

IMPACTUL STRUCTURILOR METALICE ÎN ARHITECTURA MODERNĂ

REFLECȚII ASUPRA PROCESULUI DE PRELUARE
ȘI PUNERE ÎN VALOARE A POTENȚIALULUI
STRUCTURILOR METALICE ÎN ARHITECTURĂ

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor
la

Universitatea Politehnica din Timișoara
în domeniul INGINERIE CIVILĂ
de către

Arh. Marius Hârța

Conducători științifici: prof.univ.dr.ing. Victor GIONCU +
prof.univ.dr.ing. Valeriu STOIAN
Referenți științifici: prof.univ.dr.ing. Mircea CRIȘAN
prof.univ.dr.ing. Balint SZABÓ
prof.univ.dr.arh. Ioan ANDREESCU

Ziua susținerii tezei: 10.11.2014

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 9. Inginerie Mecanică |
| 2. Chimie | 10. Știința Calculatoarelor |
| 3. Energetică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 4. Ingineria Chimică | 12. Ingineria sistemelor |
| 5. Inginerie Civilă | 13. Inginerie energetică |
| 6. Inginerie Electrică | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor |
| 8. Inginerie Industrială | 16. Inginerie și Management |

Universitatea Politehnica Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul Școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2014

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnica Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
Tel./fax 0256 403823
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Lucrarea de față prezintă sinteza și rezultatele studiilor mele privind fenomenul impactului structurilor metalice în arhitectură, realizate pe parcursul ultimilor șapte ani. Un studiu marcat în egală măsură de experiența mea profesională ca proiectant/consultant în cadrul firmelor de proiectare de arhitectură Andreescu & Gaivoronski, A.C.T și HMVBIA, și ca asistent universitar în cadrul Departamentului de Arhitectură al Universității Politehnica Timișoara.

Mulțumiri pentru forma în care a ajuns să se contureze această lucrare se cuvin cu siguranță tuturor celor cu care am interacționat pe parcursul acestor ani de studiu și nu numai. Cu totul special aș dori însă să îmi exprim gratitudinea față de regretatul meu profesor, conducătorul științific cu care am inițiat și parcurs în cea mai mare parte acest studiu, cel care a crezut necondiționat în rezultatele pe care le poate aduce o abordare interdisciplinară a cercetării, domeniului ingineriei civile, dr.ing. Victor Gioncu. Nu mai puțin recunoscător îi sunt domnului profesor dr.ing. Valeriu Stoian, cel care a acceptat preluarea într-o fază extrem de avansată a conducerii științifice a acestei Teze. Le datorez mulțumiri cu totul speciale colegului meu, conf.dr.ing. Marius Moșoarcă, și colegilor ingineri Cristina Nartea, Cristian Petruș și Margareta Florea, de la firma HI Struct, cei care nu doar mi-au facilitat accesul la arhiva firmei, dar mi-au și oferit un ajutor neprețuit în reconstituirea proiectului de structură prezentat ca exemplu personal de utilizare a structurilor metalice în arhitectură în capitolul 07 al tezei.

Sfaturile, îndrumările și încurajările primite pe parcursul studiului de la domnul profesor dr.arh. Ioan Andreescu, ca și sprijinul oferit în faza de finalizare a lucrării, mi-au fost extrem de utile, aș putea spune cruciale. Pentru toate acestea doresc să îmi exprim aici recunoștința. Doresc de asemenea să îmi exprim recunoștința față de domnul profesor dr.ing. Daniel Grecea pentru încurajări, deschidere și disponibilitate de implicare în comisiile de pe parcursul studiului. Mulțumesc de asemenea domnului profesor dr.arh. Vlad Gaivoronschi, care a avut amabilitatea de a-mi pune la dispoziție arhiva firmei Andreescu & Gaivoronschi și de a mă sprijini în faza de finalizare a tezei. Mulțumiri se cuvin cu siguranță și kolegei mele Mirela Szitar, pentru încurajările și ajutorul birocratic, extrem de prețioase, oferite în câteva momente cheie.

Dar mai mult decât oricui doresc să mulțumesc familiei mele, pentru răbdare și înțelegere. Iar cu totul și cu totul special, pentru încredere și ajutor necondiționat, soției mele dragi, Mădălina Hârța.

Timișoara, noiembrie, 2014

Arh. Marius HÂRȚA

Dedic această lucrare copiilor mei Vlad și Ana.

Hârța, Marius

Impactul structurilor metalice în arhitectura modernă:

Reflecții asupra procesului de preluare și punere în valoare a potențialului structurilor metalice în arhitectură

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 125, Editura Politehnica, 2014, 370 pagini, 308 figuri, 5 tabele, 12 planșe.

ISSN:1842-581X

ISBN: 978-606-554-867-1

Cuvinte cheie:

structuri metalice, potențial, arhitectură, concept, proiectare, colaborare interdisciplinară.

Rezumat:

Această lucrare prezintă o cercetare fundamentală, exploratorie a fenomenului impactului structurilor metalice în arhitectură. Rezultatele obținute în urma cercetării evidențiază importanța pe care implicarea creativă a inginerilor și deschiderea la colaborare în faza conceptuală, absolut esențiale în dezvăluirea uriașului potențial al structurilor metalice, o au în creșterea valorificării acestui potențial în arhitectură.

CUPRINS

	PREFAȚĂ.....	9
1.	INTRODUCERE - OBIECTIVELE ȘI STRUCTURA LUCRĂRII.....	11
1.1	Problema.....	11
1.2	Obiectivul.....	13
1.3	Ipoteze.....	13
1.4	Metodologia.....	14
1.5	Structura lucrării.....	16
1.6	Surse bibliografice, stadiul actual al cercetărilor.....	17
1.7	Cuvinte cheie.....	23
2.	METALUL CA ELEMENT STRUCTURAL ÎN ARHITECTURĂ.....	25
2.1	Perioada dinaintea revoluției industriale.....	25
2.2	Perioada revoluției industriale.....	27
	2.2.1 <i>Construcțiile funcționale și arhitectura comercială.....</i>	<i>28</i>
	2.2.2 <i>Arhitectura neoclasică 1750–1930.....</i>	<i>41</i>
	2.2.3 <i>Arhitectura neogotică 1730-1930.....</i>	<i>44</i>
	2.2.4 <i>Arhitectura eclectică 1840-1930.....</i>	<i>47</i>
2.3	Curențe premoderne.....	49
	2.3.1 <i>Școala Chicago.....</i>	<i>49</i>
	2.3.2 <i>Art Nouveau.....</i>	<i>53</i>
2.4	Curențe moderne.....	55
	2.4.1 <i>Protoraționalism.....</i>	<i>56</i>
	2.4.2 <i>Expresionism.....</i>	<i>56</i>
	2.4.3 <i>Futurism; Constructivism.....</i>	<i>57</i>
	2.4.4 <i>Neoplasticism.....</i>	<i>58</i>
	2.4.5 <i>Raționalism; Stilul Internațional.....</i>	<i>58</i>
	2.4.6 <i>Arhitectura Fascistă, Nazistă, Realist Socialistă.....</i>	<i>60</i>
	2.4.7 <i>Art Deco.....</i>	<i>61</i>
	2.4.8 <i>Modernism târziu.....</i>	<i>61</i>
2.5	Curențe postmoderne.....	62
	2.5.1 <i>High-Tech.....</i>	<i>63</i>
	2.5.2 <i>Postmodernism.....</i>	<i>65</i>
	2.5.3 <i>Deconstructivism.....</i>	<i>65</i>
2.6	Căutări contemporane.....	67
2.7	Concluzii.....	74
3.	CARACTERISTICILE STRUCTURILOR METALICE.....	75
3.1	Fontă, fier forjat, oțel.....	75
3.2	Semifabricate.....	78
3.3	Soluții de îmbinare.....	78
3.4	Componente structurale metalice.....	79
3.5	Forme arhitecturale specifice structurilor metalice ?.....	80
3.6	Dezvoltare pe orizontală.....	81
	3.6.1 <i>Coloane de fier.....</i>	<i>81</i>
	3.6.2 <i>Arce de fier.....</i>	<i>81</i>
	3.6.3 <i>Ferme metalice.....</i>	<i>83</i>

3.6.4	Arce cu tiranți.....	84
3.6.5	Structuri tensionate.....	84
3.6.6	Grinzi cu zăbrele.....	85
3.6.7	Sisteme prefabricate.....	86
3.6.8	Arce cu trei articulații.....	87
3.6.9	Grinzi și stâlpi cu zăbrele.....	87
3.6.10	Dom geodezic; Structuri reticulate spațiale.....	88
3.6.11	Grinzi și stâlpi din profile laminate.....	88
3.7	Dezvoltare pe verticală.....	89
3.7.1	Grinzi din fontă.....	89
3.7.2	Stâlpi și grinzi din fontă; structuri în carcasă de zidărie.....	89
3.7.3	Cadre de fațadă din fontă.....	90
3.7.4	Grinzi din fier forjat; cadre multietajate independente.....	90
3.7.5	Cadre semirigide.....	91
3.7.6	Cadre rigide.....	92
3.7.7	Cadre contravântuite.....	93
3.8	Modelul de interacțiune a influențelor propus de Dooley.....	93
3.9	Concluzii.....	94
4.	FACTORI CULTURALI, FACTORI ECONOMICI, ROLUL TEORIEI.....	97
4.1	Factori culturali.....	98
4.2	Rolul teoriei arhitecturii.....	100
4.3	Factori economici.....	108
4.4	Rolul Teoriei Structurii.....	108
4.5	Modelul constrângerilor propus de Lawson.....	113
4.6	Concluzii.....	114
5.	IMPACTUL STRUCTURILOR METALICE ÎN ARHITECTURĂ.....	115
5.1	Repoziționarea arhitecturii față de structura portantă.....	115
5.2	Impactul structurilor metalice în arhitectura modernă.....	116
5.3	Preluarea și punerea în valoare a potențialului structurilor metalice.....	121
5.4	Dezvăluire, cunoaștere, intuiție, creație - un model al procesului.....	124
5.5	Concluzii.....	126
6.	EXEMPLE REMARCABILE.....	129
6.1	CROWN HALL, IIT, CHICAGO, ILLINOIS.....	129
6.2	SEAGRAM BUILDING, NEW YORK.....	130
6.3	OLYMPIAPARK, MÜNCHEN.....	132
6.4	CENTRE POMPIDOU, PARIS.....	135
6.5	SAINSBURY CENTRE FOR VISUAL ARTS, NORWICH, UK.....	137
6.6	INMOS MICROPROCESSOR FACTORY, NEWPORT, WALES.....	138
6.7	HONGKONG AND SHANGHAI BANK HEADQUARTERS, HONG KONG.....	139
6.8	HYSOLAR INSTITUT, STUTTGART.....	141
6.9	GUGGENHEIM MUSEUM, BILBAO.....	142
6.10	SWISS RE, LONDRA, UK.....	144
6.11	NATIONAL SWIMMING CENTER, BEIJING.....	146
6.12	CENTRAL CHINESE TELEVISION CCTV, BEIJING.....	147
6.13	Concluzii.....	149
7.	STRUCTURĂ METALICĂ ÎN ARHITECTURĂ, UN EXEMPLU PERSONAL.....	151
7.1	Abordarea conceptuală a proiectului la nivel de ansamblu.....	152
7.2	Corpul de clădire existent.....	156
7.3	Corpul nou de cazare.....	158

7.4	Corpul de legătură.....	159
7.4.1	<i>Baze conceptuale.....</i>	159
7.4.2	<i>Soluția arhitecturală 'ideală'.....</i>	159
7.4.3	<i>Soluția structurală 'ideală'.....</i>	160
7.4.4	<i>Componente și dimensiuni structurale impuse.....</i>	161
7.4.5	<i>Detalii de îmbinare structurală impuse.....</i>	169
7.4.6	<i>Alterarea adevărului structural ca soluție de mediere.....</i>	176
7.5	Verificarea dimensionării structurii metalice a corpului de legătură.....	177
7.5.1	<i>Considerații asupra comportării structurii de rezistentă în raport cu evoluția din ultimii ani a normativelor de proiectare (anti)seismică P100 din România.....</i>	178
7.5.2	<i>Stabilirea încărcărilor (încărcări normate):.....</i>	179
7.5.2.1	<i>Permanente ($\gamma_G, \text{sup}=1.1$, $\gamma_G, \text{inf}=0.9$).....</i>	179
7.5.2.2	<i>Variabile.....</i>	179
7.5.2.3	<i>Acțiunea seismică (calculata conform P100/92).....</i>	179
7.5.2.4	<i>Combinatii de încărcări.....</i>	180
7.5.3	<i>Analiza modală.....</i>	180
7.5.4	<i>Analiza statică și dinamică.....</i>	186
7.5.4.1	<i>Deplasări laterale.....</i>	186
7.5.4.2	<i>Eforturi în elementele structurale.....</i>	187
7.5.5	<i>Gradul de eficiență a elementelor structurale.....</i>	192
7.5.5.1	<i>Eficiența stâlpilor O300x10.....</i>	193
7.5.5.2	<i>Eficiența grinzilor UPN 220.....</i>	195
7.5.5.3	<i>Eficiența stâlpilor de fațadă.....</i>	197
7.5.5.4	<i>Eficiența plăcilor de îmbinare grindă-stâlp.....</i>	201
7.5.5.5	<i>Verificarea sudurilor.....</i>	203
7.6	Concluzii.....	204
8.	CONCLUZII.....	209
8.1	Arhitectura modernă, expresie a intuiției.....	209
8.2	Impactul structurilor metalice și procesul de valorificare.....	210
8.3	Importanța unei colaborări de calitate.....	212
8.4	Un proces de proiectare cu final deschis.....	212
8.5	Continuarea cercetărilor; ce ar fi dacă ?	214
8.6	Piele și os sau organism complex ?.....	216
8.7	Pregătire pluridisciplinară sau abordare integrată ?.....	216
8.8	Structura metalică, prezent și viitor.....	217
8.9	Contribuțiile lucrării.....	218
8.10	Rezultate publicate.....	219
	BIBLIOGRAFIE.....	221
	ANEXA 1.....	239
	ANEXA 2.....	307
	ANEXA 3.....	335
	SURSE IMAGINI.....	349

PREFAȚĂ

Impactul structurilor metalice în arhitectura modernă a fost titlul sugerat de îndrumătorul acestei lucrări, prof.dr.ing. Victor Gioncu, atunci când am stabilit împreună direcțiile de studiu pentru o eventuală teză de doctorat. Ideea cercetării impactului structurilor metalice în arhitectură lua în considerare, printre altele, afinitățile mele cu domeniul construcțiilor metalice, pe care am avut ocazia să le descopăr în mare măsură și din punct de vedere practic. Vacanțele din perioada copilăriei petrecute în bună parte aproape de atelierul de lăcătușerie și tinichigerie al bunicului, specializarea din timpul liceului care mi-a prilejuit prima experiență de lucru la termocentrala Mintia (jud. Hunedoara) în cadrul Antreprizei de Construcții Montaj și Reparații Uzine Electrice ca lăcătuș mecanic, experiența din cadrul unei firme de lăcătușerie în construcții din Germania și chiar experiența colaborării din acel moment cu domnul profesor Gioncu în cadrul proiectului Hotel Savoy unde, având rolul de reprezentant tehnic din partea firmei de arhitectură Andreescu & Gaivoronski, am conceput împreună structura metalică a corpului de legătură, au oferit deopotrivă ocazii de a observa pe viu cum se comportă materialul și ce se întâmplă cu el atunci când este pus în operă. Totuși, dincolo de aceste rațiuni, îmi amintesc că în momentul începerii studiului entuziasmul meu nu era parcă pe măsură. Aplecarea mea spre o abordare ecologică a domeniului construcțiilor, o abordare care ia în considerare structura metalică mai degrabă ca soluție extremă, având în vedere, printre altele, gradul de poluare produs de industria siderurgică, dar și experiența limitată în domeniul construcțiilor civile cu structură metalică din țara noastră, contribuiau probabil în egală măsură la scepticismul cu care priveam utilitatea practică a unei asemenea lucrări.

Odată cu trecerea timpului și aprofundarea căutărilor, aveam să descopăr adevăratul potențial al acestei cercetări: acela de a facilita o mai bună valorificare a resurselor în arhitectură și de a evidenția rolul și importanța colaborării interdisciplinare în atingerea acestui deziderat. Cercetarea, cunoașterea și înțelegerea impactului structurilor metalice în arhitectură nu mai reprezentau scopul în sine, ele deveneau instrumente utile în soluționarea unei teme de actualitate.

1. INTRODUCERE - OBIECTIVELE ȘI STRUCTURA LUCRĂRII

1.1 Problema

Conform definiției din *Enciclopedia Britannica* [179], ingineria ca profesie are în vedere aplicarea științei în scopul exploatării optime a resurselor naturale în folosul umanității. Dacă ne referim la ingineria civilă, și mai cu seamă la ramura preocupată de construcția de clădiri, putem spune că scopul exploatării resurselor este acela de a crea omului un mediu cât mai bine adaptat nevoilor. Dar nevoile ființei umane sunt extrem de complexe, iar ponderea lor devine uriașă atunci când sunt abordate clădiri în care oamenii își găsesc adăpost, trăiesc sau lucrează, clădiri aflate în strânsă relație de proximitate, clădiri în context sensibil sau clădiri dedicate programelor culturale (Saint, 2007: 7)[138]. Astfel, mai ales în asemenea condiții, dacă ingineria civilă dorește să valorifice resursele naturale în folosul umanității trebuie să caute să răspundă întregului complex de nevoi asociate omului. Altfel spus, în cazul ingineriei civile, exploatarea optimă a resurselor naturale în folosul umanității impune adresarea întregului complex de nevoi ale ființei umane. În definitiv, măsura valorificării în construcții a potențialului resurselor avute la dispoziție nu este dată de felul în care au fost concepute și realizate construcțiile, ci de aprecierea, uneori profund subiectivă, a celor care intră în contact mai mult sau mai puțin direct cu acestea. Aici ingineria civilă interferează inevitabil cu arhitectura (Bussagli, 2005: 10-188)[23]. O interferență care, timp de peste un mileniu și jumătate a fost gestionată de cel numit generic maestru constructor.

Creșterea preocupării pentru latura umanistă a construirii își are originea în renaștere. Este momentul în care proiectarea construcțiilor se separă de execuție, marcând momentul zero al apariției profesiei de arhitect în forma în care o cunoaștem noi astăzi. Conceperea soluțiilor de valorificare a resurselor s-a desprins atunci de valorificarea propriu zisă.

Apariția ingineriei structurale ca ramură distinctă a ingineriei civile avea să se facă și mai târziu, în secolul XIX, în urma scindării a însăși proiectării construcțiilor. Din acel moment nici măcar conceperea soluțiilor de valorificare a potențialului resurselor nu mai avea să depindă de un singur individ, decât în măsura în care acesta avea capacitatea și cunoștințele necesare pentru a adresa singur întregul complex de probleme asociate ingineriei și arhitecturii. Dincolo de capacitățile individuale a devenit importantă relația (Popovic-Larsen, 2003: 1-4) [126].

