vienokią ar kitokią konstrukcinę schemą. Tipiniai iki šiol buvę sprendimai šiam iš pirmo žvilgsnio geometriškai nevienodam pastatui netiko. Utzonas, suprasdamas, kad pastatui trūksta geometrijos pasikartojimo, pats sprendė šią problemą. Jis net pasiūlė idėją, kad kiekvienas elementas gali būti išgaunamas iš sferos. Vystant šią architekto pirminę idėją buvo nuspręsta naudoti nerviūras.

4.1.2. Pompidou centras. 1972 – 1977 (Paryžius, Prancūzija). Architektai Renzo Piano ir Richardas Rogersas.



29 pav. Pompidou centras; a – vakarinis fasadas; b – rytinis fasadas; c – pastato fasado schema

1969 metų gruodį Prancūzijos prezidentas Georges'as Pompidou paskelbė tarptautinį naujos viešosios bibliotekos ir meno muziejaus projekto konkursą. Šis sumanymas sulaukė visuotinio dėmesio. Statiniui buvo skirtas Beaubourg'o (*Bobur*) rajonas, kur po keturių dešimtmečių griovimų susidarė didelė mašinų stovėjimo aikštė miesto centre, įsispraudusi tarp Rotušės ir neseniai perkeltos centrinės maisto turgavietės (*Les halles*).

Tačiau šis ambicingas projektas reiškė daug daugiau negu vien švietėjišką miesto atnaujinimą, nes Prancūzijos kultūrinis elitas jau suvokė, kad Paryžius palengva užleidžia savo, kaip pasaulio išsiskiriančios sostinės, padėtį Niujorkui ir Londonui. Aplenkęs Orsay (*Orseji*) muziejus, bastilijos operos, Luvro atnaujinimo, Nacionalinės bibliotekos ir daugelį smulkesnių kultūrinių projektų šalyje, Beaubourg'as buvo pirmasis ir be abejonės, ypatingiausias, iš daugelio prestižinių projektų, kuriuos Prancūzijos prezidentai pradėjo 30 metų laikotarpyje. Beaubourg'as tapo simboliu, sėkmingai išreiškiančiu būtent tos šalies ir būtent to miesto dvasią. Be to, jis labai aukštai iškėlė kartelę būsimiems projektuotojams. Tačiau Beaubourg'o projektas reikšmingas dar ir tuo, kad nesvyruodamas jį palaikė prezidentas Pompidou. Jo asmenine atsakomybe buvo pradėtas tarptautinis konkursas, sulaukęs 700 pasiūlymų, ir duotos laisvos rankos prancūzų pramonės konstruktoriaus Jeano Prouve vadovaujamai žiuri svarbaus pastato statybą pavesti mažai žinomiems italų ir anglų architektams Renzo Piano ir Richardui Rogersui, pateikusiems stulbinantį projektą. Sakoma, kad pamatęs rezultatą, pritrenktas Pompidou tik pasakęs: "Tai bus iššūkis!"

Greitai statinio sėkmė pritraukė gausybę turistų ir lankytojų, padarė norimą poveikį Prancūzijos sostinės kultūrinei reputacijai ir smarkiai pagyvino miesto prekybą.

Baubourg'o atidarymas 1977 metais ženklino reikšmingą socialinio ir kultūrinio Paryžiaus gyvenimo evoliucijos etapą. Georges'o Pompidou moderniojo meno centras – taip pavadintas po Pompidou mirties 1974 metais – turi ne tik moderniojo meno kolekciją ir biblioteką, bet ir viename pastate jungia daugelį šiuolaikinės kultūros rūšių, tarp jų architektūrą, pramoninį projektavimą ir moderniąją muziką. Beaubourg'ui būdinga beveik unikali kultūros dalykų simbiozė nemaža dalimi lemia sėkmingą centro kultūrinę veiklą ir visuomenės palaikymą.

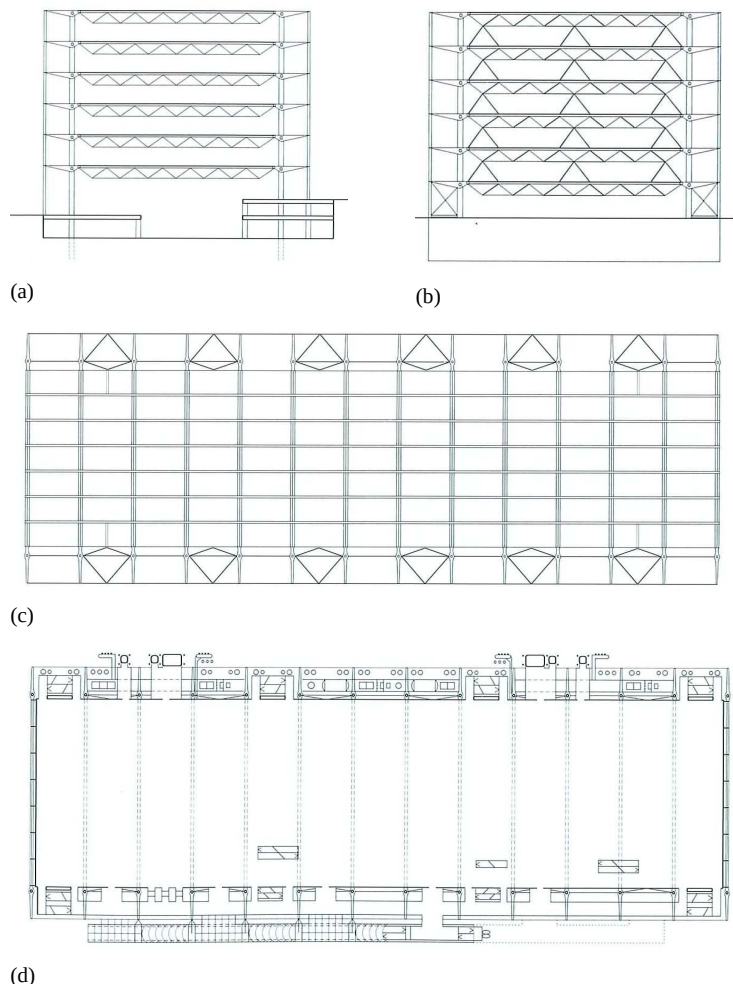
Pastato moderni industrinė architektūra, atrodo, yra išsirutuliojusi iš XIX amžiaus civilinės statybos, tarpukario Bauhauzo konstravimo teorijų ir šiuolaikinės britų architektų Archigram grupės urbanistinės kūrybos principų. Iki šiol kritikuojamas dėl panašumo į kerėplišką „naftos platformos jūros šelfe“ dalių rinkinį, Beaubourg'as iš tikrųjų yra ypač painus ir sudėtingas pastatas – nuo bendros kompozicijos iki kėdžių ir durų rankenų. Kiekvienas elementas parinktas, sukonstruotas ir pagamintas neserijiniu būdu, didelia kaina.

1970 metais tarptautinio garso inžinierių bendrovė Ove Arup, kartu su Jorū Utzonu kūrusi Sidnėjaus operos teatrą, įtraukė į konkursą mažai težinomus architektus Renzo Piano ir Richardą Rogersą. Sukūrę Pompidou centrą, Piano ir Rogersas pasirodė kaip daug žadantys architektai ir savo tolesne veikla tai patvirtino. Kiekvienas eidamas savo keliu, pastatė daug reikšmingų pastatų. Ir kiti komandos nariai, talentingi architektai ir inžinieriai, tarp jų inžinieriai Edmundas Happoldas ir Peteris Rice bei daug kitų, įsitvirtino savo vietą XX amžiaus architektūros istorijoje.

Dauguma varžovų, pareigingai paisydami Paryžiaus viduramžiško paveldo, orientavosi į mažaaukščius projektus didelėje Beaubourg'o apylinkėje, nors labai detalizuoti konkurso

nurodymai, be kita ko, skatino architektus išreikšti daug „vidinio lankstumo“ naudojant parodos erdves. Piano ir Rogersas – ankstyvieji lankstumo pastatų projektavime šalininkai – šį reikalavimą padarė savo pagrindiniu principu. Taigi jie sukūrė 42 m aukščio, šešių (neturinčių kolonų) aukštų po 45 x 160 m grindų ploto etažerę, atkreipta į didelę atvirą aikštę. Kolegų iš Arup firmos padedami, jie sugebėjo visus pastato konstrukcinius, lankytojų judėjimo, oro kondicionavimo ir aptarnavimo įtaisus įrengti už naudingos pastato erdvės ribų.

Pastato sutvarkymą galima labai paprastai apibūdinti: „lankytojai vakarų fasade, paslaugos – rytų, parodų erdvė tarp jų“. Įvairius aukštus lankytojai pasiekia vakarų pusėje kybančiais, vikšrus primenančiais eskalatoriais ir pėsčiųjų takais, kurie sukuria išskirtinį Beaubourg'o fasadą ir sudaro gyvą reginį aikštėje vaikštinėjantiems žmonėms. Tarnybinė kiekvieno aukšto įranga yra kitame (rytų) šone.



30 pav. Pompidou pastato brėžiniai; a – pastato pjūvis; b – pastato galinis fasadas; c – pastato grindų konstrukcija; d – tipinio aukšto planas

Projektuotojų tikslas pasiekti maksimalų lankstumą sukėlė tam tikrų sunkumų, derinant konstrukcines ir funkcines sistemas. Pastate nebuvo galima naudoti įprastinių plieninių karkasinių kolonų su kryžminiais spyriais ir šerdimi, tad teko projektuoti ir statyti vien su išorinėmis

kolonomis ir spyriais. Taikydami tiltų statybos metodus, Arup inžinieriai pasiūlė per visą pastato aukštį, 12,8 m intervalais statyti 13 skersinių karkasų, sudarytų iš grindų rėmų ir vertikalių kolonų. Betoniniai grindų paneliai buvo paguldyti ant dvigubų per visą plotį grindų rėmų, kurie įtvirtinti ant atraminių plieninių svirčių, išlietų iš vientiso plieno. Kas antrame aukšte nutiesti horizontalūs tvirtinimo elementai ir įžambūs plonesnių stygų tinklas papildomai sutvirtina fasado atsparumą vėjui, neužimant tam pastato vidaus erdvės. Visa konstrukcijų sistema užbaigta sudėtingais, panašiais į santvaras skersiniais spyriais šiauriniame ir pietiniame fasaduose, aiškiai matomais pastato kampuose.

Dar teko pasukti galvas, kaip apsaugoti pastatą nuo gaisro ir oro poveikio, - galiausiai ir čia rasti elegantiški sprendimai. Visiems vidaus įrengimams nenaudotos nedegios medžiagos, o pažeidžiami plieniniai elementai aptraukti metalu dengta izoliacija arba specialiomis apsauginėmis apdailos medžiagomis.

Funkciniai elementai, tokie kaip elektros laidų sistema, oro kondicionavimo, santechnikos ir vertikaliosios cirkuliacijos įrenginiai, paprastai „projektuojami“ rangovų ir slepiami pastato viduje už vamzdžių ir šachtų, turėjo būti išvesti į išorę. Tai reiškė, kad juos turėjo sukonstruoti architektas, kad būtų elegantiški ir atsparūs gamtos stichijoms. Kiekviena paslauga pažymėta spalviniu kodu pagal pramonės standartą; be to, balta spalva ženklintos konstrukcijos, raudona – liftai ir kiti žmonių judėjimo įrenginiai, mėlyna – vanduo, geltona – elektra ir mėlyna arba balta – oro kondicionavimas.

Atidžiau įsižiūrėjus, rytų fasadas, iš pradžių gluminęs savo išvaizda, atrodo panašesnis ne į naftos platformą (Beaubourg'o peikėjų naudotą įvaizdį), o į Fernand'o Leger paveikslą.

Nors projektavimo metodas reikalavo sukonstruoti arba parinkti kiekvieną detalę, pastatas buvo įrengtas neviršijant finansinės sąmatos ir laiku – tai didelis laimėjimas, pareikalavęs ypatingo aplinkybių sutapimo.

Kai drąsus prezidentas Pompidou nusprendė pradėti neišbandytų architektų sukurtą ambicingą projektą, nepaisydamas numatomo kritiško vertinimo, nebeliko rizikos pralaimėti. Stipri valstybinė institucija, vadovaujama aukšto rango valstybės pareigūno Robert'o Bordazo, gavo nurodymą prižiūrėti projekto vykdymą, laikytis patvirtintos sąmatos ir spręsti administravimo klausimus. Ši tvarka vadinama „užsakovo vyresnybe“, dabar tapo norma dideliems architektūros projektams Prancūzijoje ir daugelyje kitų šalių.

Tačiau, priešingai įprastinei Prancūzų praktikai, atsakomybės už projekto vykdymą nebuvo galima pavesti rangovams; Piano, Rogerso ir Ove Arup komanda visiškai teisėtai reikalavo, kad jie patys kontroliuotų visus konstravimo aspektus ir technines detales. Sėkmė, lydėjusi juos per penkerius sunkumų metus – įskaitant Pompidou mirtį 1974 metais ir naujojo prezidento Giscard'o

d'Estaing'o išrinkimo viduryje projekto, labai priklausė nuo Bordazo talento, autoriteto ir gebėjimo tarpininkauti.

Greitai pasirodė, kad išspręsti visus Beaubourg'o galvosūkius centralizuotai architektų grupei per sudėtinga ir kad daug įgaliojimų reikia paskirstyti kitiems grupės nariams. Talentingi Arup civilinės statybos specialistai vykdė conceptualų statybos projektavimą ir skaičiavimus, o architektūrinis projektavimas ir paslaugų sfera buvo išskirstyta vidinės grupės vadovams atsižvelgiant į jų specializaciją: statybos įrenginių, interjero projektavimo ar cirkuliavimo sistemų konstravimo. Griežti pagrindiniai principai, kurių laikėsi visa grupė, teikė kiekvienai specializacijai pakankamai laisvės dirbti tiesiogiai su įrangos tiekėjais, kad būtų gaunama tikslai tai, ko reikia pagal eksploatacinius parametrus, išvaizdą ir apdailą. Tai leido pagrindiniams architektams Piano ir Rogersui su Ove Arup inžinieriais Hhappoldu ir Rice'u sutelkti pastangas į derybas ir esminių sąlygų priežiūrą.

Tai, kad galutinis statinys yra toks stebėtinai artimas konkursiniam projektui ir kad tiek nedaug pradinių nuostatų prarasta statybos procese, padėjo pasiekti visų priimti darbo principai, projektavimo grupės narių talentas ir nepaliaujamos visų dirbusiųjų specialistų pastangos.

Šio objekto istoriją vargu ar galima pavadinti žymaus architekto įtaka konstrukciniam sprendiniui, nes būtent šis netipinis konstrukcinis sprendinys ir padarė architektus žymiais. Šio objekto įgyvendinimo dėka Renzo Piano ir Richardas Rogersas save parodė pasauliui kaip talentingus, nebijančius netipinių sprendimų architektus. Šio objekto idėja privertė pagalvoti ne tik konstruktorius, bet ir kitus inžinierius, nes pastato inžinerinės sistemos buvo griežtai projektuojamos fasado pusėje. Noras pritaikyti inžinerines sistemas kaip fasado elementą privertė architektus pačius jas ir suprojektuoti, siekiant didžiausio estetinio efekto. Siekdami suprojektuoti kuo lankstesnį objektą architektai ir konstruktoriai išlaisvino pastatą nuo kolonų, tam tikslui buvo priimtas netipinis sprendimas konstrukcijas iškelti į pastato fasadą. Šis chaosą primenantis statinys iš tikro yra architektų ir konstruktorių juodo darbo vaisius.

4.1.3. Guggenheimo muziejus, Bilbao. 1991 – 1997 (Bilbao, Ispanija). Architektas Frenkas O. Gehry (Frank O. Gehry)



31 pav. Guggenheimo muziejus, Bilbao

Priešingai šimtmečiais vakarų architektūroje vyravusiam racionaliam formos kūrimui, Guggenheimo muziejus Bilbao mieste yra intuityvaus formos aptikimo produktas. Glaudus intuicijos ryšys su kompiuteriu valdomais projektavimo procesais, gamyba ir surinkimu leido sukurti statinį, kuris yra žavus technikos laimėjimas ir gyvas kompiuterio galimybės iš esmės keisti projektavimą bei statybą įrodymas.

1991 metų konkursą suprojektuoti Bilbao Guggenheimo muziejų laimėjo Los Andželo architektas Frankas O. Gehry. Gehry išgarsėjo devintajame dešimtmetyje iš pradžių keletu provokuojančių pastatų Kalifornijoje, metęs iššūkį lengvų medinių rėminių konstrukcijų tradicijai, o vėliau didesniais visuomeninių pastatų projektais, tarp jų Toledo meno mokyklos projektu (1989) ir Disney'aus koncertų salės Los Andžele (1989) planu. 1989 metais apdovanotas prestižine tarptautine Prizkerio premija. Pavedimas suprojektuoti Guggenheimo muziejui Manhetene, gerai žinomame Franko Loydo Wrighto suprojektuotame pastate laikomam viena žymiausių šiuolaikinio meno institucijų, idealiai tiko šiam architektui, artimai bendraujančiam su dailininkais ir turinčiam labai skulptūrišką stilių.

Guggenheimo muziejus drauge su kitais naujais kultūros objektais ir patobulinta visuomeninio transporto sistema yra vienas pagrindinių miesto atnaujinimo strateginio plano dalių. Jis stovi gerai matomoje, bet nelabai patogioje vietoje ant Nervjo upės kranto, tarp konteinerių krovimo aikštelių, geležinkelio linijų ir estakadinio tilto link kylančių kelių.

Pradinis pastato konfiguravimas buvo atliekamas intuityviai, rankomis formuojant kartoninius modelius, ir tik kompiuteris padarė tą sumanymą techniniu ir ekonominiu atžvilgiu

įmanomą įgyvendinti. Gehry – pirmasis architektas, panaudojęs CATIA (*Prancūzijos aerokosminės pramonės sukurtos programinės įrangos*) galimybes. Skirtingai nuo daugumos architektūrinių programinių įrangų, CATIA pagrįsta ne tūriniais, bet plokščiais paviršiais. Bilbao atveju Gehry'o kartoninius modelius pavertus skaitmenine forma, CATIA sistemoje buvo sukurtas ištisai lankstyto paviršiaus modelis. Pagal šį kompiuterinį modelį nustatyti vidinis ir išorinis kontroliniai paviršiai, vėliau panaudoti kaip pastato atraminiai taškai.

Remiantis šiais kontroliniais paviršiais, nustatyta konstrukcinė zona. Suvirintas plieninis karkasas, sudarytas iš plačių flanšais sujungtų sekcijų, išdėstytų pagal 3 m modulinį tinklą, - nuostabiai paprastas. Dauguma konstrukcijos elementų neišlenkti, o visos formos plastiškumas pasiekiamas tikrai sudūrimais. Tarp pirminio briaunoto plieninio karkaso ir kontrolinių paviršių yra du antrinės konstrukcijos sluoksniai, vidinis ir išorinis. Horizontalų išlinkį sudaro horizontalios „kopėčios“ iš plieninių 60 mm skersmens vamzdžių. Kopėčios – tai tam tikros formos „suskaldyti“ rėmai, juosiantys pagrindinę konstrukciją 3 m tarpais ir sujungti su ja universaliąja sąnara, leidžiančią koreguoti konstrukciją įvairiomis kryptimis. Vertikalų išlinkį lemia vidinis ir išorinis antrinės konstrukcijos sluoksniai su vertikaliais plonasieniais plieniniais statramsčiais, išdėstytais 600 mm žingsniu. Visi vamzdžiai ir statramsčiai lenkti viena ar daugiau krypčių.

CATIA galėjo tiksliai nustatyti kiekvieno konstrukcijos elemento vietą ir dydį, tačiau jo kompiuterinis modelis tebuvo vielinį rėmą vaizduojantis brėžinys. Vieliniam CATIA modeliui paversti išsamiau trimačiu kompiuteriniu statybinio plieno modeliu buvo panaudota nauja patentuota programinė įranga BOCAD, sukurta tiltų ir kelių statybai. Iš šio modelio BOCAD automatiškai pagamino dvimačius gamybos brėžinius arba skaitmenine programa valdomo (CNC) frezavimo duomenimis.

Dėl savitų galinių nuopjovų pastate nėra dviejų vienodų plieninių dalių. Tačiau naudojant BOCAD programas, pagrindinė konstrukcija pagaminta taip tiksliai, kad beveik nereikėjo vietoje matuoti, pjaustyti ar virinti. Dar kartą pritaikius aerokosminės pramonės konstravimo patirtį, kiekvienas konstrukcinis elementas gaminant buvo koduojamas brūkšneliais. Statybos vietoje tie kodai elektroniniu būdu buvo perskaityti, prie CATIA sistemos prijungta lazerinė įranga leido kiekvieną elementą tiksliai įmontuoti į vietą, apibrėžtą kompiuterinio modelio koordinatėmis. Taip išvengta neleistinų nuokrypių arba paklaidų ir garantuotas tikslumas, reikalingas tokios sudėtingos geometrinės formos statiniui.

Vis dėlto kompiuterinis modeliavimas nepašalina poreikio remtis empiriniais duomenimis. Projektuojant konstrukcijas, buvo naudojami natūralaus dydžio maketai, norint įsitikinti, kiek galima lankstyti metalo lakštus, nesukeliant persimetimo, ir tiksliai kokius nuokrypius leidžia suvirinimo siūlės. Vėliau CATIA naudota metaliniams pastato paviršiams patobulinti, kad jie atitiktų maketais nustatytus parametrus.

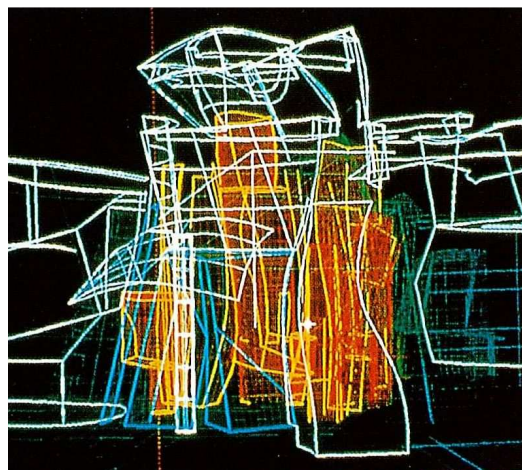
Bilbao statinio danga buvo tiekama plokščių pavidalu, ir 80 % metalinio kevalo paviršiaus ploto buvo reikalingi tik keturių standartinių dydžių lakštai. Nors cinkuotas pasluoksnis visiškai lygus, išoriniame titano dangos paviršiuje tyčia padarytas nedidelis banguotumas, siekiant sušvelninti pastato išvaizdą. Ir, priešingai, visi pastato stiklo paviršiai plokšti, o kadangi stiklas neturi galimybės riestis, sudėtingi paviršiai suformuoti ne lankstant panelius, o jų trianguliacijos metodu. Todėl kitaip nei metalo dangoje, beveik 70 % stiklo panelių yra skirtingų dydžių.

Nors Bilbao muziejaus konstrukcijos ir apdailos komponentus buvo galima pagaminti skaitmeninio programavimo staklėmis, sujungtomis su CATIA duomenų baze, dauguma subrangovų nusprendė juos gaminti rankiniu būdu, nes turėjo aukštos kvalifikacijos darbininkų. Akmens danga – vienintelė pastato sudedamoji dalis, frezuota pasitelkus automatiką, ir šis techniniu atžvilgiu labai sudėtingas procesas vyko ne dirbtuvėse, o vietoje. Nors architektai buvo numatę, kad akmuo bus apdorojamas ceche ir atgabenamas į statybos vietą, subrangoas vietoje įrengė frezavimo stakles.