Practicând arhitectura în România, este greu să nu observi dificultățile ce există la nivelul relației de colaborare dintre reprezentanții diverselor domenii de specializare ce concură la realizarea construcțiilor. În proiectare, de cele mai multe ori este preferată o abordare liniară, în care factorii care determină deciziile rareori sunt puși în discuție, iar atunci când acest lucru se întâmplă, una dintre specialitățile implicate își impune punctul de vedere aleator, profitând fie de ignoranța și/sau confortul intelectual al interlocutorilor, fie de circumstanțe legate de relația privilegiată cu investitorul. Acest mod de lucru, chiar în condițiile unor abordări nepretențioase, imitative, poate duce cel mult la obținerea unor rezultate

îndoielnice, nicidecum satisfăcătoare sau remarcabile. Viziunea oarecum obtuză, îngustată de insuficiența cunoștințelor interdisciplinare, pare a fi principala cauză a blocajului comunicațional.

Interesant este faptul că acest fenomen se remarcă inclusiv pe plan internațional¹. Cu toate că există diferențe importante privitoare la percepția rolului echipei în realizarea proiectului și a construcției între țările puternic industrializate și cele în curs de dezvoltare, o percepție ameliorată de anii de experiență în domeniul industriei și tehnologiei de vârf (Emam, 2005: 31)[39], se pare că problema comunicării interdisciplinare este universală². Analizând separat comunicarea între specialitățile arhitectură și inginerie structurală, Emam împarte cauzele identificate în trei categorii: predarea nepotrivită a domeniului teoriei structurilor către arhitecți, lipsa de înțelegere și dificultățile de comunicare dintre arhitecți și ingineri, ce par a avea la bază lipsa unui limbaj comun, și viziunea unilaterală cu care tratează problemele fiecare specialitate în parte (Emam, 2005: 23)[39]. Anii petrecuți în învățământul universitar românesc ca student, respectiv asistent universitar, mai exact în cadrul Facultății de Arhitectură și Urbanism a Universității Politehnica din Timișoara, unde predau acum disciplinele Tehnologie, Finisaje, Proiectare Complexă, și am condus atelierul de Proiectare de Arhitectură la anul III de studiu, încercând o abordare mai degrabă deterministă a procesului de proiectare, cu accent pe identificarea factorilor ce pot fi considerați importanți în deciziile luate, nu fac decât să confirme cele constatate de distinșii autori, lipsa de interes a studenților arhitecți pentru disciplinele tehnice fiind simptomatică [180].

Rezultatele colaborării deficitare se reflectă de cele mai multe ori în construcții discutabile, ineficiente sau chiar aberante, incapabile să valorifice la adevăratul potențial resursele disponibile.

Legăturile dintre apariția metalului în cantități mari pe piața materialelor de construcții și dezvoltarea fără precedent a structurilor portante, dintre primele relații de colaborare și nevoia de maximă valorificare a potențialului structurilor metalice, dintre utilizarea structurilor metalice ca nouă resursă și modernizarea arhitecturii, au fost cele care au recomandat studiul impactului structurilor metalice în arhitectură ca potențială sursă de cunoaștere care să ajute o mai bună valorificare a potențialului resurselor în domeniul arhitecturii și la conștientizarea nevoii și avantajelor colaborării de calitate.

Astfel, prin investigarea amănunțita a impactului structurilor metalice în arhitectură, acest proiect și-a propus o mai bună înțelegere a rolului și importanței structurilor portante, ca resursă, în obținerea unui mediu construit adaptat nevoilor complexe ale ființei umane.

¹ Nu există lucrare care abordează domeniul construcțiilor interdisciplinar, care să nu trateze, chiar și în treacăt, problema comunicării dintre specialiști. (Blanc, 1993)[14]; (Mac Donald, 1994)[99]; (Margolius, 2002)[104]; (Charleson, 2005)[28] sunt doar câteva din exemplele edificatoare preluate aici ca sursă bibliografică.

² Parcurgând literatura de specialitate, se poate observa de câțiva ani o preocupare intensă pentru refacerea legăturilor dintre arhitectură și inginerie. „Conceptual structural design: bridging the gap between architects and engineers”, care pentru a atinge acest deziderat, pune accentul pe importanța pe care o are colaborarea în realizarea conceptului structural al clădirii (Popovic-Larsen, 2003)[126], sau „Architect and Engineer - A study in sibling rivalry” (Saint, 2007)[138], care face o analiză istorică profundă a acestei relații, sunt exemple relevante de lucrări care tratează cu mare atenție acest subiect. Un alt exemplu relevant este ciclul de conferințe Structure and Architecture, lansat la Guimarães în 2010 [33],[34], care își propune în scopul refacerii legăturilor facilitarea unei comunicări științifice interdisciplinare.

1.2 Obiectivul

Având ca scop final cunoașterea și înțelegerea impactului structurilor metalice în arhitectură, obiectivul acestei teze va fi să răspundă următoarelor întrebări:

1. Care a fost impactul structurilor metalice în arhitectură?
2. De ce a avut structura metalică impactul pe care l-a avut în arhitectură?
3. Cum pot fi folosite aceste cunoștințe în scopul îmbunătățirii valorificării potențialului structurilor portante în arhitectură?

Pentru aceasta:

Se vor identifica și defini schimbările din arhitectură care pot fi asociate utilizării structurilor metalice și influențele care au determinat apariția acestor schimbări. Se va sugera cum se pot utiliza cunoștințele rezultate în scopul dezvoltării unei arhitecturi capabile să valorifice pe măsură potențialul structurilor portante.

Produsele tezei vor fi:

O foaie de parcurs pentru un proces de proiectare care să ajute punerea în valoare a structurilor metalice în arhitectură pe măsura potențialului.

O definiție de lucru a arhitecturii capabile să dezvăluie și să valorifice pe măsură potențialul structurilor portante.

Un instrument critic care să permită evaluarea arhitecturii din perspectiva valorificării potențialului structurilor portante.

Un material sintetic care să ofere un model și să devină parte a unei materii mai ample de studiu ce ar viza abordarea interdisciplinară a educației din domeniul construcțiilor.

1.3 Ipoteze

Premiza inițială a acestei teze a avut în vedere viziunea deterministă a lui August Choisy: „arhitectura este expresia formei condiționate tehnologic” (Kruft, 1985: 288)[87]. Primele studii privind utilizarea metalului ca element structural în arhitectură aveau să contrazică această ipoteză. Dacă în arhitectura cu structuri din materiale clasice ipoteza unor forme condiționate tehnologic poate fi argumentată, viabilitatea ei în cazul arhitecturii cu structură metalică pare mult mai puțin probabilă. Prima ipoteză de lucru pornește tocmai de la această observație și a fost formulată astfel: *arhitectura cu structură metalică este mai mult decât expresia inevitabilă a utilizării acestor structuri*.

Rezultatele continuării studiului, sintetizate exemplar în afirmația lui Cristian Norberg-Schulz: „arhitectura modernă este o arhitectură a libertății, iar oțelul este coloana ei vertebrală” (Eggen & Sandaker, 1995)[38] aveau să consolideze această ipoteză. Această idee a libertății devenite posibile prin intermediul oțelului, a structurilor metalice, adică tocmai a tehnologiei, contrazicea clar ideea unei condiționării. Mai mult decât atât, la un moment dat a apărut supoziția că arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice este cu totul altceva decât expresia inevitabilă a acestei utilizări. Ipoteza de lucru, care stă la baza definirii impactului structurilor metalice în arhitectură, a fost conturată mai exact în urma evaluării critice a tuturor datelor acumulate în cadrul studiilor desfășurate, și avea să fie formulată complet astfel: *arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice este expresia formei în care*

responsabilii cu luarea deciziilor au intuit că poate fi valorificat cel mai bine potențialul structurilor metalice de a soluționa problemele ridicate de adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

1.4 Metodologia

Această teză se concentrează pe relația dintre dezvoltarea structurii și dezvoltarea arhitecturii. Ea se bazează pe cercetarea impactul structurilor metalice în arhitectură. Probabil pentru înțelegerea adevăratului nivel al complexității problemei relaționării interdisciplinare ar fi fost utilă stabilirea tuturor relațiilor de determinare care pot apărea între specialitățile implicate în domeniul construcțiilor, de la cele care se ocupă de investiție și stabilirea oportunității acesteia, până la cele care au în vedere buna funcționare în perioada utilizării, respectiv postutilizarea, luând în calcul toți factorii sociali, economici, tehnologici și culturali care intervin în ciclul vieții unei construcții. O asemenea abordare ar fi presupus cu siguranță infinit mai mult spațiu decât cel acordat lucrării de față, șansa de a trata superficial subiectul fiind evidentă. S-a considerat mai importantă menținerea ariei de studiu la o zonă relevantă și având o dimensiune abordabilă, cu atât mai mult cu cât, scopul lucrării nefiind unul enciclopedic, tratarea exhaustivă nu era esențială pentru atingerea lui.

Studierea doar a structurilor metalice face dificilă, dacă nu imposibilă, generalizarea concluziilor. O asemenea generalizare ar deveni însă posibilă pe măsura realizării unor studii similare asupra celorlalte materiale structurale (beton armat, lemn, piatră etc.) și asupra relației, ce se întinde pe o perioadă mai scurtă de timp, dintre echipamentele utilizate în construcții și domeniile structurii și arhitecturii. Asemenea studii ar putea întregi foarte bine imaginea interdependenței. Împreună, aceste studii ar putea deveni baza documentară a unei materii ce ia în considerare abordarea interdisciplinară a domeniului construcțiilor în învățământul superior de construcții și arhitectură.

Studiul *impactului structurilor metalice în arhitectura modernă* prezintă următoarele avantaje: dezbateră are loc pe marginea a două dintre cele mai importante discipline implicate în proiectarea construcțiilor, inginerie civilă structurală și arhitectură; perioada de timp în care poate fi urmărită evoluția este relativ scurtă; modificările survenite la nivelul formelor structurale și arhitecturale în această perioadă sunt substanțiale. Ni se oferă astfel oportunitatea analizării unui fenomen viu, în plină desfășurare și cu mare relevanță asupra scopului urmărit.

S-a imaginat inițial că se pot obține răspunsurile căutate prin simpla identificare a caracteristicilor inedite ale structurilor metalice și prin analiza felului în care arhitectura a fost influențată de exploatarea acestor caracteristici de-a lungul timpului. Pe măsura aprofundării studiului, și a conturării primelor ipoteze care puneau la îndoială legătura directă și inevitabilă dintre utilizarea structurilor metalice în arhitectură și schimbările ce au avut loc în arhitectură, devenise evident că o asemenea analiză nu va fi suficientă și că, pentru a putea înțelege felul în care arhitectura a fost influențată de structurile metalice, va trebui căutată o altă abordare, care să permită înainte de toate evaluarea viabilității acestor ipoteze. Pentru ca acest lucru să devină posibil, identificarea și analiza factorilor care influențează luarea deciziilor în arhitectură, indiferent că au sau nu legătură directă cu caracteristicile structurilor metalice, se dovedea inevitabilă.

Abordarea inițială a fost abandonată în favoarea unei metode care are în vedere evaluarea și adaptarea ipotezelor de lucru rezultate în urma studiilor preliminare, în cadrul unor analize detaliate pe direcții de studiu relevante. Astfel, pentru a putea valida, invalida, sau adapta aceste ipoteze, impactul structurilor metalice a fost analizat din mai multe perspective distincte.

Cercetarea s-a concentrat pe identificarea și definirea tuturor acelor schimbări din arhitectură care pot fi considerate a avea legătură cu utilizarea structurilor sau elementelor structurale metalice. S-au avut în vedere: observarea tuturor schimbărilor care au apărut de-a lungul timpului la arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice; excluderea acelor schimbări care ar fi putut apărea și fără a exploata caracteristicile inedite ale structurilor metalice; excluderea acelor schimbări care, deși au devenit posibile datorită utilizării structurilor metalice au depins de decizii ce nu au legătură cu caracteristicile inedite ale structurilor metalice. Schimbările atribuite impactului structurilor metalice sunt cele rămase în urma eliminării acelor schimbări care ar fi putut apărea și fără a exploata caracteristicile inedite ale structurilor metalice și a celor a căror apariție a depins mai degrabă de decizii ce nu au legătură cu structurile metalice. În acest scop, parcurgând istoria arhitecturii, s-a căutat analiza cât mai multor exemple relevante de arhitectură care utilizează structuri sau componente structurale metalice în cadrul diferitelor curente arhitecturale. S-a căutat identificarea schimbărilor apărute în arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice. Pentru a putea exclude acele schimbări care puteau apărea și fără a exploata caracteristicile inedite ale structurilor metalice, s-au identificat și definit caracteristicile structurilor metalice în cadrul unui studiu asupra relațiilor de determinare care există între metal, componente structurale realizate din metal, structuri metalice și arhitectură. Pentru a putea exclude acele schimbări care au fost rezultatul unor decizii care nu au legătură cu structurile metalice, s-au examinat mulțimea de factori care influențează deciziile din domeniul proiectării construcțiilor în cadrul unui studiu dedicat factorilor culturali, factorilor economici și reflecției teoretice din domeniile ingineriei și arhitecturii. Analiza și interpretarea datelor rezultate din aceste studii au permis formularea concluziilor privind impactul structurilor metalice în arhitectură. Pe baza concluziilor privind impactul structurilor metalice în arhitectură, a fost emisă ipoteza finală a tezei privind valorificarea structurilor metalice pe măsura potențialului în arhitectură. Această ipoteză a fost ulterior verificată prin intermediul examinării și evaluării critice a unora dintre cele mai reprezentative exemple de utilizare a structurilor metalice în arhitectura modernă și contemporană. În plus, la finalul lucrării, ipotezele definite și argumentate în cadrul tezei sunt susținute prin intermediul unui exemplu personal de utilizare a structurilor metalice în arhitectură.

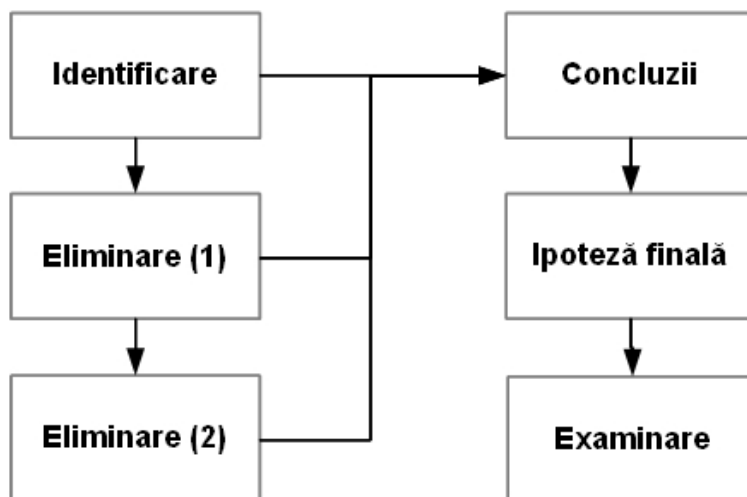


fig.1.4 Schema metodologiei

1.5 Structura lucrării

Capitolul 2., METALUL CA ELEMENT STRUCTURAL ÎN ARHITECTURĂ, prezintă cea mai importantă parte a studiilor privind impactul structurilor metalice în arhitectură de-a lungul timpului. În el se face o analiză a istoriei utilizării metalului ca element structural în arhitectură, cu scopul de a identifica și defini acel complex de schimbări petrecute în arhitectură care pot fi considerate a fi avut legătură cu structurile metalice. Studiile prezentate sintetic în acest capitol au stat la baza formulării primei ipoteze de lucru a tezei de față.

Capitolul 3., CARACTERISTICILE STRUCTURILOR METALICE, identifică și definește caracteristicile specifice structurilor metalice. În prima parte sunt trecute în revistă, evolutiv, materialele, tehnicile de producție, de prelucrare și de îmbinare, arătate consecințele pe care le-au avut asupra formei componentelor și ansamblurilor structurale, și punctate caracteristicile ce pot fi considerate specifice, inedite. Cea de a doua parte este dedicată analizei utilizării formelor structurale ce pot fi considerate specifice structurilor metalice în clădiri, a câtorva variante de adaptare a acestor forme structurale la nevoi utilitare și expresive.

Capitolul 4., FACTORI CULTURALI, FACTORI ECONOMICI, ROLUL TEORIEI, identifică factori care pot fi considerați determinanți în luarea deciziilor din domeniul arhitecturii, factori care pot influența într-o măsură relevantă definirea formei și spațiului în arhitectură. Pe lângă analiza factorilor culturali și economici, este analizat rolul teoriei din domeniile arhitectură și inginerie structurală, rolul abstractizării, a reprezentării simbolice, a reflexiei intelectuale, în preluarea și punerea în valoare a potențialului structurilor metalice în arhitectură. Acest capitol oferă, înainte de toate, datele necesare pentru a putea izola acele schimbări din arhitectură, care puteau fi generate de factori legați strict de utilizarea structurilor metalice.

Capitolul 5., **IMPACTUL STRUCTURILOR METALICE ÎN ARHITECTURĂ**, definește, pe baza rezultatelor obținute în studiile prezentate în capitolele anterioare, impactul structurilor metalice în arhitectura modernă. El prezintă consecințele impactului și modelul procesului prin care potențialul structurilor metalice a ajuns să fie valorificat în arhitectură. Tot în acest capitol este definită relația dintre dezvoltarea structurii și dezvoltarea arhitecturii și este formulată ipoteza finală a tezei.

Capitolul 6., **EXEMPLE REMARCABILE**, verifică viabilitatea ipotezei finale. În acest scop, el examinează și evaluează critic unele dintre cele mai reprezentative exemple de arhitectură modernă și contemporană cu structură metalică.

Capitolul 7., **STRUCTURĂ METALICĂ ÎN ARHITECTURĂ, UN EXEMPLU PERSONAL**, caută să susțină ipotezele definite și argumentate în cadrul tezei din perspectiva experienței de proiectant a autorului. Capitolul prezintă analiza retrospectivă a unui proces de proiectare în cadrul căruia forma structurii metalice s-a conturat în limitele unor *tipare funcționale* extrem de constrângătoare impuse de arhitectură. Prima parte a capitolului are în vedere o descriere detaliată a proiectului, pornind de la întregul complex de premize care au stat la baza soluțiilor structurale propuse, în timp ce partea a doua a se concentrează pe prezentarea componentei de calcul structural, a combinațiilor de încărcări luate în considerare, a verificărilor efectuate în programul AXIS V.M. și a diagramelor rezultate.

Capitolul 8. **CONCLUZII**, care sintetizează principalele rezultate ale cercetării și contribuțiile personale ale autorului, prezintă propuneri generale pentru o mai bună valorificare a potențialului structurilor metalice în construcții. De asemenea, include sugestii pentru continuarea cercetărilor.

Anexa 1 prezintă imaginile ce ilustrează capitolul 2..

Anexa 2 prezintă imaginile ce ilustrează capitolul 3..

Anexa 3 prezintă planșele ce ilustrează capitolul 6..

1.6 Surse bibliografice, stadiul actual al cercetărilor

Teza de față are în vedere trei direcții principale de studiu:

- Structuri metalice în arhitectură;
- Relația dintre structură și arhitectură;
- Factori care determină deciziile în proiectarea construcțiilor.