1997 metais atidarius naująjį Guggenheimo muziejų, jis atsidūrė pasaulio žiniasklaidos dėmesio centre. Pritaikius kitų pramonės šakų technologiją, Bilbao statyba gerokai peržengė ribas to, kas anksčiau buvo laikoma įmanoma estetiniu ir techniniu požiūriu. Kompiuteris sudėtingas ir unikalios konstrukcijas padarė tokias pat ekonomiškai kaip masinės gamybos produkciją ir sugriovė pramoninės statybos nuostatus, suteikdamas galimybę postindustriniame pasaulyje vėl pasireikšti menininko kuriamai architektūrai.



(a)



(b)

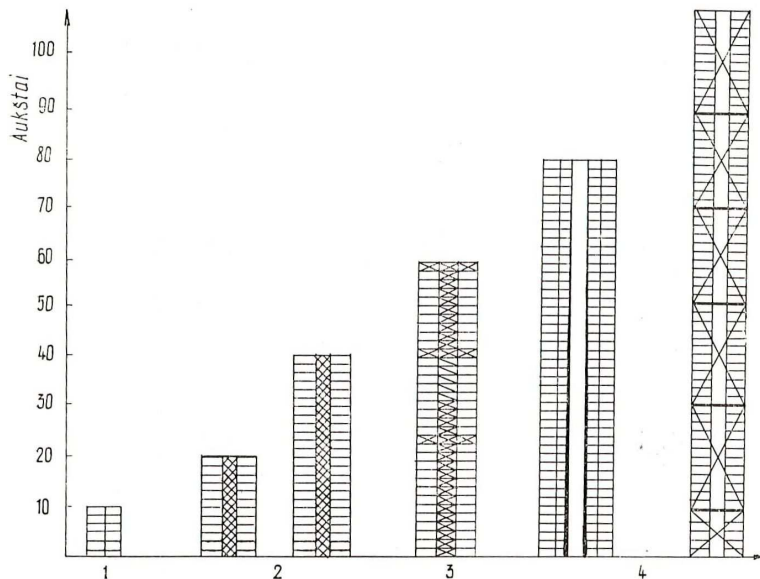
32 pav. Guggenheimo muziejus, Bilbao; a – Pastato statybų nuotrauka; b – kompiuteriu modeliuojamas pastatas

Objektas atspindi šių laikų architektų laisvę, kurią jiems suteikė kompiuteris. Architektas laisvai modeliavo formą užduodamas konstrukcijos ribas. Savo kūrybos laisvumu architektas F. O. Gehry padarė nemažą įtaką konstrukcijų skaičiavimo programų raidai. Tiesiogiai konstrukcinių sprendinių architektas gal ir neįtakojė, tačiau jo įtaka konstrukcijai tikrai akivaizdi, nes pasitelkęs

inžinierius į pagalbą pateikė begalo konstruktyviai sudėtingų objektų supaprastinimo pavyzdį. Pasitelkę naujausias skaičiavimo technologijas, projekto autoriai įdėjo daug triūso objekto konstrukcijos projektavime tam, kad neliktų begalės problemų statyboje. Žymėdami gaminius ir nepalikdami galimybės suklysti, bei suvienodindami gaminius iki minimalaus skaičiaus, atpigino statybą ir padarė ją techniškai bei ekonomiškai pagrįstą. Architektas F. O Gehry daugelyje savo darbų pasižymi nesimetriškomis ir plastiškomis formomis priversdamas inžinierius kuo labiau optimizuoti konstrukciją.

4.2. AUKŠTYBINIAI PASTATAI

Laikotarpyje, kurį galima pavadinti pirmuoju dangoraižių projektavimo aukso amžiumi, kai buvo pastatyti Empire State ir jo amžininkai, ši statybos rūšis pasiekė aukštumų ne tik dydžiu, bet architektūrinės išraiškos brandumu. Tolesnėje raidoje siekta statyti dar aukščiau, panaudojant žymių architektų ir statybos inžinierių atrastas galimybes. Antai Fazluris Khanas Čikagos Sears dangoraižyje sukūrė „surištų bokštų“ koncepciją. Kitą inovaciją – atramines išorines sienas – pirmą kartą įdiegė architektas Minoru Yamasaki dviejuose Niujorko Pasaulio prekybos centro dangoraižiuose. Yra kelios pagrindinės aukštybinių pastatų konstrukcinės schemos (30 pav.), tačiau kartais norint įgyvendinti architekto fantazijas tenka apjungti kelias schemas ar ieškoti visiškai naujų konstrukcinių sprendinių.



33 pav. Aukštybinių pastatų konstrukcinės schemos

Dabar, kai techniniu požiūriu galima patikimai pasiekti didelį aukštį, daugiau stengiamasi išsaugoti tokią dangoraižio išraiškos formą, kuri įkūnytų regionines, kultūrinės ar ekologines idėjas. O norint įgyvendinti vienokius ar kitokius idėjinius sumanymus, neišvengiamai susiduriama su konstrukcija. Esant galimybei pritaikoma sugalvota konstrukcinė schema, o jei sumanymui įgyvendinti egzistuojanti konstrukcinė schema netinka, architektai su konstruktoriais kuria naujas.

Architektas savo ruožtu siekia kuo labiau estetiškai išraiškingesnės konstrukcijos, o konstruktorius stengiasi, kad tai būtų įgyvendinama ir kuo mažesnėmis sąnaudomis. Štai Cezario Pelli dangoraižis Petronas Towers Kvala Lampūre, savo laiku pasaulio aukščiausias statinys, pagrįstas aštuonkampiu žvaigždiniu planu pagal islamo simboliką.

Aukštybinių pastatų raida glaudžiai susijusi su konstrukcijų raida. Architektai, pasitelkdami naujausius mokslo pasiekimus, savo kūryba stiebėsi vis aukšty, taip sąmoningai arba nesąmoningai darydami įtaką naujų konstrukcinių sprendinių atsiradimui, kuris vijosi, o gal kartais net lenkė architektų lūkesčius.

Stiebiantis namams į viršų, buvo susiduriama su iki tol neiškilusiomis konstrukcinėmis problemomis, kaip vėjo apkrova, kuri labai įtakojė tiek architektūrinius, tiek inžinerinius sprendimus. Pamatams nuo šių gigantų tekdavo iki tol neregėtos apkrovos, tad tobulėjo ir pamatų konstrukcija, kuri buvo priversta taikytis prie įvairių gamtinių sąlygų, kurios neretai būdavo tikrai nedėkingos.

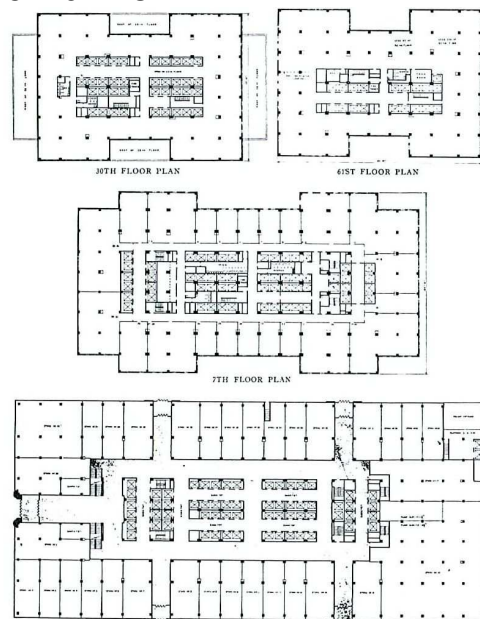
4.2.1. Empire State Building. 1929 – 1931 (Niujorko miestas, JAV). Architektų firma „Shreve, Lamb and Harmon“



(a)



(b)



(c)

34 pav. Empire State Building; a – pastato nuotrauka; b – pastato statyba; c – pastato planai

1931 metais baigus statyti dangoraižį Empire State, (tai – Niujorko valstijos pavadinimas), jis buvo aukščiausias pastatas pasaulyje, 61 m pralenkęs neseniai taip pat Niujorke pastatytą Chrysler Building. Šį statusą jis išlaikė daugiau kaip 40 metų, kol 1973 metais užleido jį Pasaulio prekybos centro bokštams Niujorke.

Dangoraižio projektuotojai, labai gerbiama Niujorko architektų firma „Shreve, Lamb and Harmon“, dirbo glaudžiai bendradarbiaudami su garsiais generaliniais rangovais „Starrett Brothers and Eken“ ir inžinerijos firma „Homer G. Balcom“. Šios komandos darbas buvo labai sėkmingas, -

pasiektas dar neviršytas tokio dydžio pastato statybos spartos rekordas šiuolaikinės statybos istorijoje, - tik 20 mėnesių nuo projektavimo pradžios iki baigto pastato. Stebinantys konstravimo ir statybos faktai: statinys baigtas anksčiau laiko ir sutaupius skirtų lėšų neprarandant jo įvaizdžio žavesio. Ilgą laiką Empire State dangoraižiui garantavo vieno iš žymiausių pasaulio pastatų šlovę.

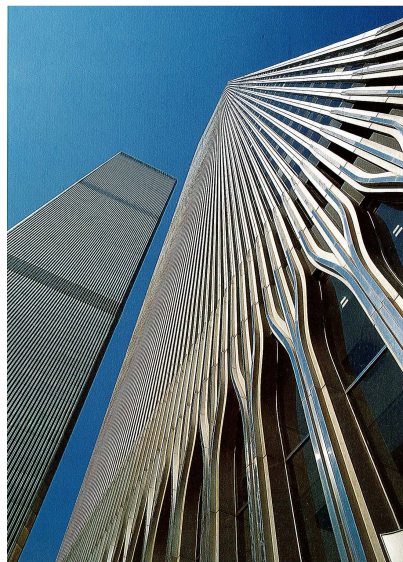
Statinio projektas – Johno Jacobo Raskobo, vėliau General Motors vadovo, proto vaisius; jis su Pierre S. Du Pontu buvo pagrindiniai investuotojai. Prestižo šiam sumanymui suteikė Alfredas E. Smithas.

Čia taikyta kniedyto plieno konstrukcija su mūrinėmis išorinėmis sienomis ir tinklu armuoto šlakbetonio grindų plokštės – tuo metu buvo įprasta, tačiau tų komponentų panaudojimo šiame statinyje metodika labai novatoriška.

Dangoraižyje panaudotas supaprastintas art deco stilius, nuo zigzaginių raštų tarp langų iki akinančios marmurinės apdailos vestibulyje.

Tai, kad šis dangoraižis net 40 metų karaliavo aukščiausiųjų sąraše rodo, kad tai buvo ne tik puikiai finansiškai išspręstas objektas, bet ir puikiai techniškai išspręstas namas. Dangoraižio projektavimo ir statybos laikas parodo, kad architektai ir inžinieriai glaudžiai bendradarbiavo ieškodami optimaliausių techninių, konstrukcinių ir estetinių sprendimų. Vos per šešis mėnesius plieninis karkasas buvo sumontuotas iki 86 aukšto.

4.2.2. Pasaulio prekybos centras. 1962 – 1973 (Niujorkas, JAV). Architektas Minoru Yamasaki



35 pav. Pasaulio prekybos centras

Baigus statyti Pasaulio prekybos centro 110 aukštų bokštus dvynius Niujorke, jie tapo aukščiausi žmogaus sukurti statiniai pasaulyje, daugiau nei 30 metrų viršiję 381,6 m aukščio dangoraižį Empire State Building (1931). Pasaulio prekybos centras sėkmingai atgaivino

nebetenkantį reikšmės miesto finansinį rajoną tuo metu, kai daugelis verslovių kėlėsi į centrinį Manheteną.