După cunoștințele autorului tezei, nu există studii al căror obiectiv declarat să fie evaluarea influenței structurilor metalice asupra arhitecturii. Cu toate acestea majoritatea lucrărilor dedicate structurilor metalice care își propun o tratare interdisciplinară a domeniului construcțiilor, dar mai cu seamă cele din ultima perioadă, ating acest subiect cel puțin la nivelul capitolelor care abordează istoricul. O mare relevanță asupra subiectului au și studiile care vizează relația dintre structurile portante și arhitectură. În cadrul acestora structurile metalice primesc o importanță aparte, date fiind schimbările la nivel de formă și spațiu apărute odată cu utilizarea noului material structural.

STRUCTURI METALICE ÎN ARHITECTURĂ

Din momentul intrării lor pe piața construcțiilor, despre structurile metalice, despre problemele legate de proiectarea și execuția acestora, s-au scris texte care ar putea umple o bibliotecă. Inițial acestea erau cuprinse în publicații dedicate în egală măsură tuturor celor implicați în industria construcțiilor, interesul major fiind

legat de preluarea potențialului utilitar și mai puțin de eventuale dezbateri privind punerea în valoare a calităților expresive. Interesant de observat că, de la *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* (Paris, 1802-17)[134] a lui Jean-Baptiste Rondelet, reeditată de 17 ori, „O sursă importantă dacă se trasează progresul tehnic al fierului către locul intrinsec din construcțiile de astăzi ...”, prima carte ce vorbește despre fier ca material de construcție autonom, până la lucrarea în patru volume *Allgemeine Baukonstruktionslehre* de G.A. Breymann (1853), din care un întreg volum: *Konstruktion in Eisen* (ulterior *Konstruktion in Metall*) este dedicat acestui material „... care treptat părea să fie acceptat ca egalul pietrei (zidăriei) și lemnului.”, a existat o evidentă rețineră a arhitecților în aprecierea potențialului expresiv al structurilor metalice (Schulitz, 1999: 16-18)[141]. Acest lucru devine manifest fie în aserțiunile critice cu privire la exprimarea fierului ca atare, fie în evitarea prezentării reușitelor extraordinare din domeniul ingineriei în cărțile dedicate arhitecturii. Comentariul „aproape resemnat” din introducerea făcută de Otto Königer ediției a VI-a a cărții lui Breymann (1910), poate fi considerat relevant în exprimarea poziției arhitecților față de structurile metalice la momentul respectiv: „La exterior fierul rămâne [...] ascuns privirii în toate clădirile noastre importante, în aceeași măsură în care lemnul a fost exclus în trecut.” (preluat din Schulitz, 1999: 18)[141]

Cu toate reținerile existente, până la sfârșitul secolului XIX se poate vorbi încă de o tratare preponderent interdisciplinară a domeniului construcțiilor metalice. Perioada ce a urmat avea să asiste în schimb la o tendință de separare a scrierilor în publicații de specialitate, Schulitz vorbind chiar de apariția treptată a „unui gen de barieră lingvistică” (Schulitz, 1999: 16)[141].

O primă reluare a abordării interdisciplinare avea să se reflecte în cartea lui Alfred Hawranek apărută în 1931: *Der stahlskelettbau mit berücksichtigung der hoch- und turmhäuser*, adresată în egală măsură arhitecților și inginerilor. După cel de-al doilea război mondial, revenirea interesului pentru scrieri despre structuri metalice ce iau în considerare construcția ca întreg, este relevat în cartea scrisă de Konrad Gatz și Franz Hart: *Stahlkonstruktionen im Hochbau*, apărută în 1966. Opt ani mai târziu, în 1974, același Franz Hart, împreună cu Walter Henn și Hansjürgen Sontag, publică o primă ediție a *Stahlbauatlas*, a cărei ediții revizuite din 1982, tradusă în șapte limbi, avea să devină norma de referință a acelei perioade (Schulitz, 1999: 19)[141].

Lucrările majore din ultimii ani, care tratează explicit problema structurilor metalice în raport cu arhitectura, încep cu: *Architecture in Steel - The Australian Context* (Ogg, 1987). *Construire en Acier* (Gautray, 1993), *Architecture and Construction in Steel* (Blanc, 1993)[14], *Stål, struktur og arkitektur* (Eggen & Sandaker, 1995)[38], *Stahlbau-Atlas* (Schulitz, 1999)[141] reprezintă abordări oarecum similare, mai mult sau mai puțin consistente structurate, ce vizează zone geografice, sau cel mult puncte de vedere culturale, diferite. Dintre acestea, dată fiind actualitatea, tratarea sistematică, relevanța datelor și afinitățile lingvistice, ultimele trei au fost luate în considerare ca principale surse bibliografice. Principalele informații legate de proprietățile materialelor, formele structurale și raportul (tehnic) care a existat între acestea și construcție, majoritatea verificate din surse alternative, au fost furnizate de aceste lucrări.

Architecture and Construction in Steel este o carte extrem de bogată în informații, care acoperă toată problematica construcțiilor metalice, de la structură (material, principii de alcătuire și probleme de execuție), până la finisaje și poziționarea echipamentelor, relevând de fapt starea de moment a construcțiilor cu

structură metalică din Marea Britanie și America de Nord din anii 90'. Fiind rodul muncii a 29 de autori, ea se prezintă ca un colaj de texte „... care cercetează practica contemporană dar oferă suficiente referințe istorice pentru a interesa și pe restaurator fie el arhitect sau inginer.” (Blanc, 1993: xv)[14]. Adresată în egală măsură practicienilor sau studenților, își propune rezolvarea prin informare a neînțelegerilor ce apar între ingineri și arhitecți din cauza diferențelor conceptuale care stau la baza proiectării în domeniile aferente. Această idee a însușirii informației, ca mijloc de rezolvare a neînțelegerilor apărute între specialiști, a fost preluată în cadrul acestei teze, devenind punctul de pornire în stabilirea obiectivului.

Stahlbau-Atlas este cartea care a stat la baza studiului nostru, devenind prima lectură consacrată aprofundării domeniului construcțiilor cu structură metalică și prima sursă a reperelor bibliografice. Așa cum putem deduce din titlul ediției în limba engleză (*Steel Construction Manual*), ea poate fi considerată un adevărat manual al construcțiilor cu structură metalică, atât pentru arhitecți cât și pentru inginerii interesați de abordarea interdisciplinară. Interesul declarat al autorilor a fost demonstrarea „sintezelor dintre proiectare și construcție” (Schulitz, 1999: 7) [141], ținând cont de toată paleta determinărilor ce pot apărea în astfel de construcții, de la natura materialului, până la probleme legate de execuție. Din dorința exprimată de a depăși nivelul unei simple relatări a actualității în domeniu, ne este prezentat un discurs care pornește de la premiza existenței unor forme de construcție „potrivite scopului”. În prefața lucrării ni se atrage atenția asupra naturii pragmatice a acestui scop: reducerea consumului de material și a consumului tehnologic (idem)[141]. Criteriul conform căruia evoluția istorică nu este tratată în acord cu categoriile de folosință, ci conform principiilor constructive (idem)[141], a fost adoptat în organizarea capitolului 03 al acestei teze.

Ambele lucrări, de o mare amploare și consistență, tratează structura metalică în raport cu arhitectura oarecum neutră, pornind de la relațiile impuse de tehnologie. În aceste condiții, atunci când se vorbește de determinări, acestea par a avea mai degrabă sens unic: dinspre structură spre arhitectură.

Oferind o cantitate ceva mai redusă de informații, concentrată însă pe subiectul relației structură-arhitectură, **Stål, struktur og arkitektur** (*Steel, Structure and Architecture*), este o carte care reușește „să aducă materialul mai aproape de cititor”, să îl îndemne să folosească potențialul funcțional, tehnologic și formal oferit de acesta (Eggen & Sandaker, 1995: 9)[38]. Spre deosebire de cele două titluri prezentate mai sus, **Stål, struktur og arkitektur** ia în considerare efectul structurilor metalice în arhitectură la toate nivelurile, de la mobilier la sculptură și obiecte de design, fără să neglijeze totuși abordarea estetică a unor construcții ce pot fi considerate de mulți un domeniu prin excelență al ingineriei: podurile. Putem observa că, deși nu își declară intenția, această carte atinge foarte consistent problema impactului structurilor metalice în arhitectura modernă, aserțiunile făcute de Christian Norberg-Schulz în introducerea fiind de o mare relevanță în acest sens:

Arhitectura modernă este o arhitectură a libertății, iar oțelul este coloana ei vertebrală. [...] principiile de bază ale arhitecturii moderne [sunt]: 'plan liber' și 'structură clară'.” (Eggen & Sandaker, 1995: 10)[38].

Ce înseamnă structura clară în zilele noastre și dacă mai este de actualitate în arhitectura contemporană, sunt teme care merită puse în discuție. Dincolo de ideile extrem de valoroase, influența majoră a acestei lucrări avea să fie prezentarea, tratarea sintetică și folosirea unui limbaj familiar, relaxat, reprezentând exemple de abordare pentru teza de față.

RELAȚIA DINTRE STRUCTURĂ ȘI ARHITECTURĂ

Studiile generale dedicate relației dintre structură și arhitectură se apropie și mai mult de domeniul nostru de interes. Dintre acestea am luat în considerare în primul rând două titluri a căror excepțională calitate confirmă cartea de vizită a autorilor: *Structure and Architecture* (MacDonald, 1994)[100] și *Structure as architecture* (Charleson, 2005)[28]. Ambele pun problema relației dintre structură și arhitectură dintr-o perspectivă generală, ce cuprinde toate materialele structurale.

Structure and Architecture a contribuit mult la clarificarea problemelor abordate în această teză, inclusiv a celor legate de relația arhitect-constructor-inginer luate în discuție în ediția din 2001. Tema majoră a cărții este relația dintre proiectarea de arhitectură și proiectarea structurilor, cu accent pe cerințele structurale. Premiza este aceea a egalității dintre structură și arhitectură, MacDonald punând accentul pe ideea contribuției „esențială și subevaluată” a ingineriei structurale la tradiția arhitecturală (MacDonald, 1994: vii)[100]. Dacă informațiile neutre, extrem de valoroase, au ajutat enorm în formarea unor opinii globale asupra relației dintre structură și arhitectură, scutind multe căutări, această tratare mai degrabă unilaterală a fost evitată de principiu în teza de față.

Structure as architecture este o carte care analizează potențialul expresiv al structurii, insistând pe importanța valorificării acestuia, cu scopul declarat de a motiva interesul studenților arhitecți în această disciplină. Deși ia în considerare doar clădiri contemporane, se apropie de tema majoră a studiului nostru prin felul în care leagă structura de arhitectură. Așa cum anunță titlul, accentul se pune pe rolul arhitectural (expresiv) al structurii, alegerea și prezentarea exemplurilor, toate cu structură expusă, concentrându-se deopotrivă pe acest aspect. Încă din prefață se poate reține ideea călăuzitoare: „Acolo unde structura contribuie din punct de vedere arhitectural, altfel decât în rolul ei principal portant, ea contribuie cu încă un strat la bogăția estetică și funcțională a proiectului. Ea crește interesul și bucuria clădirilor, îmbunătățește utilitatea și ridică spiritul ocupanților săi.” (Charleson, 2005: vii)[28]. Fără a ne propune să negăm aceste păreri de un incontestabil bun simț, în studiul nostru am dorit să eliminăm inițial asemenea opinii care am considerat că pot avea un efect limitativ. Astfel am acceptat ca validă inclusiv premiza unui rol „secundar” al structurii în cadrul arhitecturii. Nici ideea lui Charleson de a provoca arhitectii „să proiecteze structuri ei înșiși” (Charleson, 2005: vii)[28] nu o considerăm greșită dar, având în vedere complexitatea problemelor ridicate în cele mai multe clădiri contemporane, avem în vedere mai degrabă varianta unor specialiști, chiar cu pregătire pluridisciplinară, care să fie capabili să ofere răspunsuri valide în primul rând problemelor din cadrul specialității. Am considerat esențială capacitatea de a colabora și mai puțin cea de a cuprinde individual toată problematica. Posibilitatea și chiar existența unor excepții remarcabile (ex. Calatrava³) rămâne în permanență deschisă.

Spre deosebire de aceste două lucrări, teza de față evită atât premiza unei esențiale contribuții „arhitecturale” a structurii cât și necesitatea expunerii acesteia ca mijloc al valorificării. Prin intermediul acestui studiu ne-am dorit mai degrabă să aflăm dacă contribuția a fost esențială sau nu și în ce măsură acest gen de contribuție mai este de actualitate. Am căutat să observăm ce s-a întâmplat de-a lungul timpului atât în perioada în care decorativismul acoperea complet orice urmă

³ Santiago Calatrava Valls, născut în 28 iulie 1951, arhitect, inginer, sculptor, renumit mai ales pentru capacitatea de a „combina soluții ingineresti avansate și expresii vizuale dramatice” [181]

de expresie structurală, cât și în culmea perioadelor de deconstrucție când, deși uneori expusă ostentativ, structura era departe de a oferi echilibru spiritului.

O disertație cel puțin interesantă asupra relației dintre structură și arhitectură ne oferă ***On Span and Space*** a lui Bjørn Normann Sandaker, carte care publică ideile unei teze de doctorat susținute de autor în anul 2000 (Sandaker, 2008)[139]. În opinia lui Sandaker, împărtășită de noi întru totul, se poate vorbi de o valoare estetică a structurilor indiferent de nivelul de expunere, în funcție de adaptarea formei structurale la nevoile spațiale. Pentru a evalua valoarea estetică, Sandaker dezvoltă un întreg mecanism critic, pe care îl exemplifică ulterior pe cele mai diverse cazuri. Această lucrare ne-a ajutat în bună măsură, atât la definirea unor termeni esențiali din cadrul capitolului dedicat caracteristicilor structurale, cât și la formularea unor opinii critice privind exemplele studiate. În plus față de ideile prezentate în această lucrare, teza de față pune accent pe adaptarea formei structurale la nevoile spațiale ca premiză esențială a valorificării structurii pe măsura potențialului.

Dincolo de gradul de apropiere de tema noastră, nici una din lucrările consultate nu atinge într-o măsură consistentă și relevantă problema impactului structurilor metalice în arhitectură, sau problema 'mecanismului' preluării și punerii în valoare a potențialului structurilor metalice în arhitectură.

Ciclul de conferințe *Structures and Architecture*, (Cruz, 2009, 2013)[33], [34] început relativ recent evidențiază creșterea interesului pentru domeniul relației dintre structura portantă și arhitectură. Acest ciclu de conferințe a jucat cel mai important rol în obținerea rapidă a unei imagini de ansamblu asupra domeniului. Mai mult decât atât, cea de a doua și ultimă ediție din 2013 a oferit șansa diseminării unei părți din rezultatele acestei teze prin intermediul articolului „The role of architectural theory in exploiting the potential of iron load-bearing structures” dedicat rolului jucat de teoria arhitecturii în valorificarea potențialului structurilor metalice.

Pentru date legate de relația dintre inginerii civili proiectanți de structuri și arhitecți a fost consultată în primul rând cartea lui Andrew Saint Architect and Engineer - A Study in Sibling Rivalry (2007)[138], care sintetizează într-o manieră remarcabilă istoricul relației dintre cele două profesii.

Toate titlurile menționate până acum abordează mai mult sau mai puțin direct probleme specifice legate de relația dintre structură și arhitectură. Pentru a completa informațiile oferite de acestea cu datele necesare atingerii propriului obiectiv, a fost nevoie de consultarea unor surse bibliografice din domenii conexe.

FACTORI CARE DETERMINĂ DECIZIILE ÎN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR

Lucrarea care a inspirat în cea mai mare măsură cercetarea noastră a fost teza de doctorat a lui Sean Dooley: ***The Development of material-adapted structural form*** (Dooley, 2004)[37]. Ideea că există forme structurale adaptate materialului a fost luată în considerare în identificarea și definirea caracteristicilor structurilor metalice. Mai mult decât atât, cunoștințele rezultate din capitolul 4 al tezei lui Dooley, „Influences on the Development of Structural Materials and Form” au ajutat completarea studiului nostru privind factorii care influențează deciziile din domeniul proiectării construcțiilor. Modelul de găsire a formei prezentat la finalul aceluiași capitol formează baza conceptuală a procesului de proiectare cu final deschis propus de noi pentru o mai bună valorificare a potențialului dezvoltării structurilor portante.

Cărțile lui Brian Lawson *How Designers Think* și *What Designers Know* au oferit informații foarte valoroase legate de gândirea proiectivă, de felul în care se iau deciziile în domeniul proiectării.

Domeniul istoriei reflecției teoretice a fost acoperit în cea mai mare parte de: *A history of architectural theory: from Vitruvius to the present* (Kruft, 1994) [87], *Architectural theory: from the Renaissance to the present* (Evers, 2003)[40] și *Architecture theory since 1968* (Hays, 1998)[64] pentru arhitectură și *Developments in structural form* (Mainstone, 1975)[101] și *The history of the theory of structures: from arch analysis to computational mechanics* (Kurrer, 2008) [88] pentru structurile portante.

Un rol important în conturarea unei imagini generale asupra domeniului mai larg al istoriei ingineriei civile și construcțiilor l-a avut cartea lui Bill Addis: *Building: 3000 Years of Design Engineering and Construction* (2008)[4].

ALTE SURSE

Cărțile din domeniul istoriei arhitecturii: *A History of Architecture* (Fletcher, 1896)[45], *Architecture: Nineteenth and Twentieth Centuries* (Hitchcock, 1958)[70], *European Architecture in the 20th Century* (Whittick, 1974)[172], etc. au furnizat informații esențiale legate de stilurile arhitecturale și exemplele studiate. Cea mai mare parte din opiniile critice la adresa valorii stilistice sau relevanței exemplurilor sunt preluate din aceste lucrări. Cărțile unor autori consacrați precum: Giedion, Frampton, Jencks, Puglisi, etc. au completat aceste informații cu opinii critice exprimate prin prisma unor abordări complexe și extrem de variate, ce iau în calcul deopotrivă contextul social-cultural și tehnico-economic în care s-a dezvoltat arhitectura.

Site-uri enciclopedice precum *britannica* (www.britannica.com), *answers* (www.answers.com) sau *wikipedia* (www.wikipedia.com) au contribuit ca un foarte bogat și divers izvor de informații privind arhitecturii și inginerii luați în discuție.

În afara celor expuse aici, titlurile menționate în bibliografia generală au fost consultate fie pentru aprofundarea unor subiecte sau obținerea unor opinii alternative, fie pentru completarea datelor privind exemplele studiate cu informații relevante legate de subiectul și obiectivul declarat al tezei.

După cum se poate observa, lucrarea de față are la bază informații cuprinse în cărți sau alte surse literare, studiul bibliografic reprezentând principala formă de documentare. Pentru veridicitatea informațiilor s-a încercat de fiecare dată consultarea unor surse alternative, citatele critice fiind preluate de preferință de la autori consacrați. Deși am avut ocazia analizei directe în cazul unor exemple prezentate, analize care mi-au permis confruntarea realității cu datele oferite de literatură, nu se poate vorbi de o întreprindere sistematică în acest sens. În cadrul demersului de documentare s-a propus atingerea unui nivel acceptabil de înțelegere a fenomenelor studiate prin accesarea uriașei cantități de informații disponibile în textele, mai mult sau mai puțin disparate, publicate în domeniile arhitecturii și ingineriei structurale, analiza calitativă a acestor fenomene având ca scop formularea unui punct de vedere plauzibil, sintetic, asupra obiectivului declarat. Dat fiind că acest gen de analiză nu poate elimina complet o anumită doză de subiectivism, trebuie menționat că lucrarea de față este expresia opiniei unui arhitect, marcată de experiența acumulată în 15 ani de activitate desfășurată în Timișoara, România în domeniile proiectării și învățământului de arhitectură.