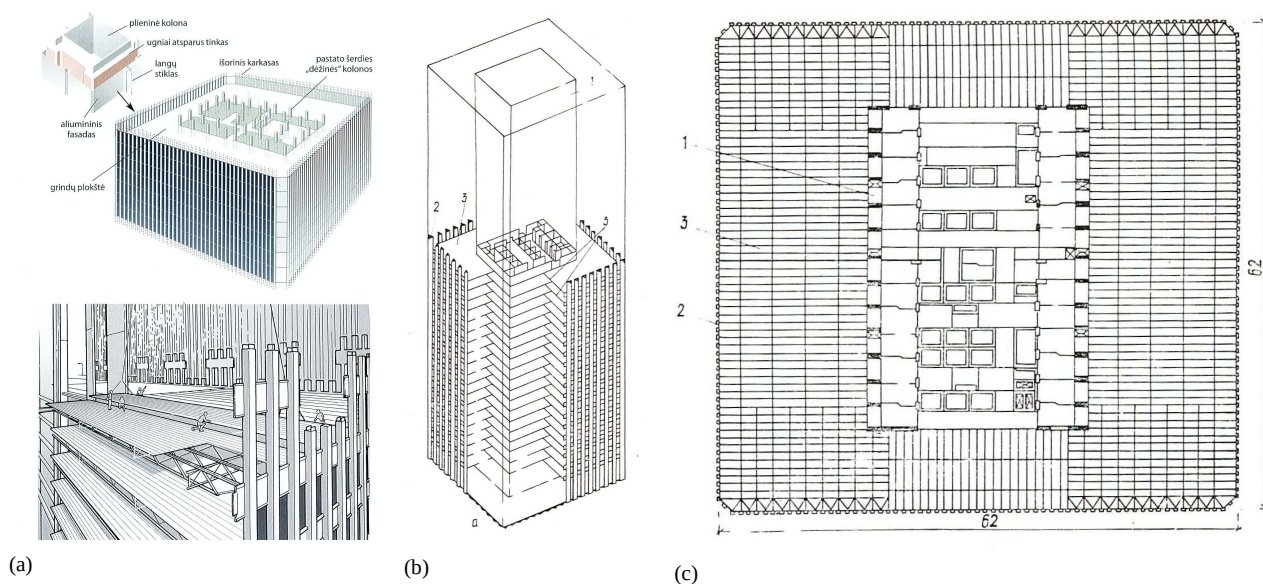
Statybos vietoje buvo druskingas pelkėtas dirvožemis, tik 1m aukščiau jūros lygio, o pamatinė granito uoliena – 21 m žemiau. Tokiems aukšties bokštams reikėjo labai gilių pamatų, atremtų į pamatinę uolieną, tačiau pelkinga dirva neleido kasti įprastinėmis priemonėmis. Todėl inžinieriai pasiūlė šlamo pripildytų griovių sistemą. Kad vanduo nesisunktų į kasamas tranšėjas, 152 x 305 m plotas buvo aptvertas šlamo siena. Iki pat pamatinės uolienos buvo kasamos 1 m pločio, 7 m ilgio duobės, jos pripildomos skysto grunto (*betoninio molio su vandeniu*), kuris padėjo išlaikyti iškastos duobės formą, kol bus įstatytas plienu armuotas „narvas“ ir supiltas betonas; dėl didesnio lyginamojo svorio betonas nusėdavo į dugną, išstumdamas skystą gruntą.

Iš tokių sekcijų buvo suformuota siena, paprastai vadinama „vonia“. Kad atlaikytų išorinį vandens spaudimą, šis įrenginys buvo sutvirtinamas plieno lynais; taip buvo sudaroma sausa zona tolesniems kasimo darbams – pamatų poliams įleisti. Iškastas gruntas buvo pervežamas į Manheteno vakarų pusę, kur jis naudotas kaip užpildas tvarkant Baterijos parko rajoną. Papildomų sunkumų kasimo darbams sudarė dangoraižio vietą kertantys metro tuneliai ir požeminių komunalinių paslaugų linijos, kurias reikėjo atsargiai apeiti.

Tokie ypatingai aukšti pastatai reikalauja papildomų atramų ir sutvirtinimo nuo vėjo. Be to, didesniems aukščiams reikia daugiau liftų, todėl sumažėja naudingasis įstaigų plotas. Įprastiniai dangoraižiai turi griaučių pavidalo konstrukciją, panašią į plieninį narvą, suformuotą iš vertikalių atramų ir horizontalių sijų. Išorinės apdailos sienos neturi atraminės paskirties, - jos tiesiog pritvirtintos prie konstrukcijos griaučių. Liftai, laiptai ir kiti paslaugų įrenginiai paprastai užima aukštybinio pastato šerdį, tačiau griaučių pavidalo konstrukcijose jų užimamas dydis procentais, pastatui aukštėjant, žymiai padidėja. Būtinai kryžmi sutvirtinimai sustiprina pastato šerdį, kad atlaikytų didesnio vėjo deformuojamąsias jėgas, bet kartu vėl sumažina įstaigų grindų plotą.

Norėdami kiek galima daugiau padidinti naudingąjį plotą, šio dangoraižio inžinieriai rekomendavo atsisakyti tradicinės konstrukcijos ir pritaikyti naują atraminę konstrukciją. Tradicines atramines sienas turi kiekvienas mūrinis pastatas, kur plytos ar mūras laiko savo pačių svorį. Tačiau Prekybos centro bokštų atraminėms išorinėms sienoms pritaikyta nauja save laikanti tuščiavidurių kvadratinų atramų, vadinamų „dėžinėmis“ kolonomis, sistema. Šios plieninės 30 x 35 cm kolonos laikė didesniąją pastato svorio dalį ir visas vėjo apkrovas; kvadratinio skerspjūvio jų forma buvo atspariausia sukimui ir lenkimui. Pirmuose dviejuose aukštuose kolonos buvo daug storesnės ir išdėstytos kas 3m, o trečiame aukšte šakojosi kaip medžiai: iš kiekvienos jų aukščiau kilo po tris smulkesnes „dėžines“ kolonas. Aukštesniosios kolonos išdėstytos 1 m atstumu simetriškai žemutinėms ir pritvirtintos prie horizontalių sieninio karkaso sijų; taip sudaryta tvirta, bet; lanksti matrica, panaši į stangrą vamzdį. Architektas Minoru Yamasaki, pats bijantis aukščio, pastebėjo,

kad kolonų išdėstymas atstumu, mažesniu negu žmogaus pečių plotis (56 cm) viena nuo kitos padeda patalpų naudotojams sumažinti akrofobiją – aukštumų baimę.



36 pav..Pasaulio prekybos centro konstrukcinės schemos; a – erdvinė schema ir grindų konstrukcija; b – erdvinė schema; c - planas

Grindys buvo taip pat reikšminga statinio dalis. Sukonstruotos kaip daugybė tuščiavidurių santvarų, jos veikė tarsi sustangrintos pertvaros, padedančios kiekvieną išorinę sieną veikiančias vėjo jėgas nukreipti į dvi jai statmenas sienas ir toliau – per išorines kolonas žemyn į žemę. Ši sistema užtikrino nemažą lankstumą. Komunalinių paslaugų tinklai buvo lengvai klojami tuščiavidurėse grindų santvarose, o kadangi pagrindinė atraminė pastato konstrukcija yra jo išorinės sienos, viduje atsirado daugiau erdvės ir susidarė geresnės sąlygos ją išplanuoti.

Kaip ir įprastiniuose pastatuose, dangoraižių šerdis ne viena talpino liftus ir paslaugų įrenginius, bet ir atliko svarbios papildomos konstrukcinės atramos funkciją. Tačiau užuot eikvojęs vertingą plotą dideliame vertikalaus transportavimo tinklui, Yamasaki jo sutaupė suprojektuodamas tris skubaus ir vietinio lifto zonas, aptarnaujančias aukštuminius 44-ojo ir 78-ojo aukštų vestibulius. Didesni greitieji liftai veikė kaip šaudyklės, sparčiai užkeldami keleivius į šiuos vestibulius, kur vietiniai liftai aptarnaujantys aukštų grupes, pristatydavo juos į galutines vietas.

Traktuodamas šį pastatą kaip tris mažesnius pastatus, pastatytus vienas ant kito, Yamasaki sutaupė 15 % erdvės, kurią paprastai užima liftai ir drauge padidino transporto greitį ir našumą.

Kur tik įmanoma, konstrukcija buvo daroma tvirtesnė ir lengvesnė. Statybinis plienas naudotas įvairių rūšių, atsižvelgiant į pastato svorį ir vėjo apkrovas, numatomas įvairiame aukštyje. Sunkesnės rūšies plienas naudotas apačioje, o lengvesnės – arčiau viršaus, taip sumažinant pastato kainą ir svorį.

Gamyklose buvo pagaminamos dviejų aukštų aukščio ir trijų kolonų pločio atraminių išorinių sienų sekcijos, kurios statant buvo suvirinamos ir sutvirtinamos varžtais. Šios aliuminiu dengtos plieno kolonos leido 20 % sumažinti stiklo kiekį, palyginti su daugumos dangoraižių apdailos (*ne atraminėmis*) sienomis. Mažesnis stiklo kiekis reiškė mažesnę oro kondicionavimo poreikį ir šildymo žiemą. 43 tūkstančiams langų dviejuose bokštuose sukurtas nepaprastas kompiuterizuotas valymo įrenginys. Išorinėmis kolonomis esančiomis siauromis vėžėmis automatizuotas valytuvas galėjo leisti nuo stogo, purkšdamas valiklius ar ploviklius ir valydamas stiklą šepčiais bei mediniais, gumuotais valytuvais.

Tokio sudėtingo projekto organizavimas pareikalavo didelių projektavimo ir planavimo gebėjimų. Tūkstančių inžinerijos, statybos technologijos, verslo, valdymo ir projektavimo profesijų žmonių bendromis pastangomis Pasaulio prekybos centras reprezentavo vieną didžiausių XX amžiaus žmonių laimėjimų. Talpinantys 50 000 darbuotojų bokštai funkcionavo kaip vertikalūs miestai aplinkiniame didmiestyje. Tai, kad jie buvo suvokiami kaip Amerikos globalinių laimėjimų technologijos ir finansų srityse simbolis, liudijo, jog Yamasaki'o vizija buvo įgyvendinta.

Lyginant su pirmtaku Empire State Building, Pasaulio prekybos centre architektas Minoru Yamasaki atsisakė tipinės dangoraižių konstrukcinės schemos, kuomet didžiausias apkrovas perimdavo pastato šerdis. Padedamas konstruktorių jis panaudojo naują konstrukcinę schemą su perimetrinėmis tuščiaavidurinėmis kolonomis. Šis sprendimas leido pasiekti geresnių ekonominių rezultatų, nes taip padidėjo naudingas pastato plotas.

4.2.3. Sears bokštas. 1970 – 1974 (Čikaga, JAV). Architektų firma „Skidmore, Owings & Merrill”



(a)

37 pav. Sears dangoraižio nuotraukos



(b)



(c)

Sears bokštas ženklino dangoraižių statybos Jungtinėse Amerikos Valstijose kulminaciją ir 20 metų buvo laikomas aukščiausiu pasaulio pastatu. Savo 110 aukštų iškilęs į viršų 443 metrus, jis

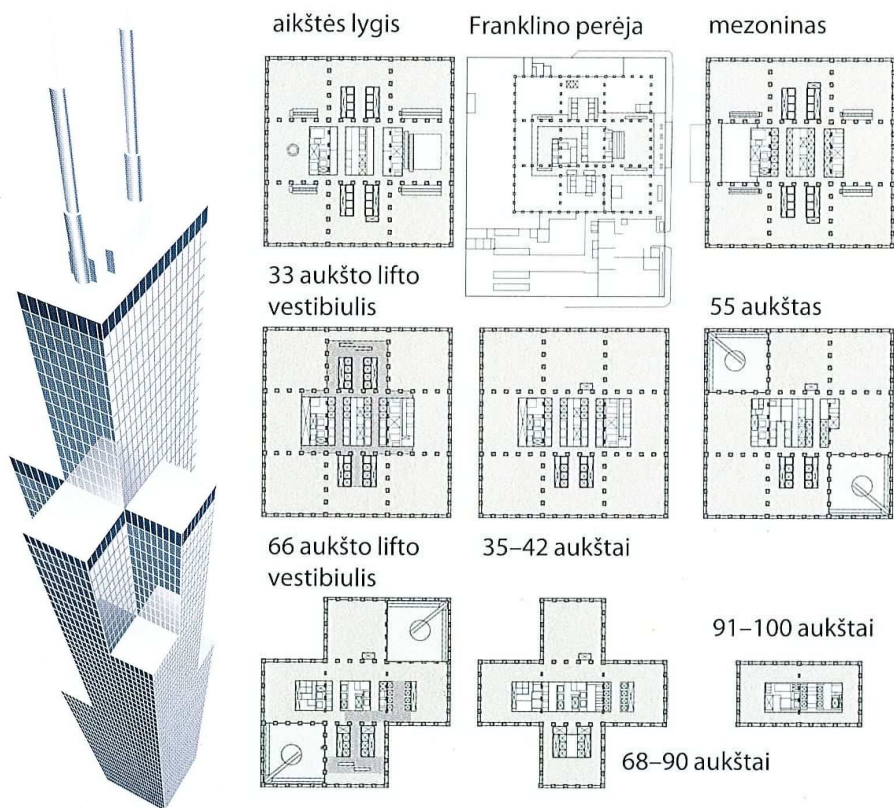
įspūdingai atrodė Čikagos, miesto, kuriame pradėta daug aukštybinės statybos inovacijų, dangaus fone. Bokštas buvo suprojektuotas pašto siuntinių įmonei „Sears, Rebeck and Company“, kad vienoje vietoje sutilptų 7000 jos darbuotojų. Sears nusipirko miesto kvartalą ir užsakė firmai „Skidmore, Owings & Merrill (SOM)“, tarptautinei architektų ir inžinierių bendrovei, suprojektuoti pastatą.