1.7 Cuvinte cheie

Pentru a reduce posibilitatea unor interpretări greșite, dorim să clarificăm pe scurt înțelesul pe care îl vor avea în continuare câteva cuvinte cheie folosite în cadrul lucrării. Am preferat o abordare în ordinea apariției lor în text și nu în ordine alfabetică, din dorința unei mai bune relaționări conceptuale.

Structura, cu referire la structura portantă, va defini strict *partea fizică a clădirii care rezistă încărcărilor ce acționează asupra și în cadrul ei*, mai precis, acea parte a clădirii care transmite încărcările la care aceasta este supusă (Schulitz 1999: 168)[141], de la punctul în care apar la terenul pe care pot fi descărcate (Sandaker, 2008: 1)[139].

Deși **metal** reprezintă generic toate elementele chimice cu proprietăți fizice specifice precum: luci caracteristic, bună conductivitate termică și electrică, ductilitate și maleabilitate [182], vom avea în vedere *în special aliajele fier-carbon - fier forjat, fontă și oțel* - celelalte metale fiind mai puțin relevante în determinarea schimbărilor formale de la nivelul structurilor portante din domeniul construcțiilor și astfel, foarte puțin relevante pentru studiul de față.

Atunci când vorbim de **arhitectură**, avem în vedere în special *spațiul și forma ca rezultat fizic, material, al edificării, luând în considerare un proces intențional, controlat din faza de concepție până în cea de execuție*, cu referire la clădire ca întreg, ca ansamblu complex, alcătuit din mai multe subsisteme: structură portantă, anvelopă, instalații și echipamente, amenajări interioare, etc. (Schulitz, 1999: 168)[141]. Dincolo de aceasta, pornind de la definirea construcției ca *rezultat al adaptării mediului la nevoile ființei umane* (vezi cap. 4.), arhitectura a fost definită ca *o construcție care satisface nevoile ființei umane în toată complexitatea lor*. Referirile la *domeniul arhitecturii*, pot integra în egală măsură latura fizică, materială și teoretică, conceptuală a disciplinei.

Arhitectură modernă va fi considerată acea arhitectură (în accepțiunea de mai sus) care nu are ca principali factori determinanți curente istorice și raportarea la acestea.

Atunci când vorbim de **funcțiune** în general, avem în vedere *funcția, rolul, sarcina, pe care o are de îndeplinit edificiul sau componente ale acestuia, la nivel de întreg sau de detaliu, luând în considerare deopotrivă aspecte de tip utilitar, spiritual, expresiv sau structural*. În măsura în care se fac referiri specifice la unul dintre aceste aspecte, ele vor fi semnalate prin sintagmele: *funcție utilitară* - dacă ne referim la rol utilitar sau sarcini impuse de nevoi de utilizare; *funcție expresivă* - dacă ne referim la rolul simbolic, expresiv sau sarcini impuse de nevoi simbolice, expresive; *funcție structurală* - dacă ne referim la rol portant sau sarcini impuse de nevoi structurale.

Prin **nevoie** (*nevoi*) vom înțelege ceea ce este (absolut) trebuincios, cerință ce are caracter imperios, diferită de dorință, de ceea ce are caracter de aspirație, năzuință; în cadrul nevoilor vom include, atunci când sunt percepute ca având caracter imperios, și nevoi spirituale, de expresie, de reprezentare sau de frumos.

Prin **sarcină** (*sarcini*) vom înțelege aici *specificație, cu referire la definirea precisă a unei cerințe (de performanță), definirea precisă a unei condiționări, a unui raport de dependență* (se ia în considerare că prin sarcini se caută descrierea detaliată, cât mai precisă a cerințelor, condițiilor de care depinde satisfacerea nevoilor; în această condiție sarcina se poate considera îndeplinită dacă răspunsul este corespunzător, dacă răspunde cerințelor, satisface condițiile). Avem în vedere de asemenea că *sarcini bine formulate* se referă la sarcini care menționează precis

doar acele condiții de care depinde crucial satisfacerea nevoilor, lăsând libere toate opțiunile care nu se cer a fi impuse.

Conceptul de **tipar funcțional**, preluat de la Dooley (2004, 12), nu se va rezuma aici la ideea de unealtă, de model grafic, ci va avea înțelesul mult mai larg și mai abstract de contur limitativ, impus de ceea ce am numit noi, pornind de la ideile lui Lawson (1980, 202-203), *constrângeri critice* (vezi 8.4) impuse de nevoile care stau la baza edificării.

Prin **mijloc** (*mijloace*) vom înțelege totalitatea celor necesare pentru realizarea unui scop (scopul va fi considerat aici îndeplinirea sarcinilor).

Când vorbim de **proprietăți structurale** ale materialelor ne referim la capacitatea acestora de a rezista diferitelor tipuri de încărcări (compresiune, întindere, moment de încovoiere sau forță tăietoare) și nu în mod necesar la rezistența absolută (Sandaker, 2008: 40)[139].

Când vorbim de **proprietăți geometrice** ale materialelor ne referim la forma geometrică pe care tind să o adopte materialele structurale (materiale liniare/modulare, din care se realizează structuri scheletale, sau materiale de suprafață/masă, capabile să formeze structuri solide, continue) (Sandaker, 2008: 41)[139].

Dacă ne referim la **proprietăți tehnologice** ale materialelor avem în vedere posibilitățile de procesare și prelucrare (secțiuni, lungimi, îmbinări posibile) (Sandaker, 2008: 41)[139].

Eficiența structurală va avea în vedere raportul dintre încărcarea preluată și greutatea materialului, componentei sau ansamblului structural folosit. "Cu cât mai mare raportul rezistență-greutate, cu atât mai eficient ..." (Sandaker, 2008: 58) [139].

Eficiența tehnologică va avea în vedere consumul tehnologic⁴ necesar pentru obținerea componentei sau ansamblului structural, luând în considerare atât producția de materiale cât și procesul de execuție.

Componenta structurală va defini acea parte a sistemului structural, formată sau nu din mai multe elemente, care poate exista și prelua încărcări ca entitate independentă (arc, grindă, cupolă, fermă, etc.).

Soluția structurală de ansamblu va defini o combinație a mai multor componente structurale identice sau diferite, ce are ca scop obținerea unei structuri portante adaptate unor cerințe funcționale mai mult sau mai puțin complexe.

Forma globală se va putea referi în egală măsură la forma componentei structurale sau soluției structurale de ansamblu, reprezentând "... caracteristica formală de ansamblu a sistemului structural" (Sandaker, 2008: 33)[139]

Forma locală se va referi la caracteristica formală de detaliu, luând în considerare un nivel de percepție local, în care contează atât proporția (Sandaker, 2008: 34)[139] cât și eventualele subdiviziuni, fie ele elemente, conexiuni, rigidizări sau alte părți asemănătoare (Dooley, 2004: 10)[37].

⁴ sub toate aspectele sale, vezi (Sandaker, 2008)[139]

2. METALUL CA ELEMENT STRUCTURAL ÎN ARHITECTURĂ

Prin analiza utilizării metalului ca element structural în arhitectură se propune identificarea și definirea schimbărilor ce au avut loc în arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice. Pentru a profila imaginea utilizării structurilor metalice în arhitectură, abordarea istorică, în raport cu stilurile arhitecturale, a fost considerată cea mai potrivită. Identificarea folosirii unor structuri sau componente structurale metalice în cadrul curentelor arhitecturale permite evidențierea formei în care metalul, ca element structural, apare în cadrul construcțiilor sau chiar a curentelor, a rolului pe care îl primește (sau nu) în definiția stilistică. Devine astfel posibilă conturarea unei prime opinii asupra importanței prezenței structurilor metalice în arhitectură, a raportului care se naște între structura metalică și arhitectură, și chiar a poziției pe care omul, societatea, mediul cultural, prin reprezentanții săi desemnați (arhitecți, ingineri sau alți specialiști din domeniul construcțiilor) au avut-o față de structura metalică de-a lungul timpului.

2.1 Perioada dinaintea revoluției industriale

Fără a putea vorbi de o utilizare ca material de construcție autonom, metalul este folosit în structura diverselor edificii din cele mai vechi timpuri. În **Antichitatea clasică** (sec.VîCh.-VdCh.), agrafe și știfturi⁵ din fier, turnate în plumb, aveau rolul de a ameliora conlucrarea blocurilor mari de piatră din care se zideau, fără mortar, cele mai importante construcții (Fletcher, 1896: 28)[45].

În **Arhitectura Greciei Antice** sistemul se regăsește atât la construcțiile militare⁶ cât și la cele de cult. Parthenonul (*fig.2.1a*), principalul templu dedicat zeiței Athena, construit între anii 447-438îCh. de către arhitecții Ictinos și Callicrates, sub supervizarea sculptorului Fidias, considerat culmea dezvoltării ordinului Doric [184], reprezintă probabil cel mai cunoscut exemplu din perioada respectivă care folosește un asemenea sistem constructiv⁷.

Aceeași tehnică a legării blocurilor de piatră cu agrafe din fier este prezentă și în **Arhitectura Imperiului Roman** (Adam, 1989: 96)[2]. Pont du Gard (sfârșit sec.IîCh sau început sec.IdCh.) din Nîmes, Franța (*fig.2.1b*), „cel mai înalt apeduct construit vreodată de Romani ...”, este zidit folosind acest sistem: "Cele două rânduri de jos sunt așezate fără mortar, blocurile fiind asigurate cu agrafe de fier." (Langmead, 2001: 254)[89]. La construcția Colosseumului (69-223dCh.) (*fig.2.1c*), uriașul amfiteatru ce putea prelua 48.000 de spectatori (John, 1994: 4)[78], poate cel mai cunoscut edificiu al Romei antice, blocurile de travertin „... erau fixate laolaltă cu agrafe metalice pentru a forma ziduri concentrice eliptice." (Langmead,

⁵ în engleză „clamps and dowels”

⁶ În *Istoria războiului peloponesiac*, Thucydides descrie folosirea acestei metode la construcția zidurilor Atenei: "... great stones hewn square and fitted together, cramped to each other on the outside with iron ..." (Thucydides: 92)[155]

⁷ cercetări asupra pieselor din fier folosite la construcția Parthenonului relevă un material cu o deosebită rezistență la coroziune (Varoufakis, 1992: 1-18)[161]

2001: 254)[89] Se estimează că dincolo de cele 100.000 mc de blocuri de travertin s-au folosit 300 de tone de agrafe din fier[185].

Secole mai târziu, în estul continentului european, tot fierul avea să fie folosit la preluarea împingerilor laterale cauzate de bolțile și cupolele de mari dimensiuni. O parte din soluțiile care reflectă nivelul la care erau înțelese principiile structurale în **Arhitectura Imperiului Bizantin** (300-1453), soluții ce aveau să influențeze major Arhitectura Evului Mediu vest-european, a Renașterii și chiar a Imperiului Otoman, după cucerirea de către turci a Constantinopolului, sunt dezvăluite de Catedrala Hagia Sofia (532-537) (*fig.2.1d*), a cărei principali proiectanți, Anthemius din Tralles și Isidor din Milet, „... au fost [în mod] neobișnuit, academicieni de frunte ce erau nu doar familiari cu Arhimede ci [de asemenea] maștrii ai tuturor celorlalte teorii ale momentului.” (Mainstone, 1975: 319)[101]. Agrafe din fier leagă aici blocurile de marmură pe care descarcă uriașa cupolă, în așa fel încât să formeze o centură perimetrală continuă, în timp ce tiranți din fier forjat ajută la preluarea împingerilor rezultate în marile bolți cilindrice (Mainstone, 1988: 70-71)[102].

Dacă **Arhitectura romanică** (sec.X-XII), caracteristică primei perioade a Evului Mediu vest-european, ce folosește un sistem constructiv bazat pe ziduri masive, simetrie a planurilor și contraforți puternici pentru preluarea împingerilor laterale determinate de arce, și mai târziu bolți cilindrice, nu necesita în mod special utilizarea fierului în cadrul structurilor portante, **Arhitectura gotică** (sec.XII-XVI), este inimaginabilă fără acest material (Schulitz, 1999: 10)[141]. Ea devine de altfel principala beneficiară a cuceririlor acelei prime revoluții industriale ce s-a consumat în perioada Evului Mediu (Gimpel, 1975)[58]. În construcțiile gotice, bare din fier forjat primeau rolul de stabilizator al blocurilor din piatră ce formau ferestre și diverse traforuri, în timp ce tiranți și lanțuri din același material aveau sarcina de a reduce suplimentar încărcările din structurile zvelte cu arce și bolți (Schulitz, 1999: 10)[141], a căror împingeri laterale, diminuate de forma ogivală, erau preluate de spectaculoasele arce butante. O mostră de inventivitate din acea perioadă ne oferă Catedrala Salisbury (1220-1258⁸) (*fig.2.1e*) al cărei turn "este o ingenioasă structură compozită cu parament de piatră așezat pe un schelet din lemn legat la bază cu benzi din fier pentru a rezista întinderii" [187]. Un exemplu mai puțin fericit îl prezintă Chapter House (*fig.2.1f*) de la Westminster Abbey construită între anii 1245-55 în care soluția inovatoare, mai degrabă curioasă, dovedește în bună parte neînțelegerea felului în care lucrează acest material: un sistem de armare din fier în formă de umbrelă, era înglobat în zidărie cu scopul de a împiedica pereții să se distanțeze (Gimpel, 1975)[58]. Dată fiind ineficiența, structura a trebuit refăcută complet în secolul XIV (idem)[58]. Importanța acestor perioade de căutări este redată remarcabil în cuvintele lui Gimpel: „Este greu de imaginat evoluția spectaculoasă din domeniul construcțiilor secolului XIX fără experiența [și eșecurile] acestei perioade de inovații în care era pusă în valoare baza energetică constituită de apă și lemn” (Gimpel, 1975)[58].

Revenirea în timpul **Renașterii** (sec.XV-XVI), mai degrabă din motive ideologice decât funcționale [187], la cupola din perioada Antichității clasice romane [sau mai curând la cupola de influență islamică sau bizantină, în lipsa betonului a cărei știință s-a pierdut după căderea imperiului roman] a cerut de asemenea utilizarea fierului ca element de consolidare. Cele mai importante cupole construite în această perioadă, și chiar în perioada următoare până în secolul XIX, mizează pe un sistem constructiv cu lanțuri din fier ce formează centuri perimetrice. Un prim

⁸ perioada în care a fost construit corpul principal [186]

exemplu relevant, cupola Catedralei din Florența (1420-1436) (*fig.2.1g*), concepută de Brunelleschi⁹, pornește de la un principiu similar cu cel al Catedralei Hagia Sofia: în lipsa unor contraforți puternici, împingerile sunt preluate de o bază formată din trei rânduri de blocuri mari de zidărie ținute laolaltă, de această dată, de lanțuri din fier (Mainstone, 1975: 127)[101]. Bazându-se pe aceeași tehnologie, Michelangelo¹⁰ prevede șase centuri perimetrice din lanțuri de fier în proiectul pentru cupola Catedralei Sf. Petru (1546) (*fig.2.1h*), alte șase asemenea centuri urmând să fie adăugate în momentul consolidării¹¹ din anii 1743-49 (Schulitz, 1999: 10)[141].

Chiar dacă reținerea exprimării structurale împiedica transmiterea informațiilor privind materialitatea, arhitectura teatrală a perioadelor **Baroc și Rococo** (1600-1750) utilizează din plin fierul. Acesta era înglobat în structurile de zidărie portantă, având în principal rolul de armare: "În proiectele care foloseau combinații de fier și zidărie sau fier și lemn, componentele din fier preluau forțele de întindere, într-o mai mică măsură și forță tăietoare, în timp ce zidăria prelua forțele de compresiune." (Schulitz, 1999: 10)[141]. Erau folosite aceleași principii pe care se bazează astăzi structurile din beton armat. Un exemplu remarcabil al arhitecturii baroc, ce folosește pentru prima dată forma catenară pentru a reduce împingerile laterale, este cupola Catedralei St. Paul din Londra (1675-1710) (*fig.2.1i*) concepută de Sir Christopher Wren¹². Forma adaptată necesităților structurale, pe care erau aplicate cojile dorite la interior și exterior, și consolidarea cu centuri perimetrice din lanțuri de fier, aveau să devină tehnologia standard a perioadei respective [187]. Fie că vorbim de agrafe care leagă blocuri de zidărie sau tiranți și lanțuri care preiau împingeri laterale, componentele structurale din fier deschid de fiecare dată perspectiva soluțiilor arhitecturale.

2.2 Perioada revoluției industriale

Odată cu obținerea fontei pe cale industrială, cantitatea de fier disponibilă pe piața construcțiilor a crescut considerabil. Această disponibilitate schimba esențial situația utilizării fierului în construcții. Dacă până în secolul XVIII putem vorbi cel mult de elemente structurale auxiliare, fără influență majoră asupra gândirii arhitecturale, producția în creștere avea să permită, și chiar să promoveze, concurența directă între materialul cel nou, ce deschidea infinite oportunități și cele tradiționale (piatră și lemn). În această perioadă, arhitectura academică aflată în conflict deschis cu trecutul Baroc și Rococo, căuta să recompună imaginea și stilul noilor edificii publice. În paralel, încercând să răspundă diverselor cerințe funcționale impuse de noile programe devenite necesare odată cu industrializarea (vezi 4.1), în condițiile în care costurile începeau să joace un rol important în alegerea soluțiilor constructive (Mignot, 1983: 9)[111], au apărut construcții inedite din domeniul utilitar, unele extrem de spectaculoase, ce căutau să utilizeze la maxim

⁹ Filippo Brunelleschi (1377-1446) arhitect, inginer, unul dintre pionierii renașterii italiene [188].

¹⁰ Michelangelo di Lodovico Buonarroti (1475-1567) "... sculptor, pictor, arhitect și poet renașcentist ce a exercitat o influență de neegalat asupra dezvoltării artei ..." (Michelangelo. *Britannica*)[189]

¹¹ aceste consolidări s-au făcut în urma unor expertize care aveau să intre în istorie ca primele încercări teoretice de analiză structurală (Mainstone, 1975: 321)[101]

¹² Sir Christopher Wren (1632-1723) "proiectant, astronom, geometru, și cel mai mare arhitect englez al timpului său." [190]

potențialul fierului. Acestea aveau să formeze un curent distinct, ce nu poartă pecetea unui stil, dar care urma să influențeze major arhitectura următoarelor secole. Deși facile, noile soluții constructive erau preluate cu mare rezervă în clădirile civile importante, fierul fiind privit cu reticență în mediile academice (vezi 4.2). Atunci când acest lucru se întâmpla, sistemele inovative erau ascunse cu grijă în spatele zidurilor masive, a stucaturilor și ornamentelor concepute în continuare în baza teoriilor deja consacrate. În această situație, pentru a înțelege pe deplin importanța fierului în construcțiile din perioada revoluției industriale, originea utilizării structurilor metalice și mai ales adevărata dimensiune a influenței asupra curentelor arhitecturale din secolele XIX-XX, nu este suficientă studierea arhitecturii culte. Independent de disputa privind valoarea stilistică este esențială luarea în discuție a construcțiilor utilitare, a acelei lumi paralele, 'destilizate', alimentate de necesitățile industriei în plină ascensiune, ce avea să reprezinte adevărata pepinieră a structurilor metalice.