SOM grupei vadovavo architektas Bruce Grahamas ir statybos inžinierius Fazluras Khanas. Drauge su inžinieriumi architektu Myronu Goldsmithu jie jau buvo pagarsėję kaip aukštybinių pastatų projektuotojai. Naudodami naujus kompiuterinius kiekybinės struktūrinės analizės metodus, jie savo techniniais sprendimais pradėjo neregėto dydžio dangoraižių kartą, peržengiančią ankstesnes konstrukcinio ar ekonominio įmanomumo ribas.

Kuo aukštesnis pastatas, tuo didesnę vėjo poveikį jam reikia išlaikyti. Kad pasipriešintų vėjo apkrovoms, mažesni statiniai dažniausiai sutvirtinami santvarų spyriais arba standumo diafragmomis, įrengtomis aplink liftų šachtas ir laiptines. Tačiau taikant šį plieninio karkaso sutvirtinimo metodą daugiaaukščiame pastate labai padidėtų jo kaina. Todėl tokiems pastatams reikėjo sukurti naujus konstrukcinius sprendimus, kad būtų sunaudojamas toks pat statybinių medžiagų kiekis kaip paprastiems statiniams ir statyba dėl aukščio nepabrangtų. SOM veikloje kaip metraštyje atsispindi tokių techninių sprendimų raida. 1971 metais jų suprojektuotame 100 aukštų Johno Hancocko dangoraižyje Čikagoje pritaikyta Fazluro Khano nauja „sutvirtintųjų bokštų“ samprata su įžambiais santvarų spyriais aplink karkaso perimetrą, o ne aplink šerdį.

Tačiau Sears firma nenorėjo matyti įžambių spyrių pastato fasade, be to, reikalavo didesnės grindų ploto įvairovės, kad sau turėtų plačias erdves, o nuomininkams, užimsiantiems dalį pastato, galėtų pasiūlyti mažesnius plotus. Kad patenkintų šiuos reikalavimus, Fazluras Kahnas sukūrė konstrukcinę bokštų „ryšulio“ koncepciją. Užuoat pritaikius pastato šerdies (mažo masto) arba pastato perimetro (*didelio masto*) šoninį sutvirtinimą, Sears dangoraižis suprojektuotas kaip vidutinio dydžio tarp savęs susietų bokštų-vamzdžių „ryšulys“. Beveik 30 % aukštesnio už Johno Hancocko dangoraižį Sears bokšto konstrukcija yra tik 14 procentų sunkesnė.

Apačioje dangoraižis sudarytas iš devynių kvadratinio skerspjūvio, 22,9 m kraštinės ilgio bokštų, kylančių iki skirtingo aukščio: du sustoja 50 aukšto lygyje, du – 66 aukšto, o trys – 90 aukšto lygyje, ir tik du bokštai pakyla dar 20 paskutinių aukštų. Kuo aukščiau, tuo pastatas tampa lieknesnis ir lengvesnis, be to šis sprendimas padeda gauti įvairaus (nuo 3800 iki 1100 m²) grindų plotus.



38 pav. Sears dangoraižio schema 39 pav. Sears dangoraižio planų schemos

Bokštuose nėra vidinių kolonų, todėl galima nekludomai išdėstyti įstaigų kambarius; kiekvienas bokštas iš visų keturių pusių įrėmintas 4,6 m žingsniu išrikuotomis plieninėmis kolonomis, kurias jungia perimetro plieninės sijos. Vietoj varžtais sujungto karkaso su įžambiais santvarų spyriais, kuris sumažintų vidaus erdvę, Sears bokštas turi tik vertikalius ir horizontalius konstrukcinius elementus, tvirtai suvirintus susijungimo vietose. Kolonos ir sijos sumontuotos iš plieno plokščių, suvirintų W-formių sekcijų pavidalu. Plokštės storis nuo 25 mm pastato viršuje iki 100 mm apačioje, kur susikaupusios didžiausios svorio jėgos apkrovos. Plieninė antžeminė pastato dalis pastatyta ant 1,5 m storio betono pakloto, įrengto ant kesoninių pamatų. Šie betoniniai kesonai yra 2,2 – 3 m diametro ir vidutiniškai 20 m gylio, kad pasiektų pamatinę uolieną.

Plieninis antžeminis statinys buvo pagamintas iš surenkamųjų 7,6 x 4,6 m dydžio modulių – didžiausių, kokius galima pervežti sunkvežimiu. Kiekvienas modulis sudarytas iš dviejų aukštų kolonos su abiejuose šonuose gamykloje pritvirtintomis pusės ilgio sijomis. Kranu įstačius modulį į reikiamą padėtį, pusinės sijos viena su kita buvo vietoje sutvirtinamos varžtais. Kadangi statybos vietoje nebereikėjo atlikti 95 % suvirinimo darbų, karkasas buvo surinktas labai sparčiai – po aštuonis aukštus per mėnesį – ir sutaupyta daug lėšų.

Norint padidinti pastato standumą, bokštai sujungti taip, kad kolonos sudarytų tęsinį, o gretimų modulių sijos būtų vienoje linijoje. Be to, 29-31, 64-66 ir 88-90 aukštų lygiuose bokštai aplink „ryšulio“ perimetrą per du aukštus sujungti santvaros juostomis. Santvarų įžambinės dengia

ventiliacinės žaliuzės, pro kurias šiuose aukštuose esantys įrenginiai siurbia orą. Bokštų standumą dar padidina grindys, veikiančios kaip konstrukcinės diafragmos. Ant gofruotos plieninės perdangos paguldytas betono plokštės laiko 1m aukščio santvaros. Kiekviena santvara varžtais pritvirtinta tiesiog prie kolonos; taip padidintas konstrukcijos patikimumas, nes išvengiama netiesioginio grindų apkrovos perdavimo per sijas. Kas šeši aukštai keičiama perdengimo santvarų kryptis, kad išsilygintų apkrova, veikianti bokšto karkaso perimetrą.

Viena vertus, Sears dangoraižis ženklina didelę pažangą, padarytą aukštybinių pastatų konstrukcinių sistemų optimizavimo srityje, kai didesnis pastatų aukštis pasiekiamas mažesnėmis medžiagų sąnaudomis.

Šiame dangoraižyje architektų ir konstruktorių grupė turėjo aiškų uždavinį padaryti pastato planą kuo lankstesnį funkciškai. Pagal architektų pateiktus planus konstruktoriai pasiūlė dar iki šiol nenaudotą konstrukcinį sprendimą, kuris laido įgyvendinti architekto sumanymus ir išvadavo aukštybinį pastatą nuo kolonų, bei spyrių pastato fasade. Šio pastato konstrukcija puikiai inžinierių darbo vaisius, kuris savitas ir architektūrinis požiūriu.

4.2.4. Honkongo ir Šanchajaus bankas. 1979 – 1986 (Honkongas, Kinijos Liaudies Respublika). Architektai Palmeris ir Turneris, rekonstrukcija „Foster Associates“



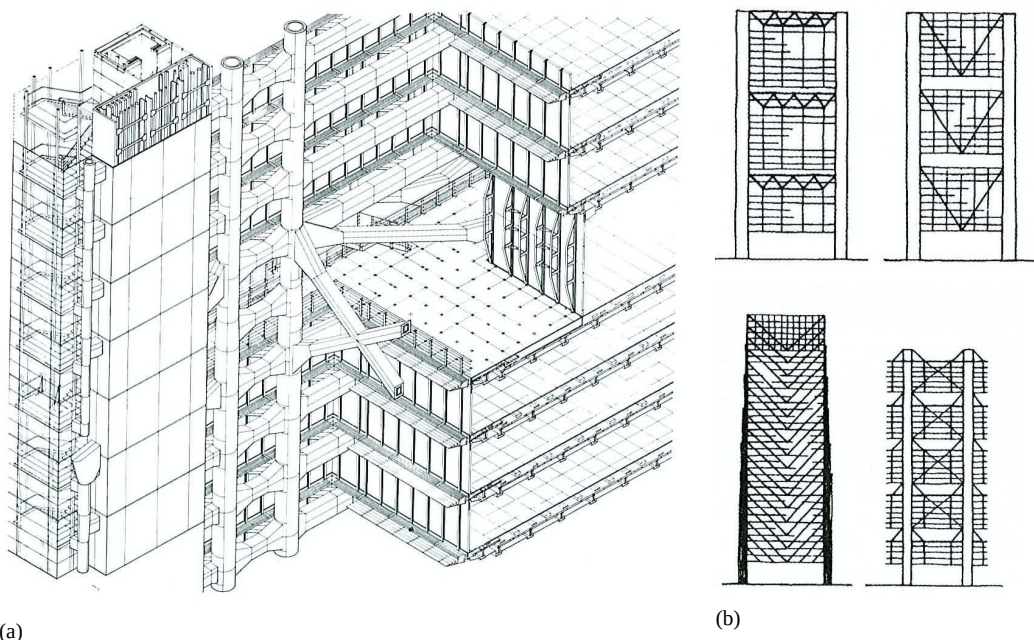
40 pav. Honkongo ir Šanchajaus bankas; a – pastato nuotrauka; b – pastato vidus

Honkongo ir Šanchajaus bankų korporacija įsteigta 1864 metais buvusioje kolonijoje; tai vienas iš dviejų bankų, turinčių teisę daryti pinigų emisiją. Banko valdybos pastatą patogioje vietoje priešais Statulos aikštę 1935 metais suprojektavo architektai Palmeris ir Turneris, gavę valdybos pirmininko nurodymą suplanuoti „geriausią banką pasaulyje“. [15] Buvo sukurtas gražus plieninio karkaso pastatas su akmens apdaila ir tam tikromis to meto naujovėmis, pavyzdžiui, oro kondicionavimu ir greitai veikiančiais elektriniais liftais.

Aštuntojo dešimtmečio pabaigoje Palmerio ir Turnerio pastatas nebetenkino poreikių, pirmiausia tiesiog dėl pačios korporacijos augimo, o taip pat dėl sunkumo pritaikyti statinį naujoms technologijoms. 1979 metų birželį surengtas modernizavimo projekto konkursas, kurį laimėjo firma

„Fosters Associates“, vėlgi gavusi užduotį suprojektuoti geriausią banką pasaulyje. Jos pasiūlyta konstrukcija rėmėsi tvirtais „stiebais“ šonuose, laikančiais po keliasdešimt tiltų (tiltinių perdangų). Šis sumanymas leido laipsniškai atnaujinti statinį – statant po vieną jo dalį, tuo pat metu pamažu griauinant esamą pastatą ir atveriant visą pirmą aukštą visuomenei. Be to, buvo sudaryta galimybė projekto inžinieriams „Ove Arup & Partners“ iki minimumo sumažinti atramų užimamą žemės plotą, kartu padidinant naudingąjį grindų plotą banko patalpoms.

„Foster Associates“ paskyręs projektuotoju, bankas beveik iš karto atsisakė minties etapais išsaugoti esamą pastatą; tai būtų trukdę paties banko veiklai ir sukėlę sunkumų įrengti raiškų cokolinį aukštą, kuo geriau panaudojant šią astronominės vertės vietą. Nors konkursinis projektas buvo keliskart keistas, kol sutarta dėl galutinės sutarties schemos, pagrindinė projekto koncepcija – stiebų ir tiltų principas – tebegaliojo.



41 pav.: konstrukcinės schemos; a – pasirinkta konstrukcinė schema; b – analizuotos konstrukcinės schemos

Kaip galutinis konstrukcinis sprendimas buvo priimta patobulinta „pakabo“ schema. Visa antžeminė pastato dalis remiasi keturiais karkasais, o kiekvieną karkasą sudaro du stiebai, penkiuose atskiruose lygiuose laikantys pakabinamąsias santvaras. Santvarų sudarytos dviejų lakštų erdvės tampa kiekvienos grindų grupės centrais, jose įrengtos žmonių bendravimo bei judėjimo erdvės ir evakavimosi vietos gaisro metu.

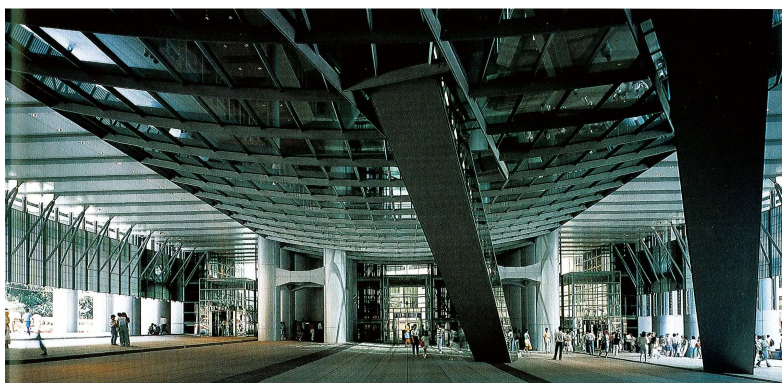
Stiebą sudaro keturios cilindrinės plieninės kolonos, kiekviename aukšte tarpusavyje sujungtos įlenktomis keturkampėmis sijomis. Toks išdėstymas maksimaliai padidina stiebo pajėgumą atlaikyti apkrovą ir iki minimumo sumažina jo užimamą plotą plane. Paprastai sakoma, kad inžinieriai suprojektuoja logiškai pagrįstas konstrukcijas, o paskui architektai pakeičia jas, kad

būtų įdomesnės. Tačiau šis statinys yra logiškas ir įdomus, o vienintelis akivaizdus architektų įsikišimas buvo tolimiausios santvaros viršutinio segmento pašalinimas (tai buvo įmanoma padaryti dėl mažesnės jos apkrovos), norint padaryti aiškesnę „pakabo“ sistemos logiką.

Kadangi karkaso rėmai matyti iš pastato išorės, projektuotojai norėjo paprasčiausiai eksponuoti tikrąją konstrukciją. Tačiau dėl ilgaamžiškumo ir atsparumo ugniai reikalavimų teko daryti apsaugines dangas, todėl buvo pasirinktas tam tikras plakiravimas. Dangos sluoksnis turėjo sandariai priglusti prie konstrukcijos elementų, kad aiškiai pabrėžtų jų formą.

Įgyvendinant permatomumo idėją, išorinės sienos dengtos stiklu, kurį laiko statramstėlių sistema. Kad ši sistema būtų lankstesnė (o to reikalavo kabančioji konstrukcija ir taifūniniai vėjai), statramstėliai ir stiklas suprojektuoti taip, kad prisitaikytų galimų tokių aukštų tarpusavio poslinkių.

Atvėrus pirmą aukštą kaip viešąją aikštę (tai buvo geraširdiškas banko mostas, davęs ir bankui tam tikros naudos, būtent leidimą plėstis), prireikė specialaus skiriamojo apvalkalo antro aukšto lygyje, kad palaikytų kondicionuotą orą pastato viduje. Galiausiai pasirinkta forma – mažiausiai sverianti išgaubta rėminė konstrukcija su stiklo užpildu.



42 pav. Pastato cokolinis aukštas

Kita vertus, pagrindiniai santvarų konstrukciniai elementai yra rimta žmonių judėjimo kliūtis, o negailestingas visų detalių tobulumo vaikymasis (vos ne visi paviršiai virš grindų lygio yra arba įvairių pilkų atspalvių metaliniai, arba stikliniai) nedaug palieka galimybių susikurti savitą individualią darbo vietą.

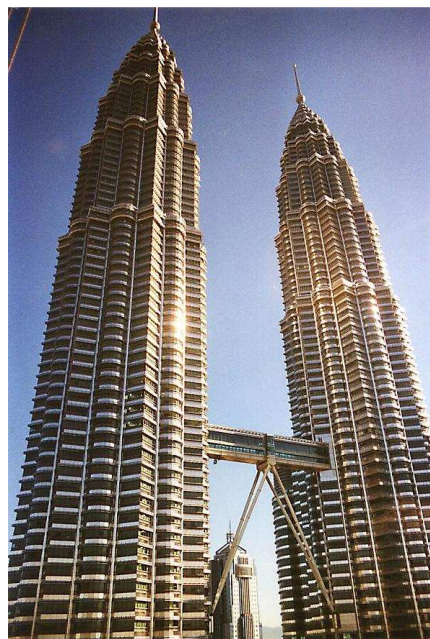
Šiame objekte darnaus architektų bei inžinierių darbo vaisius – sudėtingo konstrukciniu požiūriu pastato pritaikymas prie esamos situacijos. Šis statinys ypatingas tuo, kad sudėtingą konstrukcinę schemą jis įgavo rekonstrukcijos metu. Panaudotas naujas rekonstrukcijos metodas, kuriuo pastatas buvo išvaduotas nuo atramų (pakabintas), taip atsirado daugiau naudingo ploto.

4.2.5. Petronas Towers. 1991 – 1996 (Kvala Lampūras, Malaizija). Architektas Cesaris Pelli.



(a)

43 pav. Petronas bokštai



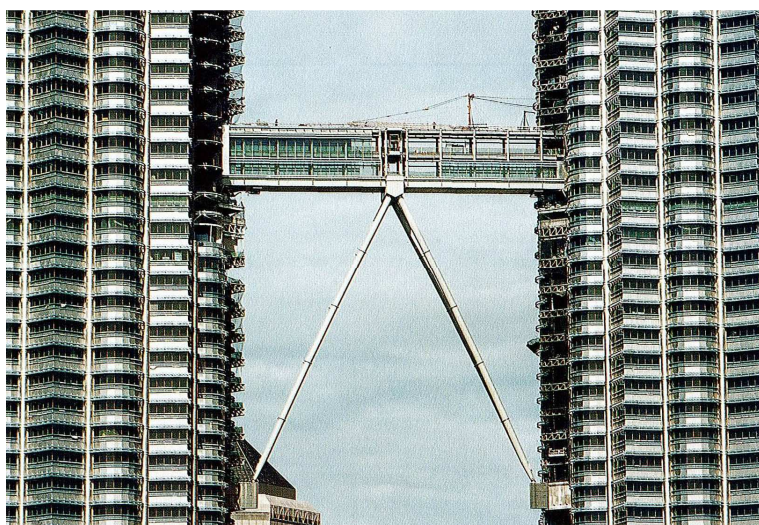
(b)

1996 metais baigti statyti Petronas bokštai dvyniai. Jie nukarūnavo iki tol buvusį aukščiausią pastatą Sears bokštą, Čikagoje. Tai buvo reikšmingas momentas aukštybinių statinių istorijoje, nes pirmą kartą per šimtą metų didžiausio pasaulio pastato garbės neteko JAV. Šis statinys ypatingas tuo, kad tapti aukščiausiu turėjo išsprastas į kultūrinius rėmus. Nes konkursą laimėjęs architektas turėjo išreikšti ypatingą malajišką atmosferą. Pradinė pastato dvylikakampės žvaigždės pavidalo schema dėl islamo simbolikos pakeista aštuoniakampės žvaigždės planu. Žvaigždės pavidalas matyti dantitoje apdailos sienoje, pasižyminčioje skulptūrišku paviršiumi, mirgančiu stiklu ir nerūdijančiu plienu. Be to pastatas pritaikytas vietos klimatui, tuo tikslu fasaduose įrengiant nerūdijančio plieno saulės priedangas.

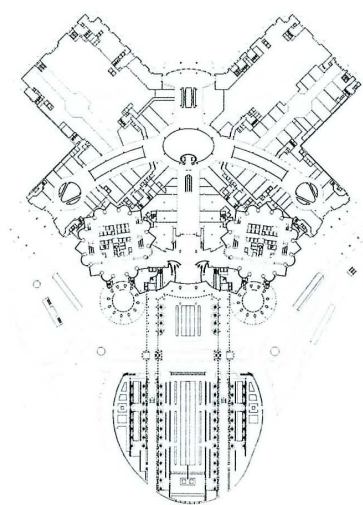
Pastatas yra specifiškai malajiškas savo planu ir bendru profiliu, todėl skiriasi nuo daugumos aukštybinių pastatų šių dienų pasaulyje, tačiau pastato konstrukcija – tipiškas technologijos perkėlimo pavyzdys. Kadangi importuoti plieną į Malaiziją labai brangu, buvo nuspręsta statyti betoninės konstrukcijos pastatą su mišriomis grindimis, sudarytomis iš metalinių paklotų ir gelžbetonio sijų. Tam, kad architektai galėtų suprojektuoti kuo laibesnius bokštus, reikėjo sukurti labai stiprų betoną, kuris leistų sumažinti kolonų diametrą. Taigi inžinieriams dėl architektūrinių ir vietinių žaliavų padiktuočių sąlygų teko atsisakyti standartiniu tapusio sprendimo – bokštų – vamzdžių, kuris taikytas Sears bokšte, taip siekiant kuo labiau išlaisvinti pastatą nuo perimetro kolonų. Bokštų konstrukcija sudaryta iš šešiolikos perimetrinių kolonų, kurių skersmuo iki 2,4 m ir kurios kiekviename aukšte sujungtos žiedine sija, o sijų skerspjūvis ties atramomis

buvo suprojektuotas didesnis. Gelžbetoninei konstrukcijai gan dideli atstumai tarp kolonų (8-10 m) sukuria atviros erdvės jausmą. Architektas, norėdamas suteikti pastatui grakštumo, fasade parodo tik nedidelį kolonos fragmentą. Aukštybiniams pastatams tenkančias dideles šonines apkrovas šiuo atveju atlaiko pastato kolonos ir konstrukcinė šerdis, bei pastato smailėse įrengti masės slopintuvai.

Pastato architektūrinis akcentas 41 ir 42 aukštuose esančio konferencijų centro jungtis. Tai 58,82 m ilgio dviejų lygių tiltas. Tai ne tik architektūrinis pastato akcentas, bet ir funkciškai svarbi abiejų pastatų jungtis, kuri tarnauja kaip gaisrinis praėjimas. Lieptas buvo pagamintas iš 500 dalių, surinktas statybos aikštelėje ir pakeltas į reikiamą padėtį. Jį remia dvi plonos kojos, pritvirtintos 29 aukšte (41 pav., a).



(a)



(b)

44 pav. Petronas bokštai; a – pastatus jungiantis tiltas; b – pirmo aukšto planas

Kaip pastebėjo architektas Cesaris Pelli, „Šie bokštai – ne paminklai, bet gyvi pastatai, vaidinantys simbolinį vaidmenį. Mes atkakliai triūsėme, kad padaryti juos gyvybingus“. [13]

4.3. Skyriaus apibendrinimas

Skirtingais XX amžiaus periodais pasaulį išvydo eilė nestandartinių pastatų, kurie metė iššūki iki šiol nusistovėjusioms taisyklėms. XVIII - XIX amžiuje išrastas konstrukcijas architektai ir inžinieriai tobulino keldami vis didesnius tikslus. Architektai, matydami beribes konstrukcijų galimybes, kūrė vis drąsiau. Dažnai architektai kurdami peržengdavo iki to laiko egzistavusias galimybes, taip įtakodami nebūtinai naujų konstrukcijų atsiradimą, bet tobulindami esamas ir kartu su inžinieriais kūrė naujas konstrukcines schemas.