2.2.1 Construcțiile funcționale și arhitectura comercială

Polarizând efortul conceptual în jurul utilității, luând în considerare de cele mai multe ori eficiența economică drept argument decisiv, construcțiile funcționale și comerciale aveau să reprezinte un adevărat catalizator al inovațiilor din domeniul structural. Cerințele utilitare și fezabilitatea investiției erau principalii factori care promovau dezvoltarea. Realizate de multe ori fără arhitect, de către ingineri militari și civili, industriași specializați, sau nu, în prelucrarea fierului, horticultori sau pur și simplu oameni cu simț tehnic și spirit inovativ, preluând ca ornament, acolo unde necesitățile estetice o impuneau, ceea ce era facil, asemenea construcții ignorau în general argumentul doctinar. Acolo unde, datorită interacțiunii cu ființa umană, abordarea expresivă era considerată absolut necesară, unde arhitecții erau chemați să contribuie la modelarea estetică a viitoarei construcții, atât doctrinele cât și ornamentul, care își găseau loc mai degrabă în componentele de zidărie, primeau rolul de mediator între civil și industrial.

PODURI

Dacă biserica St. Anne din Liverpool (vezi 2.2.3) este documentată ca fiind prima clădire în care se utiliza fierul la o scară arhitecturală, podul Coalbrookdale din comitatul Shropshire, Anglia (*fig.2.2.1a1*), conceput câțiva ani mai târziu (1777-9) de arhitectul Tomas Pritchard¹³, și realizat de meșterul fierar Abraham Darby III¹⁴, avea să reprezinte prima construcție în care structura principală era în totalitate din fontă (Hitchcock, 1958: 116)[70]. Soluția de preluare a deschiderii de cca. 30,5m a fost dată de cinci arce semicirculare care imită prin desenul elementelor liniare din fontă rosturile unei construcții similare din piatră (Tyrrell, 1911: 152)[158]. Aproape două decenii mai târziu, în 1796, construcția podului Buildwas (*fig.2.2.1a2*), conceput de inginerul Thomas Telford¹⁵ ca o interesantă și în același timp discutabilă¹⁶ structură de arce din fontă suprapuse, dovedea deopotrivă

¹³ Tomas Farnolls Pritchard (1723-1777) arhitect și decorator de interioare [191]

¹⁴ Abraham Darby III (1750-1791) meșter fierar, nepotul lui Abraham Darby I, figură de marcă a revoluției industriale, cel care a reușit pentru prima dată producerea fierului brut utilizând cox-ul în locul manganului (vezi și 3.1) [194]

¹⁵ Thomas Telford (1757-1834) unul din cei mai mari ingineri britanici (Hitchcock, 1958: 118); carieră începută ca zidar și pregătire în domeniul arhitecturii [194]

¹⁶ În timp ce Dooley vorbește de o soluție rezultată din dorința de contracarare a împingerilor

necunoașterea deplină a caracteristicilor noului material și creșterea încrederii în potențialul acestuia. Primul progres semnificativ avea să fie consemnat în același an 1796, odată cu finalizarea Sunderland (Wearmouth) Bridge (*fig.2.2.1a3*). Conceput ca principiu încă din 1787 de Thomas Paine¹⁷, dar patentat de Rowland Burdon¹⁸, a fost construit începând cu anul 1793 sub conducerea lui Thomas Wilson¹⁹, care „... i-a proiectat trăsăturile arhitecturale.” (Tyrrell, 1911: 153)[158]. Depășind, în ceea ce privește dimensiunea (cca. 72m deschidere), tot ce s-a construit până atunci în materie de poduri de fier, „... a fost unul din cele mai îndrăznețe experimente în construcții ...” din acel timp (Giedion, 1941: 171)[57]. Metalul prelua și aici, într-o formulă imitativă, rolul bolțurilor de zidărie, cele șase arce care formează structura principală fiind compuse din câte o sută cinci componente din fontă, legate cu bare din fier forjat (Tyrrell, 1911: 153)[158].

Deși estetica ansamblului era dominată de considerente funcționale impuse de structura de rezistență, pentru a satisface gustul epocii, podurile importante aveau să beneficieze de serioase tratamente estetice. În timp ce masivii piloni din piatră preluau în general teme ornamentale istorice, elementele filigrane ale structurii metalice erau abordate mai degrabă în stil gotic sau fantezist. Un exemplu relevant de asemenea estetizare, care prezintă o inedită alăturare de motive florale și text, este oferit de Waterloo Bridge (*fig.2.2.1a4*) o structură relativ modestă construită de Telford în anul 1815. În același an, Craigellachie Bridge (*fig.2.2.1a5*), ce traversează râul Spey, unul dintre cele mai rafinate poduri construite de Telford, primul care folosește arce de fontă cu panouri contravântuite (Tyrrell, 1911: 153)[158], caută soluția expresivă în prelucrarea capetelor de pod, abordarea în stil pitoresc oferind mai degrabă imaginea unor turnuri de apărare (Hitchcock, 1958: 118)[70]. Odată cu introducerea structurilor suspendate, pilonii de susținere, având o înălțime considerabilă, devin componente de o importanță vizuală aparte. Putem vorbi de o adevărată 'interfață' în relația contextuală. Astfel, în timp ce la Menai Bridge (1819-24) (*fig.2.2.1a6*), din nordul Țării Galilor, unde Telford preia principiul de suspendare cu lanțuri metalice, capetele de pod sunt tratate în stil Neoclasic, la podul Conway (*fig.2.2.1a7*), construit doi ani mai târziu (1826), identic cu acesta din punct de vedere structural, datorită proximității castelului Edwardian, ele preiau stilul "castel medieval" (idem)[70]. Construit de Telford în același an 1826, podul de la Tewkesbury (*fig.2.2.1a8*), oferă un alt exemplu de estetizare a structurii metalice prin panourile contravântuite ce prezintă decupaje în stil gotic (idem)[70].

În Franța, unde exista o tradiție puternică a construcțiilor de poduri din piatră (Hitchcock, 1958: 119)[70], fierul s-a impus mai greu. Primele, Pont des Arts (1801-3) (*fig.2.2.1a9*) și Pont du Jardin du Roi (1806) din Paris, ne oferă exemple relativ modeste din punct de vedere structural. Abia Pont du Carrousel (1839)

laterale ... (2004: 54)[37], Mainstone o critică pentru faptul că nu permite preluarea dilatărilor (1975: 268)[101],

¹⁷ Thomas Paine (1737-1809), „... cunoscut mai degrabă pentru scrierile sale politice decât ca tehnician, care a avut unele asocieri cu construcția de poduri din America.” (Hitchcock, 1958: 118)[70]

¹⁸ Rowland Burdon (1756-1838), membru al parlamentului, nu a fost „nici arhitect, nici inginer” (Hitchcock, 1958: 118)[70] - se pare totuși că a studiat arhitectura cu Joan Soane, cu care s-ar fi consultat atunci când a elaborat conceptul podului Sunderland (Skempton, 2002: 102-103)[147]; Giedion vorbește de preluarea „lipsită de scrupule” de către companiile conduse de Rowland Burdon a planurilor concepute de Paine încă din anul 1786 (1941: 171-174)[57].

¹⁹ Thomas Wilson (1751-1820) profesor, devenit inginer (Skempton, 2002: 788-789)[147]

(*fig.2.2.1a10*), construit de Polonceau²⁰ între anii 1832-38, atinge un nivel ce poate fi considerat remarcabil în domeniul structurilor în arc, deși forma circulară a componentelor structurale care leagă arcul de puntea de călcare nu denotă încă o bună cunoaștere a felului în care lucrează metalul (Tyrrell, 1911: 157)[158]. Acest pod cu arce, construit într-o perioadă în care aproape toate podurile cu mare deschidere erau suspendate, pare să țină cont de peisajul Parizian în care adiția turnurilor și cablurilor nu ar fi fost acceptată [195]. Cu toată această aparentă întârziere tehnologică, în anul 1824, în timp ce Telford construia primul pod pe lanțuri din Anglia, podul construit de Marc Seguin²¹ peste Rhon la Tournon (*fig.2.2.1a11*), reprezenta deja o remarcabilă inovație tehnică (Hitchcock, 1958: 119)[70]. În acest caz, lanțurile de suspendare erau înlocuite de cabluri „... făcând posibilă o construcție de o extremă eleganță și suplețe.” (Giedion, 1941: 178)[57]. Dezvoltarea acestui sistem avea să fie continuată în America, unde Brooklyn Bridge (*fig.2.2.1a12*) din New York, început în anul 1869 după planurile lui John Roebling²² și finalizat abia în 1883 sub supravegherea fiului acestuia²³ (Tyrrell, 1911: 237) [158], poate fi considerat punctul culminant.

Aflată la limita dintre arhitectură și inginerie, promovată din considerente pur economice, construcția de poduri a ajuns destul de curând să fie controlată de oameni fără pregătire sau standarde arhitecturale (Hitchcock, 1958: 119)[70]. Cu toate acestea au rămas suficiente exemple de colaborare între ingineri și arhitecți. Reușita acestor colaborări avea să ducă în general la soluții remarcabile, care nu reprezintă doar realizări tehnice ci și arhitecturale (idem: 123)[70]. Un asemenea exemplu este Britannia Bridge (1845-50) (*fig.2.2.1a13*), celebru mai ales pentru abordarea experimentală ce stă la baza teoriei moderne a structurilor (vezi 4.4), „... simbol al progresului tehnic din secolul al XIX-lea ...” (Kurrer, 2008: 76)[88]. Soluția avea să fie dată în acest caz de două tuburi cu secțiune rectangulară realizate din plăci nituite de fier forjat, astfel încât să formeze grinzi continue. Așezate paralel pe piloni de piatră, ele preluau două deschideri de 141,73m la mijloc și două deschideri de 71,90m la capete (idem)[88]. Vorbim aici de o soluție impusă în egală măsură de cerințe funcționale structurale, dată fiind neîncrederea în podurile suspendate realizate până atunci, a căror lipsă de rigiditate le făcea vulnerabile atât la vânt cât și la vibrațiile induse de locomotivele cu aburi, și cerințe funcționale utilitare, având în vedere obligativitatea luării în calcul a gabaritelor minime impuse de amiralitate (137m lățime pe 32m înălțime), care au și dus de altfel la respingerea primei propuneri lansate de Stephenson²⁴, un pod cu structura în arc, pe deschideri de 110m, refuzat pentru că ecrana vântul folosit de ambarcațiunile cu vele (Dooley: 2004, 60)[37]. Pentru a face față provocărilor ridicate de un asemenea proiect inovativ, echipa formată din inginerul Stephenson și arhitectul Thompson²⁵ consolidată deja în timpul lucrărilor de la complexul feroviar Derby Trijunct (Hitchcock, 1958: 122-23)[70] (vezi GĂRI), avea să fie ajutată de

²⁰ Antoine-Rémy Polonceau (1778-1847) inginer [194]

²¹ Marc Seguin (1786-1875) inginer, inventator [196]

²² John Augustus Roebling (Johann August Röbling) (1806-1869) inginer, a studiat hidraulică, fundații și construcții de poduri, inginerie arhitectură și literatură la Bauakademie din Berlin [197]

²³ Washington Augustus Roebling (1837-1926) inginer, colonel activ în Războiul de Secesiune [198]

²⁴ Robert Stephenson (1803-1859) inginer, constructor de poduri, fiul lui George Stephenson [199]

²⁵ Francis Thompson (1808-1896) arhitect, cunoscut mai ales pentru lucrări legate de calea ferată [200]

ingineri Fairbairn²⁶ și Hodgkinson²⁷ care s-au ocupat de partea experimentală (Kurrer, 2008: 76)[88]. Paradoxal poate, calitățile arhitecturale ale acestui pod se regăsesc tocmai în indecizia structurală care poate fi observată la nivelul pilonilor de piatră, atât de bine proporționați în raport cu ansamblul, prevăzuți mai înalți pentru a prelua o structură ce fusese concepută inițial pe cabluri. Hitchcock vorbește de piese „... superb detaliate de Thompson.” într-un stil numit de contemporani Egiptean (1958: 123)[70]. Este interesant de observat că aprecierile lui Hitchcock, sunt contrazise vehement de Billington²⁸, director al Programului pentru Arhitectură și Inginerie de la Princeton University, care critică calitățile artistice ale acestei construcții tocmai prin prisma indeciziei structurale și a ineficienței utilizării materialului (Billington, 1983: 47-48; 54-58)[12]. O opinie ce se regăsea de fapt și la unii ingineri ai secolului XIX, între care cea a lui Benjamin Baker²⁹, cel care fusese aspru criticat pentru estetica podului Forth, prezentată cu emfază de Billington (idem: 119-121)[12]

Adevărata importanță a podurilor nu are însă de a face cu probleme legate de stil. Uriașul lor merit este acela de a fi constituit un avanpost esențial al cercetării, fără de care ar fi fost probabil imposibilă dezvoltarea rapidă și consistentă a structurilor metalice, în special a celor necesare preluării marilor deschideri. Ele au oferit, prin experiența acumulată, reperate atât de necesare celor ce aveau să caute soluționarea unor probleme structurale similare în domeniul clădirilor.

FABRICI

Constrânși de incendiile catastrofale ce aveau loc în clădirile industriale (Darley, 2003: 107)[36], în special mori și filaturi, încă de la sfârșitul secolului XVIII proiectanții din industrie încep să înlocuiască stâlpii și mai apoi grinzele de lemn cu echivalente metalice. Un prim exemplu, este oferit de Derby Cotton Mill din Anglia, proiectată și construită în anii 1792-93 de industriașul William Strutt³⁰, o structură pe șase niveluri (Leupen, 2006: 53)[93] care miza pe stâlpi din fontă și grinzi de lemn pe care descarcă bolțișoare de cărămidă (Blanc, 1993: 2)[14]. Varianta care folosește pentru prima dată un schelet interior complet din fontă, Ditherington Flax Mill (*fig.2.2.1b1*) (vezi și 3.7.2), avea să apară după numai trei ani, în 1796, la Shrewsbury. Proiectată în 1795 de Charles Bage³¹ după consultări inițiale cu William Strutt (Blanc, 1993: 2)[14], această construcție cu 5 niveluri, care adăpostea cea mai mare filatură de in din Anglia în acel moment (Langmead, 2001: 94-95)[89], poate fi considerată pionierul tuturor structurilor scheletale multietajate ce aveau să fie construite în următoarele două secole. Reflectând adevăratul potențial al acestui sistem structural, interiorul celor două filaturi, marcat de libertatea oferită de

²⁶ Sir William Fairbairn (1789-1874) inginer, constructor naval [201], a condus testele experimentale de la Britannia Bridge (Kurrer, 2008: 76)[88]

²⁷ Eaton A. Hodgkinson (1789-1861) matematician, inginer, pionier al aplicării matematicii la probleme structurale [203], s-a ocupat de elaborarea bazei teoretice de calcul pentru Britannia Bridge (Kurrer, 2008: 76)[88]

²⁸ David P. Billington (1927-), profesor inginer la Princeton University [203] a lansat conceptul de „artă a proiectării structurale” [204]

²⁹ Sir Benjamin Baker (1840-1907) inginer, proiectant al podului Forth, primul cu un sistem structural în consolă, a deținut cu cei 521,3m pentru mulți ani cea mai mare deschidere (521.3m) [205]

³⁰ William Strutt (1756-1830) industriaș, preocupat în special de dezvoltarea unor structuri și tehnologii rezistente la foc în filaturile de bumbac [206]

³¹ Charles Woolley Bage (1752-1822) arhitect [207] preocupat de noile metode ale ingineriei (Skempton, 2002: 29) [147]

componentele structurale liniare așezate în rețea carteziană, dezvoltate pentru prima dată acea spațialitate inedită care avea să inspire decisiv arhitectura lumii moderne.

În foarte scurt timp, după 1800, asemenea sisteme constructive, în care stâlpi și grinzi din fontă preiau bolțișoare din elemente ceramice³², considerate rezistente la foc, devin tipice pentru toate construcțiile industriale multietajate din Anglia (Hitchcock, 1958: 117)[70]. Hitchcock vorbește chiar de redactarea unor hârtii oficiale în acest sens: "Pe la 1844 Fairbairn recomanda într-un raport ca sistemul constructiv rezistent la foc să fie utilizat în toate depozitele." (1958: 122). [70]. După numai o jumătate de secol, în jurul anului 1850, același sistem, cu modificările semnificative în ceea ce privește siguranța, aduse de substituirea grinzilor de fontă, care se dovedise periculos de casantă, cu grinzi din fier forjat, era preluat în toate clădirile importante (idem: 117)[70]. Cu toată această consacrare ca necesitate tehnică, la mijlocul secolului nu se poate vorbi încă de un interes real pentru punerea în valoare a unor asemenea structuri. Edificiile majore se rezumau în continuare la înglobarea discretă a metalului, ca substitut al lemnului, în planșee și soluții de acoperire incombustibile.

Dincolo de potențialul spațial și estetic al structurilor pe care le înglobează, atât de departe de a fi recunoscut în acele timpuri, asemenea podurilor, care prin provocările impuse au stat la baza soluțiilor structurale folosite pentru acoperirea marilor deschideri, fabricile, care prin nevoia de a adăposti fluxuri tehnologice complexe deschid calea obținerii unor spații „virtual neobstrucționate” (Leupen, 2006: 53-54)[93], ajung să constituie catalizatorul perfect pentru punerea la punct a sistemului structural scheletal, rezistent la foc, ce avea să fie utilizat în clădirile multietajate.

SERE

Construcții necesare pentru protecția plantelor mediteraneene, subtropicale sau tropicale, a căror cultivare devenise o preocupare a nobilimii și burgheziei înstărite (Kohlmaier, 1981: 43)[83], serele aveau să reprezinte la rândul lor un excelent mediu de experimentare. Realizate inițial din piatră, lemn și sticlă de mici dimensiuni, materiale greu de adaptat la cerințele funcționale impuse de plantele exotice pe care erau destinate să le protejeze, acestea ajung la soluții fezabile din punct de vedere portant³³ odată cu răspândirea pe piață a structurilor metalice (idem)[83]. Nevoia unui spațiu inundat de lumină, ce impunea o construcție transparentă, uneori de foarte mari dimensiuni, avea să fie întâmpinată perfect de sistemul scheletal cu elemente filigrane realizate din material rezistent la dăunători³⁴. Chiar dacă primele construcții cu structură de fontă, cum este cea de la Carlton House (*fig.2.2.1c1*), (vezi și 2.2.3) construită de arhitectul Thomas Hopper³⁵ în anii 1811-12 într-un stil Neogotic romantic (Hitchcock, 1958: 117)[70], oferă variante bogat ornamentate, dată fiind preocuparea intensă pentru soluționarea complexelor probleme funcționale, o preocupare regăsită mai ales în rândul pasionaților de grădinărit și industriașilor, se ajunge în scurt timp la debarasarea de tratarea stilistică (Kohlmaier, 1981: 45)[83].