Didžiausią laisvę teikė visuomeniniai objektai, nes jų paskirtis būti simboliais ir visuomeniniais traukos centrais vertė architektus galvoti vis naujas išraiškos formas, kurias reikėjo techniškai pagrįsti. Tam buvo pasitelkiami didelių siekių turintys inžinieriai, kurie nebijojo priimti kartais utopinius iššūkius ir juos paversti realybe. Siekimas išlaisvinti erdves nuo atramų

atsižvelgiant į situaciją vertė ne tik didinti tarpatramį kiek tai leidžia medžiaga, bet ir logiškai bei ekonomiškai tai pagrįsti, nes beribis skerspjūvio didinimas norimam efektui pasiekti darėsi nelogiškas, o tai vertė ieškoti naujų sprendimų.

Pirmiesiems aukštybiniams pastatams architekto įtaka buvo minimali, nes buvo stengiamasi kiek įmanoma techniškai pasistebti į viršų, o tik po to, kai techninės galimybės pasidarė labai didelės, architektai galėjo kelti didesnes pretenzijas aukštybinių pastatų estetinės išraiškos paieškoms, kas vėlgi vertė ieškoti naujų techninių sprendimų. Aukštybiniai pastatai taip pat tapo savotiškais simboliais, kurie rodė valstybių ambicijų išraišką. Tuo pat metu aukštybiniai pastatai turėjo būti labai gerai ekonomiškai pagrįsti, kad nebūtų didžiulio medžiagų poreikio. Architektai net aukštybiniuose pastatuose laikui bėgant sugebėjo su inžinierių pagalba išvaduoti pastato erdves nuo laikančiųjų elementų, kaip Sears dangoraižyje. Kartais buvo taikomi labai sudėtingi techniniai sprendimai, kaip kad Honkongo ir Šanchajaus banke, kur pastatas buvo pakabintas ant kelių atramų, taip atiduodant cokolinio aukšto erdvę miesto bendrajai erdvei, kas labai svarbu smarkiai urbanizuotuose teritorijose.

Visada siekis pasiekti kuo maksimalesnį efektą verčia ieškoti naujų techninių galimybių ar tobulinti jau esamas, o tai įmanoma tik dirbant architektui ir inžinieriams išvien siekiant kuo optimaliausio rezultato.

5. Darbo apibendrinimas

Nors architektūra ir inžinerija nuo XVIII a. vidurio yra atskiros profesijos, jos neišvengiamai daro įtaką viena kitai iki pat šių dienų. Manoma, kad universalus architektas – statybininkas šiomis dienomis nebegali egzistuoti, nes tiek inžinieriaus, tiek architekto profesija reikalauja šiandien didelės patirties ir žinių. Tačiau negalima paneigti, kad dirbant šių profesijų atstovams atskiria nebūtų galima pasiekti gerų rezultatų. Nes projektuojant pastatą svarbiausi trys momentai: funkcija, forma, konstrukcija. Pirmuosius du sprendžia architektas, trečiąjį – konstruktorius. Kita vertus, kai kurie architektai kviečiasi žymiausius inžinierius manydami, kad jie suteiks jų projektams ypatingą išraiškingumą ir originalumą. Dėl architektų atsisakiusių savo, kūrėjo, vaidmens padaryta daug didžiulių klaidų. Savaime suprantama, kad mokslo dinamiškumas, naujos loginės formos, epochinės reikšmės atradimai ir milžiniškos inžinerinės konstrukcijos negalėjo nežavėti pažangiai nusiteikusių architektų, negalėjo nesuteikti jų kūrybai naujų impulsų, nesužadinti naujų minčių ir siekių. Žinoma, kad architekto ir inžinieriaus bendrame darbe iškyla prieštaravimų, nes kiekvienas siekia įtvirtinti savo požiūrį. Atsirandantys prieštaravimai glūdi pačiame statybos procese. Patogesnis, gražesnis pastatas dažnai reikalauja sudėtingesnės konstrukcinės sandaros ir atvirkščiai: vartojant prastesnę konstrukcinę sandarą gali nukentėti pastato patogumas, nukentėti jo estetinė išraiška. Remiantis tuo šie vidiniai prieštaravimai būtų lengviau

įveikiami, jei architektas ir inžinierius vienas kitą geriau suprastų. Kitaip tariant, jei architektas pasižymėtų inžineriniu išprusimu, o inžinieriai suvoktų architektūrinį sumanymą.

Įvykus industrinei revoliucijai atsirado naujų medžiagų ir vystėsi įvairios konstrukcinės sistemos. XX a. pagrindinės materialios išraiškos priemonės buvo: gelžbetonis, metalas ir stiklas. Vykstant techninei pažangai, didėjant beatramių perdenginių angoms, aukštėjant pastatams, apvaldant vis didesnes erdves, architektūrai susidarė sąlygos pereiti nuo sunkių, archaiškų stačiakampių prie laisvų erdvinių struktūrų, lanksčių, lengvai keičiamų planų, nematytų meninių erdvės išraiškos efektų. Taigi pradėjus naudoti naujas statybines medžiagas ir konstrukcijas, neišvengiamai iškilo naujų konstrukcijų meninio estetinio įprasminimo problema. Reikėjo peržiūrėti ir naujai įvertinti tradicinius tektonikos principus, kurie buvo pritaikyti medžio, plytų ir akmens konstrukcijoms. Remiantis tuo buvo aišku, kad dėl greito gyvenimo tempo, XX a. architektūros raida nebus vienalytė ir kryptinga. Kiekvienas architektas turėjo savitą stilių, kurį jis plėtojo burdamas bendraminčius ir kurdamas naujas sroves. Skirtingų srovių architektai turėjo ir skirtingą požiūrį ne tik į architektūrą, bet ir į konstrukcijos vietą architektūroje. Konstruktyvistai savo pastatuose architektūros kompozicijos idėjas įgyvendindavo konstrukcinių formų pagalba, jų darbuose konstrukcija tapo vienu svarbiausių veiksmų kuriančių išskirtinį architektūros vaizdą. Konstruktyvistai aktyviai propagavo naujas medžiagas, o ypač gelžbetonį, teigdami, kad gelžbetonis daro didelę įtaką kuriant naujas konstrukcijas ir architektūros formas. Žinoma, kad konstruktyvistai kartais siekdami utilitarumo skyrė dėmesį tik konstrukcijai, negalvodami apie estetinio efekto galimybes, pavyko pasiekti neblogų rezultatų. Funkcionalistai siekdami kuo funkcionalesnį pastatą, taip pat naudojo naujas statybines medžiagas, jas tobulindami, taip darydami įtaką naujų konstrukcinių sprendinių atsiradimui. Funkcionalistų darbuose panaudojami lygių paviršių efektai, atidengiamos struktūrinės ir konstrukcinės medžiagų savybės, parodomi jų kontrastai, geometrinių formų ir linijų ritmas. Funkcionalistų kūryboje šie bruožai gimė sąmoningai, siekiant panaudoti visas kompozicijos priemones ir tuometinių statybinių-techninių galimybių įvairovę. Funkcionalistinio ir konstruktyvistinio pobūdžio architektūra vystėsi neatidėliotinos, labai reikalingos masinės gyvenamosios ir visuomeninės statybos kryptimi. Būdingiausias šios krypties bruožas – struktūros dematerializacija. „Organiškoji architektūra“ žymiai praplėtė šiuolaikinės architektūros kūrybinį diapazoną ir požiūrį į naujos statybos reiškinius. Ji pirmoji parodė, kad ir mašininės civilizacijos epochoje būtina siekti grožio, panaudojant šiam tikslui ir senas vietines medžiagas, ir naujausias mokslo ir technikos priemones. „Organiškosios architektūros“ ideologai laikė gamtą tikslingiausiu konstrukcijų šaltiniu. Architektūros formos ar konstrukcijos, sukurtos nagrinėjant gamtos formų susidarymo dėsnius yra ne pastarųjų kopija, bet gamtos ir architektūros sintezės rezultatas, aki panaudojami tik patys būdingiausi gamtos bruožai, daugiau apibendrintos formos. „Organiškoji architektūra“ nesmerkia nei mechanizacijos, ne

standartizacijos, nes gamtoje yra savos rūšies standartas, tai yra vienodų elementų pasikartojimas, primenantis pastato statybos iš standartinių surenkamų elementų procesą.

Daug kas neigė vienus ar kitus architektūros principus aukštindami savas architektūros formavimo idėjas. tačiau pastebima, kad šiuolaikinėje architektūroje be pažangių tendencijų yra ir trumpalaikių formalistinių ieškojimų, neturinčių jokių perspektyvų. Savaip suprastos naujos architektūros formos tampa greitai praeinančia mada. Galimas dalykas, kad fundamentalūs architektūrinių formų sudarymo principai ir postulatai, iškilę ir kylantys iš žmogaus dvasinių ir buitinių reikmių. Manoma, kad jaus, savaip interpretuodama rėmėsi ir turėtų remtis visų tautų pažangioji architektūra. Tad bet kuris išradimas turi būti vertinamas ne tik tuo požiūriu ar jį iš principo galima įgyvendinti, bet ir tuo požiūriu, kaip šis išradimas gali ir turi tarnauti žmogui.

Išvados

- Analizuoiant XX a. architektų ir inžinierių kūrybą, pastebima, kad konstrukcijų raidai nemažai turėjo įtakos projektuotojų sugebėjimas perprasti naujausias technologijas, sugebant jas tikslingai pritaikyti architektūroje.
- Galima teigti, kad įtaka konstrukciniams sprendiniams susijusi su architektų ir inžinierių gebėjimu kovoti su konservatyviškumu bei statiškos kūrybos principais, kas leido formuoti naują mokslinio mąstymo stilių.
- Naujų konstrukcijų atsiradimas siejamas su lenktynėmis laiku, kai norima pasiekti maksimalių rezultatų neturint konkrečių sprendimų.
- Matyti, kad inžinierius kurdamas išraiškingą konstrukciją išgauna ir architektūrinį vaizdą, taip darydamas įtaką ir XX a. architektūrai ir konstrukcijų raidai.
- Patebima, kad architekto gebėjimas pačiam suprojektuoti konstrukciją stipriai priklauso nuo jo darbo pobūdžio bei išsilavinimo.
- XX a. architektūros ir konstrukcijų raidai didelę įtaką darė akademinė architektų veikla, kurios tikslas buvo ugdyti plataus profilio projektuotoją.
- Dauguma naujų konstrukcinių sprendimų atsirado glaudžiai bendradarbiaujant architektui ir inžinieriui. Taip pat įtakos turėjo architekto inžineriniai sugebėjimai, bei inžinieriaus architektūrinis išprusimas.
- Didėjantys poreikiai ir naujų medžiagų pasiūla skatino architektus ir inžinierius ieškoti naujų sprendimų, kurie leistų ne tik išvaduoti pastatų erdves nuo atramų ir tapti neregėto aukštybinio tipo statiniais, bet ir leistų plėtotis greitai ir ekonomiškai pagrįstai socialinei statybai. Industrializacija ir standartizacija leido patenkinti vis didėjančius poreikius.
- Kurdami išraiškingus visuomeninius pastatus architektai skatino inžinierius ieškoti naujų sprendimų, nes visuomeninio pastato paskirtis, būti traukos centru vertė tiek inžinierius, tiek architektus ieškoti naujų technologinių ir konstrukcinių sprendimų, kurie tuo pačiu būtų ekonomiškai pagrįsti.
- Iš darbo matyti, kad pirmųjų aukštybinio tipo pastatų atsiradimas siejamas su naujų technologijų panaudojimu ir inžinierių naujų konstrukcinių sprendinių kūrimu bei gebėjimu prisitaikyti prie vietos sąlygų. Vėliau aukštybiniai pastatai tapo ir architektūriškai išraiškingi, tačiau neišvengiamai stipriai priklausomi nuo konstrukcijos ir jos kuriamo estetinio vaizdo.
- Iš darbo tapo akivaizdu, kad mokslinė-techninė pažanga ir ypač jos dinamiškumas ir toliau darys žymią įtaką architektūrai, išvaduos ją nuo nelanksčių schematinių konstrukcijų priklausomybės, atvers naujas prielaidas sukurti dar nematytoms kompozicijoms.

Literatūros sąrašas

1. J. Minkevičius. Architektūros kryptys užsienyje. Vilnius, 1971. 103 p.
2. G. Likas. Architektūros stiliai (VIII-XX a.). Vilnius: Technika, 2002. 133 p.
3. Mačiulis. Architektūra. Stiliai, kompozicija, menų sąveika. Vilniaus dailės akademijos leidykla, 1997. 260 p.
4. J. Paulauskas, A. Kvedaras. Metalinės konstrukcijos. Vilnius: Mokslas, 1977. 461 p.
5. A. Kudzys. Gelžbetoninės ir mūrinės konstrukcijos. Vilnius: „Mokslas“, 1992. 390 p.
6. J. Burneika. Gelžbetonio elementų plastiškumas ir jų panaudojimas architektūroje. Vilnius, 1988. 74 p.
7. Bill Addis. Building: 3000 Years of Design Engineering and Construction. Phaidon, 2007. 640 p.
8. K. Mačiulskij. Mys van der Roe. Maskva, 1969. 255 p.
9. Philip Jodido. Calatrava. Taschen, 2007. 95 p.
10. B. Pfeiffer. Frank Lloyd Wright. Taschen, 2007. 175 p.
11. U. Conrads. Programs and manifestoes on 20th-century architecture. JAV. 192 p.
12. V. Biermann, B. Borngasser ir kiti. Architectural Theory from the renaissance to the present. Taschen. 845 p.
13. Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. 304 p.
14. Andrijauskas. Grožis ir menas. Vilniaus dailės akademijos leidykla, 1995. 260 p.
15. Schulz, Sobek. Steel Construction Manual. Munich: Detail, 2000. 328 p.
16. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. 350 p.
17. Schittich, Staib. Glass Construction Manual. Munich: Detail, 1999. 318 p.
18. V. Kasputis. Pažintis su harmonija. Metodiniai nurodymai. Vilnius, 1979. 79 p.
19. V. Kasputis. Harmonijos ieškojimai plokštumoje. Metodiniai nurodymai. Vilnius, 1981. 79 p.
20. V. Kasputis, L. Ziberkas. Architektūrinės kompozicijos pagrindai. Paskaitų konspektas. Vilnius, 1982. 81 p.
21. Samalavičius. Idėjos ir struktūros architektūros istorijoje. Vilnius: Kultūros barai, 2004. 192 p.
22. Nakas. Architektas inžinierius Vytautas Landsbergis – Žemkalnis ir jo darbų konstruktoriai. Vilnius: Technika, 1997. 129 p.
23. Nakas, J. Gajauskas, M. Prikšaitis. Civilinių pastatų konstrukcijos. Vilnius: Mokslas, 1992. 318 p.
24. Sčesnulevičius. Statybinės medžiagos. Vilnius: Mintis, 1966. 447 p.
25. J. Zukowsky. Skyscrapers The New Millenium. Prestel, 2000. 156 p.
26. Detail. Architekt + Ingenieur. 2005.
27. Literatūra ir menas. 1984 12 01. p. 13.

28. Aidai Nr. 1. 1970. p. 27-29
29. Prieiga per internetą:
<http://www.arcspace.com/>
30. Prieiga per internetą:
<http://www.mimoa.eu/>
31. Prieiga per internetą:
<http://www.wikipedia.org/>
32. Prieiga per internetą:
<http://www.biography.com/>
33. Prieiga per internetą:
<http://www.sydneyarchitecture.com>

ILIUSTRACIJŲ ŠALTINIAI

1 pav. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://www.tecnologos.it/Articoli/articoli/numero_010/03concrete/03concrete.gif

2 pav. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://www.tecnologos.it/Articoli/articoli/numero_010/03concrete/04concrete.gif

3 pav. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 16

4 pav., a. Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 213

4 pav., b. Schulz, Sobek. Steel Construction Manual. Munich: Detail, 2000. p. 22

5 pav. J. Paulauskas, A. Kvedaras. Metalinės konstrukcijos. Vilnius: Mokslas, 1977. p. 5

6 pav., a. Schulz, Sobek. Steel Construction Manual. Munich: Detail, 2000. p. 48

6 pav., b. Schulz, Sobek. Steel Construction Manual. Munich: Detail, 2000. p. 48

6 pav., c. Schulz, Sobek. Steel Construction Manual. Munich: Detail, 2000. p. 49

7 pav. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://www.usc.edu/dept/architecture/slide/ghirardo/CD3/041-CD3.jpg>

8 pav., a. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://images.google.com/imgres?imgurl=http://www.usc.edu/dept/architecture/slide/ghirardo/CD3/043CD3.jpg&imgrefurl=http://www.usc.edu/dept/architecture/slide/ghirardo/CD3.html&h=677&w=463&sz=183&hl=en&start=2&um=1&tbnid=pAYUkK0XEKsCqM:&tbnh=139&tbnw=95&prev>

8 pav., b. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://images.google.com/imgres?imgurl=http://www.usc.edu/dept/architecture/slide/ghirardo/CD3/043CD3.jpg&imgrefurl=http://www.usc.edu/dept/architecture/slide/ghirardo/CD3.html&h=677&w=463&sz=183&hl=en&start=2&um=1&tbnid=pAYUkK0XEKsCqM:&tbnh=139&tbnw=95&prev>

9 pav., a. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 23

9 pav., b. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 23

10 pav., a. Schittich, Staib. Glass Construction Manual. Munich: Detail, 1999. p. 24

10 pav., b. A. Mačiulis. Architektūra. Stiliai, kompozicija, menų sąveika. Vilniaus dailės akademijos leidykla, 1997. p. 98

11 pav., a. Schulz, Sobek. Steel Construction Manual. Munich: Detail, 2000. p. 57

11 pav., b. Schulz, Sobek. Steel Construction Manual. Munich: Detail, 2000. p. 56

12 pav., a. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 31

12 pav., b. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://staff.bath.ac.uk/abscjkw/OrganicForms/HistoryPictures/nervi.jpeg>

13 pav., a. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 31

13 pav., b. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://www.tesis.ufm.edu.gt/ARQ/2003/73655/Image7.jpg>

13 pav., c. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://www.tesis.ufm.edu.gt/ARQ/2003/73655/Image7.jpg>

14 pav., a. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/36/Bourse-de-montreal.jpg>

14 pav., b. A. Nakas, J. Gajauskas, M. Prikšaitis. Vilnius: Mokslas, 1992. p. 24

15 pav. A. Nakas, J. Gajauskas, M. Prikšaitis. Vilnius: Mokslas, 1992. p. 25

16 pav., a. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://farm2.static.flickr.com/1409/1040759904_e213cad5e7.jpg?v=0

16 pav., b. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://farm2.static.flickr.com/1409/1040759904_e213cad5e7.jpg?v=0

17 pav. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://w4.bauhaus.de/english/bauhaus1919/architektur/architektur_bilder/architektur_dessau_gross.jpg

18 pav., a. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://www.bluffton.edu/~sullivanm/spain/barcelona/mies/rthalf3.jpg>

18 pav., b. K. Mačiulskij. Mys van der Roe. Maskva, 1969. p. 36

19 pav., a. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://www.e-architect.co.uk/chicago/jpgs/farnsworth_house_gmad06_8.jpg

19 pav., b. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://www.arkitera.com/v1/dialog/ihsanbilgin/images/farnsworth_plan.jpg

20 pav., a. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://web.library.emory.edu/subjects/humanities/visual/seagram.jpg>

20 pav., b. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://www.arch.tu-dresden.de/ibad/Baugeschichte/bilder/new%20york/seagram%20grr%20eg.jpg>

20 pav., c. K. Mačiulskij. Mys van der Roe. Maskva, 1969. p. 137

21 pav. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://images.google.com/imgres?imgurl=http://bp3.blogger.com/_d907C_S6mnY/Rna1jzgkc4I/AAAAAAAAAM/CNzxGgD1SrA/s320/Le_Corbusier_Dom-Ino_house_1914_dwg_perspective.jpg&imgrefurl=http://kerin-in-wonderland.blogspot.com/&h=203&w=320&sz=17&hl=en&start=7&um=1&t

22 pav., a. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://content.answers.com/main/content/img/oxford/Oxford_Architecture/0198606788.corbusier-Le.2.jpg

22 pav., b. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://content.answers.com/main/content/img/oxford/Oxford_Architecture/0198606788.corbusier-Le.2.jpg

22 pav., c. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://content.answers.com/main/content/img/oxford/Oxford_Architecture/0198606788.corbusier-Le.2.jpg

22 pav., d. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://content.answers.com/main/content/img/oxford/Oxford_Architecture/0198606788.corbusier-Le.2.jpg

23 pav., a. Philip Jodido. Calatrava. Taschen, 2007. p. 74

23 pav., b. Philip Jodido. Calatrava. Taschen, 2007. p. 75

23 pav., c. Philip Jodido. Calatrava. Taschen, 2007. p. 75

24 pav., a. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://www.calatrava.com/main.htm>

24 pav., b. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://www.calatrava.com/main.htm>

25 pav. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

http://content.answers.com/main/content/wp/en/4/40/Sydney_Opera_House_Sails.jpg

26 pav. Bill Addis. Building: 3000 Years of Design Engineering and Construction. Phaidon, 2007. p.552

27 pav., a. Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 149

27 pav., b. Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 150

28 pav. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 33

29 pav., a. Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 156

29 pav., b. Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 159

29 pav., c. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 231

30 pav., a. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 232

30 pav., b. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 232

30 pav., c. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 232

30 pav., d. Kauhsen, Polonyi. Concrete Construction Manual. Munich: Detail, 2002. p. 232

31 pav. Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/de/Guggenheim-bilbao-jan05.jpg/800px-Guggenheim-bilbao-jan05.jpg>

32 pav., a. Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 166

32 pav., b. Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 165

33 pav. A. Nakas, J. Gajauskas, M. Prikšaitis. Vilnius: Mokslas, 1992. p. 22

- 34 pav., a.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 183
- 34 pav., b.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 179
- 34 pav., c.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 182
- 35 pav.** Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:
<http://cache.eb.com/eb/image?id=99573&rendTypeId=4>
- 36 pav., a.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 188
- 36 pav., b.** A. Nakas, J. Gajauskas, M. Prikšaitis. Vilnius: Mokslas, 1992. p. 23
- 36 pav., c.** A. Nakas, J. Gajauskas, M. Prikšaitis. Vilnius: Mokslas, 1992. p. 23
- 37 pav., a.** Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:
http://www.lensimpressions.net/images/20070108160900_lensimpressions-03-46.jpg
- 37 pav., b.** Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:
http://www.davidmacd.com/images/chicago/100_5192_sears_tower.jpg
- 37 pav., c.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p.
- 38 pav.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 194
- 39 pav.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 194
- 40 pav., a.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 197
- 40 pav., b.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 200
- 41 pav., a.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 198
- 41 pav., b.** V. Ražaitis. Pastatų konstravimo pagrindai. Vilniaus dailės akademijos leidykla, 2004. p. 309
- 42 pav.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 199
- 43 pav., a.** Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:
http://archrecord.construction.com/features/agakhan/ss/8_thumb.jpg
- 43 pav., b.** Prieiga per internetą [žiūrėta 2008 m. gegužės 29 d.]:
<http://www.cultourafrica.co.za/Portals/0/Petronas%20Towers%201.jpg>
- 41 pav., a.** Neil Parkyn. Pasaulio architektūros stebuklai. Vilnius: Alma littera, 2005. p. 204
- 41 pav., b.** J. Zukowsky. Skyscrapers The New Millenium. Prestel, 2000. p. 82.