Prima mare seră de pe continentul european (Kohlmaier, 1981: 58-59)[83], *Jardin des Plantes* (*fig.2.2.1c2*), construită în anii 1833-36 de arhitectul Charles

³² S-au folosit diverse corpuri ceramice cu goluri, „flower-pot” (Hitchcock, 1958: 117)[70]

³³ la fezabilitatea acestui tip de construcții au contribuit în egală măsură încălzirea centrală și dezvoltarea tehnologiei de prelucrare a sticlei (Kohlmaier, 1981: 43)[83]

³⁴ Kohlmaier vorbește de distrugerea lemnului după foarte scurt timp (1981: 44)[83]

³⁵ Thomas Hopper (1776-1856) arhitect, cunoscut mai ales pentru lucrările sale privind reședințe rurale în sudul Angliei [208]

Rohault de Fleury³⁶ era lipsită complet de ornament stilistic (Hitchcock 1958: 120) [70]. Dincolo de dimensiunile impresionante obținute cu o structură exclusiv metalică, ceea ce o face interesantă din punct de vedere „istoric și constructiv”, așa cum remarcă Kohlmaier, rezidă în „... fațada de fontă multietajată, care servea de asemenea ca suport al acoperișului.” (1981: 58-59)[83]. Construită între anii 1836-40 de horticultorul Joseph Paxton³⁷, impresionanta seră de la Chatsworth, Anglia, (*fig.2.2.1c3*), rezumă la rândul ei decorația la cele câteva piese de zidărie concepute de arhitectul Decimus Burton³⁸ în stil neoclastic (Hitchcock 1958: 120-121)[70]. Expresia va fi în schimb influențată decisiv de soluția constructivă. O structură realizată dintr-o succesiune de travei identice, compuse din coaste centrale semicirculare din lemn lamelar, descarcă pe stâlpi din fontă cu secțiuni tubulară, ce permite scurgerea apei din precipitații. Coaste laterale în formă de sfert de cerc preiau și transmit fundațiilor împingerile laterale, mizând pe aceleași principii pe care erau construite structurile trinate ale bisericilor romanice boltite (Mainstone, 1975: 237)[101]. Se generează o inedită formă de ansamblu ce elimină distincția dintre perete și acoperiș (Kohlmaier, 1981 :58)[83]. Pe această structură, așezarea sticlei în sistemul coamă și dolie³⁹, propus, se pare, cu câțiva ani mai devreme de John Loudon⁴⁰, în conformitate cu teoriile momentului privind pătrunderea luminii solare (Skempton, 2002: 413)[147] induce o imagine caracteristică. Într-o formulă constructivă oarecum diferită, deși pavilionul central proiectat de Decimus Burton (Margolius, 2002: 24)[104 seamănă izbitor ca formă de ansamblu cu sera lui Paxton, Palm Stove din Kew, (*fig.2.2.1c4*), construită între anii 1844-1848, în lipsa cutelor de pe suprafața de acoperire, oferă imaginea unei adevărate bule de sticlă (Hitchcock, 1958: 121)[70]. Aici elementele din lemn lamelar sunt înlocuite cu grinzi și șprosură curbate din fier forjat (Millais, 1997: 220)[112], conform invenției lui Loudon din 1816 (Skempton, 2002: 413)[147], iar sistemul coamă și dolie face loc unei închideri în planul structurii. Această soluție, ce poate fi considerată un prim model al arhitecturii contemporane „Blobitecture”, influențată profund, conform lui Millais, de ideile metalurgistului Richard Turner⁴¹ (1997: 220)[112], s-a născut 'organic'⁴², fiind determinată probabil atât de provocările lansate de Thomas A. Knight din anul 1811 privind protejarea spațiului maxim prin intermediul unei anvelope economice care să permită intrarea cantității maxime de căldură și lumină (Barnes, 2000: 76), cât și „... de lucrările lui George MacKenzie și John Loudon, care promovau ambii pentru rațiuni horticulturale avantajele serelor [cu suprafețe] curbe ...” (Millais, 1997: 220)[112]. După cum susține Barnes, prin intermediul colaborării, au fost posibile aici deopotrivă valorificarea celor mai noi cunoștințe din domeniul tehnologiei și generarea de „... noi soluții arhitecturale ... expresii cu adevărat magnifice ...” ale epocii (2000: 76)[9].

³⁶ Charles Rohault de Fleury (1801-1875) arhitect, "După un curs științific urmărit la Ecole Polytechnique din Paris, el a studiat sculptura, dar a abandonat -o în favoarea arhitecturii ..." [209]

³⁷ Sir Joseph Paxton (1803-1865) grădinar, și-a câștigat titlatura de arhitect inovator datorită soluțiilor extraordinare oferite în construcția de sere [210]

³⁸ Decimus Burton (1800-1881) arhitect și proiectant de grădini, "asociat în special cu proiecte în stil clasic în parcurile londoneze" [211]

³⁹ în engleză „ridge and furrow”

⁴⁰ John Claudius Loudon (1783-1843) botanist, proiectant de grădini, autor și editor de publicații despre grădinărit [212]

⁴¹ Richard Turner (1798-1881) metalurgist, executant de sere, "pionier al utilizării structurale a fierului forjat" [213]

⁴² prin organic înțelegând aici născută din cerințe derivate din necesități

Rivalul francez din acea perioadă era Jardin d'Hiver din Paris, construită în anii 1846-1848 (Hitchcock, 1958: 121)[70] de inginerii Moehly și M. Rigolet după ideile lui Hippolyte Meynadier și ale arhitectului Théodore Charpentier⁴³. O structură impresionantă, ce închidea o bună parte din Champs Elisee, având în primul rând rolul de edificiu recreațional. Kohlmaier consideră această "construcție gigantică din fier și sticlă ... o formă de tranziție ce a condus la clădirile expoziționale" (1981: 59) [83].

Doi ani mai târziu, în anul 1850 Paxton construiește la Chatsworth o nouă seră pentru a adăposti uriașul nufăr Victoria Regia⁴⁴ (Hitchcock, 1958: 124)[70]. Această structură de dimensiuni relativ modeste, al cărei sistem constructiv a fost patentat de Paxton în același an (Kohlmaier, 1981 :225)[83], "Cu pereții în arcade de fier și sticlă și acoperișul ei coamă și dolie plat [așezat orizontal], ... pare să fi oferit lui Paxton modelul potrivit pentru ..." Crystal Palace (Hitchcock, 1958: 124) [70]. Așezarea sistemului de acoperire coamă și dolie, în plan orizontal, pe patru grinzi principale din fier forjat ce descarcă pe opt stâlpi din fontă cu secțiune tubulară prin care se poate scurge apa din precipitații, permitea extensia, practic nelimitată, a construcției în orice direcție (Kohlmaier, 1981 :58)[83]. Închiderea perimetrală, inspirată probabil de Jardin des Plantes, era rezolvată cu ajutorul unor pereți verticali, aici autoportanți, în care stâlpi dispuși la o distanță de cca. 1,8m legați cu arce susțineau șprosurile de lemn în care era așezată sticla.

Născute din efortul de a rezolva complexe cerințe funcționale ridicate de creșterea plantelor exotice, serele ajung să evedențieze remarcabil uriașul potențial al structurilor metalice. Având în vedere diversitatea tipologică (Kohlmaier, 1981: 56)[83], ce cuprinde deopotrivă soluții pur utilitare și elegante 'grădini de iarnă' destinate loisirului, unele aflate într-o provocatoare proximitate cu construcțiile culte (Kohlmaier, 1981: 26)[83], devine interesantă inclusiv interacțiunea dintre soluțiile funcționale și cele arhitecturale. Chiar dacă în prim planul nevoilor de edificare nu se află ființa umană, spre deosebire de poduri și fabrici, serele se apropie decisiv de arhitectură. Ele pot fi considerate un exercițiu simplificat de adaptare la nevoi complexe. O abordare conceptuală similară, dar având în prim plan ființa umană și nu plantele exotice, avea să caracterizeze o bună parte din curentele arhitecturii moderne.

Profitând probabil în egală măsură de experiența acumulată în construcția de poduri și de avansul tehnologic din industria metalurgică, serele au permis dezvoltarea și consolidarea unor soluții constructive extraordinare. Asemenea soluții constructive aveau să fie folosite deopotrivă la acoperirea străzilor și marilor curți interioare în jurul cărora se dezvoltau clădiri comerciale, a peroanelor și uriașelor săli de expoziție ce aveau să fie construite la mijlocul secolului XIX.

CLĂDIRI COMERCIALE ȘI PIEȚE

Printre clădirile aflate într-o relație directă cu omul și societatea, în care structurile ingineresti se întâlneau direct cu arhitectura academică, se regăseau bursele comerciale și de mărfuri, piețele, galeriile și centrele comerciale. În toate acestea fierul avea să se impună datorită deschiderilor mari ce puteau fi acoperite într-o variantă transparentă și economică, a posibilității de creștere a suprafeței vitrate a fațadelor și, la fel de probabil, a costului mai scăzut cu care putea fi realizată ornamentația.

⁴³ Louis-Charles-Théodore Charpentier (1797-1867) arhitect [214]

⁴⁴ nufăr uriaș ce are frunze de 3m diametru [215], a cărei structură se pare că l-a influențat pe Paxton la stabilirea soluției pentru structura Crystal Palace

Un exemplu remarcabil, consemnat ca prima cupolă de fier și sticlă din istoria arhitecturii [216], este noua acoperire a Halle au Blé (vezi și 3.6.2), devenită ulterior Bursa Comercială din Paris (*fig.2.2.1d1*). Structura metalică ce protejează spațiul de negociere, construită după proiectul arhitectului F.J. Belanger⁴⁵ din anul 1811, a fost menită să înlocuiască o veche cupolă realizată cu structură de lemn (Hitchcock, 1958: 119)[70].

Nu mai puțin interesantă, Piața Marche de la Madeleine (vezi și 3.6.6), proiectată probabil încă din anul 1824 de arhitectul M.-G. Veugny, dar construită abia în anii 1835-38 (Hitchcock, 1958:119)[70], miza pe o structură internă cu stâlpi și ferme din elemente filigrane de metal. În cartea sa „Space, time and architecture” Sigfried Giedion avea să remarce cu încântare: "Grația coloanelor ei zvelte este o rămășiță a picturilor murale Pompeene. Ușurința construcției nu este întreruptă de nici o adiție pur decorativă. Este unul dintre primele exemple de încercări pe care le făceau inginerii secolului XIX pentru a dezvolta metode de construcție ce ar combina eleganța cu economia de material." (1941: 229)[57]. Trebuie să menționăm totuși că întreaga osatură a pieței rămâne închisă într-o anvelopă de zidărie ce preia rolul de contravântuire în plan orizontal. O soluție mai avansată, cel puțin în ceea ce privește sistemul constructiv, având o eleganță care anticipează construcții realizate cu mulți ani mai târziu, este pavilionul de pește construit în anul 1835 de arhitectul Charles Fowler⁴⁶ în locul vechii Hungerford Fish Market (*fig.2.2.1d2*) din Londra (Giedion, 1941:229)[57]. Dicolu de linia interesantă a acoperișului cu ușoară pantă spre axul stâlpilor, care permitea scurgerea apelor prin interiorul acestora, este remarcabilă renunțarea la carcasa de zidărie, devenită posibilă prin preluarea contravântuirii la nivelul structurii metalice. Deși mai puțin convingătoare în utilizarea fierului, lipsindu-i eleganța unor structuri similare ale epocii (Hitchcock, 1958: 128)[70], cea mai influentă piață concepută pe structură metalică pare a fi fost ansamblul Halles Centrales (*fig.2.2.1d3*), construit între anii 1853-58 în centrul Parisului de arhitectul Victor Baltard⁴⁷, cu asistența arhitectului F.E.Callet⁴⁸ (Giedion, 1941:229)[57]. Soluția a fost impusă de baronul Haussmann, noul prefect al Parisului, chiar la insistențele lui Napoleon al III-lea, în urma unor nemulțumiri ce au dus chiar la demolarea construcției inițiale, începute după un proiect ce propunea o structură de zidărie (Langmead, 2001: 94)[89]. Ansamblul se prezintă ca un sistem modular complet acoperit, constând în șase pavilioane identice⁴⁹ realizate din fier și sticlă, așezate într-o rețea rectangulară și separate de largi spații de circulație acoperite (Fletcher, 1896: 1124)[45].

Deși nu face parte din categoria galeriilor comerciale, Galerie d'Orleans (*fig.2.2.1d4*) din grădina Palais Royal, Paris (1829-31), avea să ofere prin acoperișul de metal și sticlă un exemplu remarcabil al acestei tipologii. După cum remarcă Hitchcock: "... a fost o lucrare mai distinsă și mai îndrăzneț decât cele mai multe din nenumăratele pasaje și galerii cu acoperișuri de sticlă care au fost construite în

⁴⁵ François-Joseph Bélanger (1744-1818), arhitect, artist, arhitect peisajer și inginer, "cel mai bine cunoscut pentru fantasticele lui proiecte pentru case private și grădini în Franța prerevoluționară [216]

⁴⁶ Charles Fowler (1792-1867), arhitect ce și-a stabilit o reputație în construcția de piețe "un rar exemplu de arhitect care utilizează cu succes fierul pentru a produce forme structurale de o calitate și inovație ieșite din comun." (Skempton, 2002: 236) [147]

⁴⁷ Victor Baltard (1805-1874), arhitect ce a studiat la École des Beaux-Arts, câștigător al grand prix de Rome din 1833; din 1849 a fost arhitect municipal al Parisului [217]

⁴⁸ Félix Emmanuel Callet (1791-1854), arhitect ce a studiat la École des Beaux-Arts, câștigător al grand prix de Rome din 1819 [218]

⁴⁹ extinse în primă fază la 10 și mai apoi, în 1930, la 12 (Fletcher, 1896: 1124)[45]

Paris sau în alte părți ale Franței începând cu 1770." (1958: 120)[70]. Realizat din fier forjat, după planurile arhitectului Pierre Fontain⁵⁰, oferă aceeași senzație de „libertate și deschidere” pe care o trăiești în spațiile exterioare (Giedion, 1941:229) [57]. O altă construcție de excepție, care datorită spațialității poate fi considerată "una dintre cele mai frumoase galerii existente încă" (Hertzberger, 2000: 85)[68], este Passage Pommeraye din Nantes (*fig.2.2.1d5*), concepută de arhitecții Hippolyte Durand Gasselin și Jean-Baptiste Buron în 1843. Este vorba de o arhitectură neorenascentistă „... dar foarte eclectică în decorul său ... tipică perioadei Louis-Philippe, ...”, elaborată în jurul unui impresionant spațiu cu galerii pe mai multe niveluri legate de scări monumentale (Marshall, 2009: 31)[105]. Acoperișul de metal și sticlă ce protejează această zonă de tranziție, care face legătura între două străzi ce se află la o diferență de nivel de 9,40m, contribuie esențial la creșterea gradului de intimitate a spațiului devenit, prin intermediul său, interior. Impresionantă mai ales prin dimensiuni, Galeria Vittorio Emanuele din Milano (*fig.2.2.1d6*), concepută de inginerul-arhitect Giuseppe Mengoni⁵¹ în 1861 și construită între anii 1865-77, se remarcă prin raportarea inspirată a structurii metalice la construcțiile în stil neorenascentist. Sistemului boltit, consacrat de Galerie d'Orleans, i se adaugă aici o cupolă octogonală ce marchează intersecția celor două străzi acoperite (Fletcher, 1896: 1120)[45]. Un exemplu la fel de impresionant, poate cel mai mare și mai bine păstrat din Europa, ne prezintă Galerie Saint-Hubert din Bruxelles (*fig.2.2.1d7*) construită de arhitectul J.P. Cluysenaer⁵² în 1847 (Hitchcock, 1958: 120)[70].

Preluând oarecum ideea spațiului interior-exterior ce oferă protecție, intimitate dar în același timp lumină și relație vizuală în galeriile comerciale, Bazar de l'Industrie, un magazin universal construit de arhitectul Paul Lelong⁵³ în 1830 în jurul unei curți interioare cu galerii și acoperiș din metal și sticlă, supune atenției o primă definiție a unei spațialități ce va deveni modelul tipologic al tuturor marilor centre comerciale pariziene până în secolul nostru (Hitchcock, 1958: 120)[70]. Un exemplu asemănător ne oferă Galeries du Commerce et de l'Industrie, (*fig.2.2.1d8*), construit de arhitecții Grisart⁵⁴ și Froehlicher⁵⁵ în 1838 (Steiner, 1984: 57)[150], în care, după cum apreciază Hitchcock "Chiar mai mari și mai îndrăznețe erau curțile ..." (1958: 120)[70]. Fațada bogată în arcade renașcentiste îl impune între clădirile neoclasice de valoare ale epocii (idem)[70].

Meritul principal al clădirilor comerciale, poate nu întotdeauna reușite din punct de vedere stilistic, este acela de a fi adus în atenția publicului potențialul spațial extraordinar pus la dispoziție de structurile metalice.

GĂRI

Intrate în istorie în anii 30' (Hitchcock, 1958: 121)[70], gările reprezintă edificii eminate publice. Datorită prezenței impunătoare și importanței pe care o aveau în viața urbană, urmau să fie considerate încă din 1875 adevărate „catedrale

⁵⁰ Pierre-François-Léonard Fontaine (1762-1853) arhitect și decorator, unul dintre fondatorii și reprezentanții de marcă ai stilului Empire [219]

⁵¹ Giuseppe Mengoni (1829-1877) inginer, arhitect, a absolvit ingineria la Universitățile din Bologna și a frecventat l'Accademia di Belle Arti din Bologna [220]

⁵² Jean-Pierre Cluysenaar (1811-1880) arhitect, descendent dintr-o familie de arhitecți și ingineri, a studiat arhitectura la Académie Royale des Beaux-Arts din Brussels [221]

⁵³ Paul Lelong (1799-1846) arhitect a studiat la École des Beaux-Arts [222]

⁵⁴ Jean-Louis Victor Grisart (1797-1877) arhitect, a studiat la École des Beaux-Arts [223]

⁵⁵ Joseph-Antoine Froehlicher (1790-1866) arhitect, și-a început studiile în arhitectură în Elveția unde a primit o bursă pentru continuarea studiilor la École des Beaux-Arts [224]

ale secolului XIX" (Building News 1875, 29, 133 preluată din Hitchcock, 1954: 495) [70]. Conform tipologiei ce avea să se consacre, ele găzduiau într-un ansamblu funcțional deopotrivă zona utilitară de acoperire a peroanelor și zona reprezentativă de poartă a orașului. Dacă zona utilitară era acoperită pe principiul serelor și marilor galerii comerciale, zona reprezentativă era tratată de cele mai multe ori într-un stil academic neadaptat imaginii funcționale. Arhitectura căuta mai degrabă să ascundă ceea ce nu se potrivea limbajului, decât să se adapteze noilor realități. Spre deosebire de poduri, piețe sau sere, construcții cu structura principală metalică, ce aveau în componență cel mult elemente subordonate din zidărie, sau galerii comerciale ce mizau pe un oarecare amestec, fierul regăsindu-se mai ales în structura acoperișurilor de sticlă și cea a galeriilor, gările erau construcții mixte în care acoperirea funcțională a peroanelor se alătura sec construcției de zidărie. Se formau ansambluri în care, așa cum remarcă Hitchcock, o "... coordonare de succes a zidăriei și părților de fier și sticlă ... erau mai degrabă rare." (1958: 121)[70]. Un exemplu edificator, probabil cel mai reprezentativ în acest sens, ne oferă Euston Arch (*fig.2.2.1e1*), din Londra (1835-7), al cărei frontispiciu, conceput de arhitectul Philip Hardwick⁵⁶, avea să fie apreciat ca fiind un "superb exemplu neoclasic, unul din cei mai apropiați rivali ai capodoperelor lui Schinkel din Berlin" [226]. Acesta ignoră cu desăvârșire zona funcțională construită după planurile inginerului Robert Stephenson (Hitchcock, 1958: 121)[70]. Chiar în asemenea condiții, vorbim de o tipologie care avea să ofere unele dintre cele mai mari și mai frumoase construcții din fier și sticlă ale secolului XIX (idem)[70].

Primele gări au fost structuri mai degrabă modeste. Crown Street Station (*fig.2.2.1e2*), din Liverpool, construită în 1830 de inginerul George Stephenson⁵⁷ este un exemplu relevant în acest sens. Un deceniu mai târziu (1839-41) Trijunct Station din Derby (*fig.2.2.1e3*), oferea deja o mostră a ceea ce se putea obține prin colaborarea dintre specialiștii arhitecți și ingineri. Arhitectul Thompson, cel care a conceput clădirea de cărămidă în stil victorian, într-o evidentă apropiere stilistică de acoperirea peroanelor, avea să colaboreze cu inginerul Robert Stephenson și la detalierea structurii metalice. Construcția bazată pe un sistem de ferme cu tiranți, cu formă similară celor de la Euston Arch, urma să fie apreciată de Hitchcock ca având "... bună parte din sinceritatea plină de grație și eleganța liniară a serelor lui Rohault sau piețelor lui Veugny" (1958: 122)[70]. Acoperirea peroanelor de la gara King's Cross (*fig.2.2.1e4*), proiectată de arhitectul Lewis Cubitt⁵⁸ în 1850 și construită în 1851-2, refăcea din punct de vedere tehnic transeptul de la Crystal Palace, folosind lemn laminat la arcele principale, în timp ce ideea exprimării în fațadă a închiderii peroanelor prin cele două arce era preluată de la Gare de l'Est (vezi 2.2.2). La gara Paddington (*fig.2.2.1e5*), construită în 1852-4, ce nu are un exterior la fel de grandios, fiind mascată la Sud de Great Western Hotel, inginerul Brunel⁵⁹ a chemat în ajutor pe arhitectul Wyatt⁶⁰ care, pentru elementele metalice

⁵⁶ Philip Hardwick (1792-1870) "eminent arhitect Englez, asociat în special cu [construcția de] gări și antrepozite", membru fondator al Institute of British Architects, astăzi RIBA și membru al Institution of Civil Engineers [225]

⁵⁷ George Stephenson (1781-1848) inginer civil și mecanic "a construit prima linie de cale ferată din lume care utiliza locomotive cu aburi, și este renumit ca fiind 'părintele căilor ferate'", primul președinte al Institution of Mechanical Engineers [227]

⁵⁸ Lewis Cubitt (1799-1883), arhitect de succes în domeniul căilor ferate, a lucrat în biroul lui Henry Edward Kendall și în parteneriat cu fratele său Thomas Cubitt. [228]

⁵⁹ Isambard Kingdom Brunel (1806-1859) inginer de marcă, renumit pentru construcția uneia dintre primele căi ferate din Marea Britanie [229]

⁶⁰ Matthew Digby Wyatt (1820-1877) arhitect și istoric de artă, secretar al mării expoziții de

ale acoperirii peroanelor, a folosit, conform specificațiilor lui Brunel, o ornamentație ce se dorea nouă și potrivită cu noul material (Hitchcock, 1958: 127)[70]. După cum afirmă Hitchcock: Spiritul calm al gării lui Cubitt se poate considera unul Neoclasic în timp ce Paddington este relaționată cu stilul Neogotic Victorian al celei de-a treia perioade a secolului (1958: 127)[70]. Midland Station din Oxford, concepută în 1852 de inginerii Fox⁶¹ și Henderson pentru a fi construită cu elemente identice, după modelul Crystal Palace (vezi și clădiri pentru expoziții), poate fi considerat un exemplu perfect al măsurii în care noile metode de construcție impuneau o regularitate modulară mai rigidă decât doctrinele neoclasice și o rarefiere a materialului ce nu putea fi măcar imaginată de structurile neogotice din piatră (idem: 126)[70].

Similar construcțiilor comerciale, contribuția esențială a gărilor din această perioadă nu rezidă în soluții expresive. Expunerea structurilor metalice în clădiri civile de o asemenea importanță a avut, probabil, o valoare crucială în creșterea prestigiului noului material.

CONSTRUCȚII „LA PACHET”

Evoluția utilizării fierului are o legătură strânsă cu prefabricarea (vezi și capitolul 3.). Indiferent că vorbim de poduri, sere, fabrici multietajate sau sisteme de acoperire de mici sau mari dimensiuni, componentele metalice care formează structura acestor edificii presupun prefabricare. Avantajele pe care le oferă sistemele constructive prefabricate, ce permit scurtarea extraordinară a timpului de execuție, reducerea necesarului de forță de muncă și chiar de calificare a acesteia, aveau să fie exploatate în construcții realizate pentru coloniștii din întreaga lume (Lemoine, 1999: 592)[92]. Lipsa resurselor tehnice, a forței de muncă calificate în zonele locuite de coloniști, sunt cele care au încurajat creșterea importantă a cererii pentru produse de acest fel.

Datorită sistemelor puse la punct în anii 40', casele produse în atelierele Britanice aveau să ajungă sub formă de pachet până în Bermuda sau Barbados, unde nu mai trebuiau decât asamblate (Hitchcock, 1958: 122)[70]. „În 1843 John Walker din Londra furnizează un palat prefabricat pentru un rege african și, la sfârșitul decadei, depozite prefabricate și locuințe din fier erau livrate căutătorilor de aur din California și emigranților din Australia în cantități foarte considerabile.” (Hitchcock, 1958: 122)[70]. La începuturile anilor 50', bisericile prefabricate de industriașul Samuel Hemming din Bristol (*fig.2.2.1f1*) aveau să fie exportate în lumea întreagă (Hitchcock, 1958: 101)[70]. Dat fiind prestigiul pe care îl atinseseră construcțiile din fier la începutul anilor 50', chiar prințul consort Albert comandă în 1851 la firma E. T. Bellhouse & Co o sală de bal prefabricată după modelul caselor de emigranți din Australia văzute la Marea Expoziție⁶². Și totuși, așa cum remarcă Hitchcock, avansul tehnologic atins de prefabricare în această perioadă, nu a reușit să fie transpus într-unul arhitectural de aceeași valoare (Hitchcock, 1958: 122; Mornement 2007: 81)[70][115].

FAȚADE PREFABRICATE DIN FONTĂ

Folosind principiile de prefabricare, în America anilor 40' se consacră un sistem de fațadă neportantă ce avea să fie preluat la majoritatea clădirilor multietajate.

la 1851 [230]

⁶¹ Sir Charles Fox (1810-1874) inginer și antreprenor preocupat de construcția de căi ferate, gări și poduri [231]

⁶² este vorba de expoziția de la Londra din 1851

Pe Center Street din New York, constructorul James Bogardus⁶³ ridică în 1848 o structură urbană de patru niveluri pentru producție (vezi și 3.7.3) (Hitchcock, 1958: 124)[70]. În această clădire pereții exteriori sunt compuși din pile (coloane) și grinzi buiandrug din fontă (*fig.2.2.1g1*), sistem pe care Bogardus, și mai târziu diverși meșteri fierari, aveau să îl răspândească în New York și alte orașe americane. În același an Bogardus construiește prima fațadă din fontă pentru magazinul de chimicale a lui John Milhau, Milhau Store (*fig.2.2.1g2*) de pe Broadway. Clădirea construită la intersecția străzilor Washington și Murray din New York 1849 (Weismann, 1973: 63)[170] pentru Edgar Laing (*fig.2.2.1g3*) (vezi și 3.7.3), finalizată în numai două luni, arată potențialul extraordinar al acestor sisteme.

Deși primele fațade sunt logice și expresive în felul în care folosesc coloanele dorice simple și antablamentele plane pentru a forma cadrul exterior, permițând o suprafață vitrată mai mare, magazinele Laing de mai târziu aveau să cedeze în fața ornamentației. Ceea ce se configura într-o alternativă a expresiei arhitecturale, avea să degenereze într-o soluție ornamentală kitsch, mai ieftină decât piatra, în care proporția elementelor era imitată de coji subțiri turnate din fontă. Harper's Building (*fig.2.2.1g4*), a arhitectului John B. Corlies, construită în 1854 tot la New York, care încorporează primele grinzi din oțel laminat, reprezintă un relevant exemplu de ornamentație în stilul renașterii târzii. O altă clădire reprezentativă în acest sens este Hopkins Store de pe Murray Street din New York, construită în 1857, atribuită tot lui Bogardus (*fig.2.2.1g5*).

Soluția de anvelopare oferită de aceste sisteme, utilizată inițial chiar pe structuri clasice de zidărie, avea să fie pusă în valoare în perioada Școlii Chicago, dovedindu-se extrem de potrivită pentru fațadele ușoare ce urmau să fie 'agățate' pe sistemul constructiv 'zgârie nor' (vezi 2.3.1)

CLĂDIRI PENTRU EXPOZIȚII NAȚIONALE ȘI INTERNAȚIONALE

Impuse de necesitatea protejării unui uriaș spațiu, ce deriva din dorința de a găzdui sub același acoperiș un număr cât mai mare de expozanți, aceste construcții, ce se cereau a fi executate, și eventual demontate, într-un timp record, aveau să pună în valoare la maxim potențialul extraordinar al prefabricării.

Modelul avea să fie dat de Crystal Palace (*fig.2.2.1h1*) (vezi și 3.6.7), "... una dintre cele mai importante clădiri inovative de fier din istoria arhitecturii." (Blanc, 1993: 26)[14]. Concepută de Joseph Paxton pentru a adăposti expoziția universală de la Londra din 1851, soluția bazată pe sistemul pus la punct în sera de la Chatsworth, strângea laolaltă o bună parte din inovațiile realizate până atunci în domeniul structurilor metalice. Galeriile laterale care aveau și rolul de a asigura rigiditatea ansamblului se bazau pe principiul structurilor scheletale multietajate utilizate în construcția de fabrici. Inovația esențială adusă pe această direcție era nodul semirigid care, împreună cu contravântuirile diagonale, permitea obținerea stabilității în lipsa zidurilor masive de închidere. Acest nod, care permitea îmbinarea a șase componente liniare (doi stâlpi și patru grinzi) aflate în trei planuri diferite (Kohlmaier, 1981: 105)[83] făcea posibilă o extensie nelimitată a elementelor modulare pe cele trei direcții. Acoperirea pe sistem coamă-dolie cu scurgere prin stâlpi, permitea la rândul ei extinderea bidirecțională a acoperișului în plan orizontal. Toată construcția miza pe trei deschideri diferite și două înălțimi diferite de nivel. Aceasta a permis realizarea întregului sistem structural cu doar 7 componente diferite: stâlpi, plăci de bază, piese de conectare a stâlpilor, grinzi cu zăbrele, arce

⁶³ James Bogardus (1800-1874) "inventator și constructor care a popularizat construcția [cu] fier forjat"[232]

cu zăbrele (doar în zona transeptului) și bare filetate plus conectori pentru asigurarea contravânturii diagonale (Mainstone, 1975: 72-73)[101]. Dat fiind impactul pe care soluțiile folosite aici l-au avut asupra construcțiilor din perioada modernă, istoricul și criticul Sigfried Giedion⁶⁴ avea să o declare drept una dintre cele mai importante surse ale arhitecturii moderne (Pieter van Wesemael, 2001: 215)[122]. Prăpastia existentă în acel moment între ambițiile tehnicienilor și arhitecților, legate de fier, era evidențiată de cele câteva tușe de ornament și tratamentul cromatic obsedant, aplicate de arhitectul Owen Jones pentru a îndulci impactul marelui schelet metalic (Hitchcock, 1958: 126)[70].

Poate cel mai elegant palat de cristal construit în același spirit este cel din Dublin (1852) conceput de John Benson⁶⁵. Un urmaș mai puțin încununat de succes avea să fie cel din New York, construit de G.J.B. Carstensen⁶⁶ și Charles Gildemeister⁶⁷ în 1853, a cărui distrugere în urma unui incendiu punea serios la îndoială rezistența la foc a elementelor din fier neprotejate, atrăgând atenția asupra limitărilor acestui sistem constructiv. Aceeași soartă aveau să o împărtășească Glaspalast din München (1854) al lui August von Voit⁶⁸, respectiv Paleis voor Volksvijt din Amsterdam, construit în 1856 după planurile lui Cornelius Outshoorn. Într-un asemenea context, prima expoziție internațională din Paris (1855) nu a beneficiat de un palat de cristal ci de o clădire mixtă (*fig.2.2.1h2*) în care marile arce ce acopereau spațiul erau complet mascate la exterior de o coajă de zidărie absolut convențională, tratată în stil neorenescentist (Hitchcock, 1958: 126)[70].

Importanța acestor construcții remarcabile în procesul de preluare și punere în valoare a structurilor metalice ar fi greu de supraestimat. Dacă considerăm podurile, fabricile și serele avanposturi ale cercetării, marile expoziții reprezintă acele momente de sinteză care valorifică întreaga evoluție din domeniul structurilor metalice. Nu mai puțin importantă este contribuția lor la asimilarea în conștiința publică a potențialului unui asemenea sistem constructiv. Dat fiind aflusul uriaș de expozanți și vizitatori, direct interesați de rezultatul producției industriale, expunerea publică a clădirii care oferea adăpost era extraordinară.

Cu toate acestea la sfârșitul anilor 50' puține mai erau construcțiile care exploatau fierul expus. Între ele, fațadele comerciale din Statele Unite imitau din ce în ce mai mult zidăria în dimensiuni și detalii. În Anglia, 'Epoca Fontei', așa de paradoxal relaționată cu Neogoticul în primele sale faze, avea să ia sfârșit în bună parte tocmai datorită triumfului Neogoticului. Pentru câteva decenii, dezvoltarea ce urma să aibă loc în domeniul arhitecturii avea să fie mai degrabă stilistică decât tehnică, chiar dacă teoriile medievalistului Francez Violet-Le-Duc, care aveau să joace un rol uriaș în reluarea utilizării fierului în anii 80'-90', erau publicate tocmai în această perioadă. Încercările timide de utilizare a oțelului în anii 60' rămân exemple punctuale, adevăratul început al epocii sale venind abia cu o generație mai târziu (Hitchcock, 1958: 129)[70].

⁶⁴ Sigfried Giedion (1888-1968) istoric și critic de arhitectură, autor al *Space Time and Architecture și Mechanization Takes Command*

⁶⁵ John Benson (1812-1874) arhitect și inginer civil [233] absolvent „al unei școli tehnice din Dublin”, arhitect al Church of the Assumption din Collooney [234]

⁶⁶ Johan Bernhard Georg Carstensen (1812-1857) antreprenor, publicist și locotenent în armata Daneză, fondator al parcului Tivoli din Copenhaga [235]

⁶⁷ Karl Gildemeister (1820-1869) arhitect, absolvent al Bauakademie din Berlin [236]

⁶⁸ Richard Jakob August von Voit (1801-1870), fiul arhitectului Johann Michael Voit, a proiectat între altele, împreună cu arhitectul Friedrich von Gärtner, Neue Pinakothek din München (1854) [237]

2.2.2 Arhitectura neoclasică 1750–1930

Curentul neoclasic, definit deja cu ani buni înainte de introducerea pe piața construcțiilor a fierului, a început ca o mișcare puristă în căutarea adevărului intelectual. El reprezenta din punct de vedere stilistic o manifestare împotriva arhitecturii Baroc, ce era considerată 'neadevărată' datorită accentului pus pe iluzie și ornament aplicat [238]. Folosind de-a lungul timpului, ca inspirație stilistică, diverse surse clasice considerate 'adevărate' (puritatea artei romane, idealul Greciei antice și mai târziu Renașterea) dar acceptând în cele din urmă ca sursă 'adevărată' însăși ceea ce a stat la originea contestărilor inițiale (barocul) arhitectura neoclasică avea să devină limbajul școlii Beaux Art, reprezentând modelul de abordare pentru majoritatea clădirilor publice ale secolului XIX. Caracteristic unei perioade foarte lungi, acest stil manifestat ca o antiteză constantă la romanticism sau Neogotic, continuă cu diverse etape ce se împletesc în manifestările istorice eclectică de la începutul secolului XX ce culminau cu Belle Époque și cu perioadele de dictatură începute înainte de cel de al doilea război mondial [239]. Considerată la sfârșitul secolului XIX anti-modernă sau chiar reacționară [239]- deși rigoarea, simplitatea volumelor și utilizarea inovativă a efectelor spațiale ajung să îl impună, prin câțiva reprezentanți de seamă ca Boullée, Ledoux sau Schinkel, ca sursă de inspirație a arhitecturii moderne - arhitectura Neoclasică avea, de cele mai multe ori, să înglobeze sau să îmbrace ca un limbaj decorativ noul material de construcție. Având în vedere că teoria pe care se baza avea ca fundament soluții constructive consacrate, luând în calcul o relație de determinare între structură și formă, detaliu de îmbinare și ornament aplicat⁶⁹, în arhitectura neoclasică fierul nu era considerat un material necesar. Dacă erau dimensionate corect din punct de vedere structural, elementele din fontă sau fier forjat nu aveau proporția corectă, fiind prea fine în raport cu masivele din piatră ordonate după reguli clasice. Cu toate acestea, unele dintre cele mai importante clădiri atribuite acestui stil conțin componente structurale din fontă sau fier forjat. În asemenea clădiri fierul, preluat ca alternativă, înlocuiește din varii motive materialele clasice. Rezistența la foc⁷⁰ îl impune la structura acoperișurilor (Palatul de Marmură din St. Petersburg, holul scării care coboară la Grande Galerie de la Louvre, noul Teatru Francez) sau a planșelor (Bauakademie). Probabil motive legate de cost, sculptarea coloanelor fiind mai scumpă decât turnarea lor, aduc în atenție coloane clasice turnate din fontă (Buckingham Palace). Rezistența superioară îl impune la grinzi dedicate preluării unor deschideri mari (King's Library, British Museum) în timp ce posibilitatea de a obține coloane zvelte este preferată pentru a elibera spațiul (Sala mare a Royal High School, Edinburgh). Nu mai puțin importantă este utilizarea fierului în arhitectura neoclasică cu scopul de a arma zidăria. Efectul avea să se simtă în dimensiunea construcției și proporția elementelor structurale de zidărie (Pantheonul parizian și colonada Louvre-ului). Între puținele situații în care structuri funcționale din metal sau metal și sticlă sunt alăturate sau cuprinse de ziduri neoclasică, cele mai multe se întâlnesc la clădiri comerciale sau destinate transportului feroviar. Două exemple absolut remarcabile vin totuși, excepțional, din sfera edificiilor publice (Bibliothèque Sainte-Geneviève și Bibliothèque Nationale din Paris). Henry Labrousse⁷¹, cel care

⁶⁹ structura, bazată pe materiale rezistente la compresiune, ce preiau încărcările prin masă, face parte din determinanții formei globale; detaliul de îmbinare are o legătură strânsă cu ornamentul aplicat, ornamentul având rolul de a pune în valoare componentele structurale

⁷⁰ mai exact incombustibilitatea

⁷¹ Pierre François Henri Labrousse (1801-1875), arhitect, absolvent al École des Beaux Arts,

le-a conceput, cel care avea să devină simbolul raționalismului structural, era, așa cum susține Giedion, "... un om care unea abilitățile [...] inginerului și arhitectului ..." (1941 :218)[57]. Asemenea exemple reprezintă deja certe modele de punere în valoare, deopotrivă, a uriașului potențial expresiv și portant al structurilor metalice.

1768-72 Palatul de marmură (Marble Palace) din St.Petersburg, realizat de arhitectul Antonio Rinaldi (*fig.2.2.2a*), într-un stil Neoclastic timpuriu, este una dintre primele clădiri care utilizează grinzi de fier la construcția acoperișului (Hitchcock, 1958: 116)[70]. În 1779-81 unul dintre primii reprezentanți ai neoclasticismului francez, arhitectul Panteonului parizian Jacques Germain Soufflot, avea să folosească fierul la structura acoperișului de peste holul scării care urcă la Grande Galerie de la Louvre, Paris (*idem*)[70]. Îngrozit de incendiile repetate de la Royal Palais, arhitectul Victor Louis concepe acoperișul noului Teatru Francez (1786-90) din fier, utilizând principiile puse la punct de doi arhitecți mai degrabă obscuri Ango și Eustache Saint-Fart - schelet metalic și umplutură ceramică (*idem*)[70]. Sir John Soane⁷², unul dintre inovatorii revoluționari ai neoclasticismului Britanic, evită utilizarea lemnului în bolțile rezistente la foc ale Bank Stock Office, Londra 1794, folosind la rândul său elemente ceramice pe structură metalică (*idem*: 117)[70]. Oculusul din bolta centrală, acoperit cu fier și sticlă, este singurul care lasă să se citească componentele structurale metalice (*fig.2.2.2b*).

La Buckingham Palace din Londra (1825-30), cloanele intrării de pe aripa nordică (North Lodge) (*fig.2.2.2c*) sunt turnate din fontă la proporția clasică. Stilul Doric supune metalul amorf limbajului normativ impus de proiectul arhitectului John Nash.

Data fiind necesitatea menținerii unui spațiu fluid, pentru a susține galeria sălii mari a Royal High School, Edinburgh 1825-9, arhitectul Thomas Hamilton folosește coloane de fontă (Mignot, 1983: 39)[111] care, prin proporțiile inedite și capitellurile cu decorație florală, ajung să se impună în spațialitatea interiorului. Nevoile contradictorii: susținerea unei galerii și menținerea continuității spațiului, sunt cele care impun aici utilizarea coloanelor zvelte, imposibil de realizat din alte materiale.

Dimensiunile extraordinare (91m lungime, 12m înălțime, 9m lățime cu o secțiune centrală de 18m lățime) cerute de spațiul King's Library 1823-7, (*fig.2.2.2d*) (*vezi și 3.7.1*), de la British Museum au impus și ele utilizarea grinzilor din fontă. Însăși ideea de a concepe asemenea spații nu putea fi lansată în lipsa noului material. Cu toate că exploatează libertatea de a alege deschideri mai mari, arhitectul Robert Smirke⁷³ nu simte nevoia să trădeze sau să pună în valoare soluția care permite o asemenea performanță. Deși reprezintă o remarcabilă inovație tehnică, permițând obținerea unei deschideri absolut excepționale, comparabilă cu marile deschideri ale cupolelor din Renaștere și Baroc, fără efortul presupus de ridicarea unei cupole de zidărie, scheletul din fontă propus de arhitectul August Augustovich Monferan⁷⁴ pentru cupola Catedralei Sf. Isaac (Hitchcock, 1958: 116)

câștigător al Grand Prix de Rome din 1824 [240], fost student al lui Rondelet (Hanser, 2006: 34)[63]

⁷² John Soane, la origini John Swan (1753-1837), arhitect neoclastic, absolvent al Royal Academy Schools, a câștigat medalia de argint a academiei în 1772, medalia de aur în 1776 și în final o bursa de studii în Italia în 1777 [241]

⁷³ Robert Smirke (1780-1867) arhitect, elev al lui John Soane, a studiat ulterior arhitectura la Royal Academy unde a câștigat medalia de argint în 1796 și medalia de aur în 1799 pentru un proiect de muzeu național [242]

⁷⁴ Henri-Louis-Auguste-Ricard de Montferrand (1786-1858), arhitect, a studiat la Paris, a

[70], construită la St. Petersburg în 1842, (*fig.2.2.2e*), rămâne și el ascuns în spatele decorului clasic. O poziție similară față de structura din fontă o întâlnim și la acoperirea sălii de lectură de la British Museum, (*fig.2.2.2f*), concepută în 1857 de Sydney Smirke⁷⁵ (Hitchcock, 1958: 127)[70].

La începutul secolului XIX, galeria comercială reprezenta un nou tip de construcție, a cărei spațialitate era puternic legată de potențialul structurilor metalice. Protecția la intemperii a atriumului cu galerii pe mai multe niveluri, a aceluși spațiu care asigură fluxul necesar de cumpărători și uriașa suprafață de expunere a mărfii, era oferită de un acoperiș de metal și sticlă, singurul care putea, dincolo de protecție, să permită iluminarea necesară. La Westminster Arcade din Providence, Rhode Island (*fig.2.2.2g*), una dintre cele mai vechi galerii comerciale din Statele Unite, concepută de arhitecții Russell Warren și James Bucklin în 1828, ca un mare templu al comerțului (Smith, 1996: 172)[148], considerată primul shopping mall american, [245] avem un exemplu aparte de asemenea clădire comercială tratată cu considerația estetică convenită celor mai importante edificii publice. Stilul neoclasic timpuriu, care ordonează construcția ce îmbracă marele atrium cu galerii pe trei niveluri, are aici rolul de a oferi prestigiu noii tipologii constructive.

În contextul în care preocupările stilistice încercau mai degrabă să mascheze "... succesul cu care noile nevoi funcționale erau satisfăcute în perioada respectivă de utilizarea îndrăzneță a noilor materiale și a noilor tipuri de construcție." (Hitchcock, 1958: 76)[70], Gare de l'Est (*fig.2.2.2h*), (vezi și 2.2.1), construită la Paris în anii 1847-52 după planurile arhitectului François Duquesney⁷⁶, monument major al Neoclasicismului raționalist, oferă un exemplu în care arhitectura caută o abordare critică, fațada preferând să exprime ceva din spațialitatea interiorului funcțional marcat de acoperișul din fier și sticlă al peroanelor. Adăpostind o altă funcțiune inedită, prima piscină acoperită de pe continentul European, Dianabad din Viena, (*fig.2.2.2i*), concepută de arhitectul Ludwig Förster⁷⁷ împreună inginerul-arhitect Karl Etzel⁷⁸ și construită între anii 1841-3, avea și ea un acoperiș elegant cu grinzi din fontă, expuse cu dezinvoltură la interior. Contravântuirile circulare, un sistem frecvent utilizat la elementele de deschidere mare din fontă de la acea vreme, care denotă de altfel o slabă înțelegere a comportamentului structural, se potriveau excepțional cu detalierea „Rundbogenstil” a zidăriei (Hitchcock, 1958: 123)[70].

O altă perspectivă asupra normelor clasice oferă Bauakademie din Berlin (*fig.2.2.2j*), remarcabilă printre altele pentru abordarea inovativă, aproape lipsită de ornament aplicat. Interpretat critic, stilul clasic se rezumă aici la organizarea construcției. Ridicată între anii 1831-6, această lucrare de referință a lui Karl Friedrich Schinkel⁷⁹ înglobează grinzi de fier pe care sprijină boltișoare de cărămidă

lucrat în biroul Percier&Fontaine și mai târziu sub conducerea lui Vignot la Madeleine, Paris.

În anii de glorie a fost arhitect de curte al țarului Nikolaj I al Rusiei [243]

⁷⁵ Sydney Smirke (1798-1877), arhitect, fratele mai tânăr al lui Robert Smirke. A primit RIBA Royal Gold Medal în 1860, a devenit asociat al Royal Academy în 1847 și a fost ales academician în 1859. A fost profesor de arhitectură între anii 1860 și 1865. [244]

⁷⁶ François-Alexandre Duquesney (1790-1849), arhitect, absolvent al École des Beaux-Arts, elev al lui Charles Percier [246]

⁷⁷ Ludwig Christian Friedrich (von) Förster (1797-1863) arhitect, a studiat la München și Viena, între anii 1842 și 1845 a fost profesor la Wiener Akademie [247]

⁷⁸ Karl (von) Etzel (1812-1865), inginer de căi ferate și arhitect [248]

⁷⁹ Karl Friedrich Schinkel (1781-1841) unul din cei mai importanți arhitecți ai secolului XIX, a studiat cu Friedrich Gilly și tatăl acestuia David Gilly. Lucrările sale, în special Altes Museum

Într-un sistem studiat în Anglia, unde arhitectul se documentează (Darley, 2003: 26-30)[36] în legătură cu tehnologia revoluției industriale. Sistemul portant cu grinzi de fier descărcate pe pile de zidărie, pus la punct de Schinkel împreună cu inginerul Peter Beuth (Adam, 2004: 11)[2] este considerat unul din premergătorii sistemului structural scheletal. Clădirea bibliotecii Sainte-Geneviève din Paris (*fig.2.2.2k*) (vezi și 3.6.2), construită între anii 1843-50 după planurile concepute de Labrouste între anii 1839-42 este una din primele construcții publice ce utilizează „exclusiv și aparent” o structură metalică (Hanser, 2006: 34-38)[63]. Radical diferită de soluțiile convenționale, această bibliotecă mizează pe principiul pe care erau construite fabricile englezești: coaja de zidărie neorenascentistă, lipsită de referințe istorice, înglobează „... asemeni mecanismului unui ceas în carcasa sa ...” (Giedion, 1941: 220)[57], o elegantă structură metalică cu coloane și arce, ce poate fi considerată de inspirație gotică (Blanc, 1993: 6)[14]. Acest răspuns venea ca rezultat al unei gândiri raționale (Frampton, 1995: 41)[49] în cadrul căreia necesitățile funcționale au fost cele care au impus abordarea. Asemeni structurilor industriale, nimic nu pare a fi aici întâmplător sau rezultat al capriciului.

Sobră până la austeritate - aproape nu există decorație - fațada nu este nici drăguță nici măcar elegantă. Nu sunt ordine clasice și nici o referință la clădiri din trecutul istoric. Pentru mulți contemporani clădirea nu avea stil. Labrouste a vrut ca funcțiunea și structura reală, nedeghizată, să ordoneze clădirea sa. Orice ornament trebuia să derive din cea din urmă [structura] și să ajute publicul să înțeleagă prima [funcțiunea]. Ei trebuiau să fie capabili să citească clădirea sa „ca [pe] o carte”. (Hanser, 2006: 36)[63]

În 1862-8, reprezentând deja un important avans tehnologic (Hitchcock, 1958: 128)[70], avea să fie construită sala de lectură a Bibliothèque Nationale din Paris (*fig.2.2.2l*), (vezi și 3.6.2). Proiectul lui Labrouste, propune aici cupole luminatoare din teracotă purtate de coloane și arce fine de metal într-un sistem structural ce avea să uimească (sau să contrarieze) prin spațialitate, eleganță și funcționalitate. Soluția oferită de Labrouste pentru depozitul central, venită ca răspuns la nevoia tot mai mare de spații de depozitare, impusă de producția de carte a secolului XIX, reprezintă cu certitudine o altă capodoperă. Utilizarea grilajelor de fontă pentru pardoselile celor patru niveluri, caracteristică probabil sălilor de mașini ale vapoarelor cu aburi, dezvăluie "... germenii unor noi posibilități artistice" (Giedion, 1941: 226)[57].

2.2.3 Arhitectura neogotică 1730-1930

Folosirea fierului la scară arhitecturală își are originea în perioada de început a curentului Neogotic (Biserica St Anne). Această perioadă, dominată de sentimentalism și pitoresc, mai puțin interesantă din punct de vedere stilistic, a coincis cu creșterea disponibilității fontei pe piața materialelor de construcție, disponibilitate ce avea să încurajeze căutarea celor mai diverse aplicații. Coloanele de susținere gotice, ornamentele goticizante, realizate la origini manual, din piatră, își găseau substitut ieftin în piese din fontă ce puteau fi replicate cu ușurință în matrițele de turnare. Primele structuri gotice din fier (Bisericile lui Rickman și Cragg din Liverpool) aveau să fie construite în aceeași perioadă, înainte de aprofundarea studiilor istorico-arheologice care aveau să se materializeze la început în idealizarea

din Berlin, au reprezentat o importantă sursă de inspirație a arhitecților primei jumătăți a secolului XX [249]

morală a societății medievale bazate pe meșteșug tradițional, o societate în care, fierul ca material al revoluției industriale nu își găsea locul. Superficial, interpretarea doctrinară ducea inevitabil la respingerea fierului ca material de construcție potrivit pentru un edificiu gotic. În profunzime, principiul de accentuare a primatului metodelor de construcție⁸⁰ în fața imaginii obținute prin copierea detaliilor ornamentale⁸¹, avea să devină referențial în pasul către exploatarea modernă a fierului în sisteme structurale zvelte, aparente, dedicate funcțiunii care le determină forma. Acest principiu a deschis orizontul primelor încercări de adaptare a limbajului formal la noile nevoi și mijloace de edificare. În fapt, gândirea raționalistă, introdusă odată cu sistematizarea căutărilor arheologice de la începutul secolului XIX, în contrast cu originile romantice, aduce o contribuție esențială în utilizarea și dezvoltarea sistemelor constructive scheletale din fontă și oțel: încurajarea libertății de expresie și a onestității structurale, idealuri ce pot fi considerate motoare esențiale ale mișcării moderniste. Chiar dacă pretențiile de reprezentare sunt fundamental diferite, marile structuri construite la mijlocul secolului XIX (Crystal Palace sau acoperirea cu sticlă a curții Oxford University Museum) pot fi considerate deopotrivă rezultat al respectării principiilor propuse de gândirea raționalistă.

Dintre arhitecții care au îmbrățișat acest stil, între care cei din Franța erau cu toții arheologi amatori ce aveau la activ restaurarea a cel puțin unui edificiu gotic înainte de a se dedica propriilor proiecte [238], Viollet-Le-Duc⁸², unul din exponenții cei mai importanți, vedea o arhitectură a secolului XIX bazată pe un sistem compozițional și constructiv rațional, ce se regăsește în stilul Gotic, fără o detaliere ornamentală imitativă. Tratatul său (*Entretiens sur l'architecture*), publicat între 1863 și 1872, un set de proiecte nerealizate pentru clădiri ce combinau fierul cu zidăria (*fig.2.2.3a*), aveau să devină sursă majoră de inspirație pentru arhitecții lumii moderne.

Coloanele care susțin galeria bisericii St. Anne, Great Richmond street, Liverpool (*fig.2.2.3b*) construită între anii 1770-2, reprezintă probabil primul exemplu de utilizare a fierului la „scară arhitecturală” (Hitchcock 1958: 116)[70]. Palatul de la Kew, construit pentru George al III-lea între anii 1802-11 după proiectul arhitectului James Wyatt în stil "castel medieval", înglobează o structură scheletală realizată în totalitate din fier (idem: 117)[70]. Într-o perioadă în care serele erau construite din zidărie, cu zone mari vitrate între coloane și acoperșuri pline, superornamentata seră neogotică de la Carlton House, Londra 1811-12 (*fig.2.2.1c1*), (vezi și 2.2.1) proiectată de arhitectul Thomas Hopper, dovedește extraordinara capacitate a fontei de a prelua în componente filigrane rolul elementelor structurale gotice. Bisericile din Liverpool concepute în stil neogotic de meșterul fierar John Cragg și arhitectul Thomas Rickman, pun deja în valoare avantajele prefabricării structurilor metalice: prima biserică, St. George's din Everton 1812-14, (*fig.2.2.3c*), construită în jurul unui schelet din fontă devine model pentru St Michael din Hamlet 1813-15, (*fig.2.2.3d*) care refolosind matricele pentru prefabricarea elementelor structurale și ornamentale, beneficiază de o

⁸⁰ metodele de construcție, aici medievale, considerate ca fiind rezultatul unei organizări sociale sănătoase, constituiau fundamentul, formele rezultau implicit

⁸¹ ornamentul, aici gotic, formele goticului în general, erau considerate a fi rezultatul unui proces cu origini culturale profunde, ele nu puteau fi obținute decât prin redobândirea valorilor culturale ce au stat la baza nașterii lor, astfel imitarea pur formală fiind respinsă

⁸² „ultimul mare teoretician în lumea arhitecturii” John Summerson 'Viollet-le-Duc and the Rational Point of View', in: Summerson, *Heavenly Mansions and other essays on architecture* (1948), New York 1963, p 135 (preluat din Kruff, 1985 :282)[87]

reducere substanțială a costurilor [250]. Fonta, utilizată inițial doar la interior, preia la St Michael toate detaliile posibile ajungând să fie exprimată inclusiv la nivel de fațade [251]. Construită în anul 1816, biserica St. Philip din Toxteth street, întărește imaginea succesului pe care l-a avut structura scheletală din fontă în arhitectura Neogotică a începutului de secol XIX. Construcția Kreuzberg Memorial din Berlin, 1819 (*fig.2.2.3e*), a lui Karl Friedrich Schinkel, este un exemplu timpuriu de utilizare a fierului în arhitectura Neogotică din afara Marii Britanii. În totală contradicție cu ideile pe care Augustus Welby Northmore Pugin⁸³ avea să le materializeze în scrierile din 1836 și 1841⁸⁴, dată fiind probabil semnificația monumentului, piesele turnate în fontă imită cu acuratețe detaliile gotice, Schinkel mizând evident pe componenta pur formală. Chiar în perioada în care scrierile lui Pugin influențau substanțial gândirea doctrinară anti-industrială a curentului Neogotic, construcția Westminster Palace din Londra 1840 (*fig.2.2.3f*) (vezi și 3.7.1), conceput de arhitectul Charles Barry, la care însuși Pugin a luat parte ca principal proiectant de detalii, avea să mizeze, din motive de rezistență la foc, pe componente structurale metalice atât la construcția acoperișului, cât și a planșelor. Atent ascunse de ochiul privitorului, aceste soluții reprezentau de altfel punctul culminant al dezvoltării tehnologice din acel moment. În Franța una din lucrările de mare amploare și elaborare tehnică, ce a folosit ca prototip pentru structura acoperișului bazilicii Sainte-Clotilde, este structura din fontă a acoperișului ce protejează bolțile Catedralei Chartres (*fig.2.2.3g*), concepută și executată de C.-J. Baron și industriașul Emile Martin între anii 1837-9 (Hitchcock 1958: 108)[70]. Bazilica Sainte-Clotilde (*fig.2.2.3h*) reprezintă prima biserică din Paris construită în stil Neogotic. Începută în anul 1846 după un proiect realizat de arhitectului Franz Christian Gau în 1839 și finalizată în 1857 după moartea acestuia, de Théodore Ballu (Hitchcock 1958: 108)[70], Sainte-Clotilde impresionează prin turlile din fontă ce lasă să se întrevadă oportunitățile oferite de utilizarea noului material. Cu toate acestea, proporția contestabilă, aspectul mecanic și lipsit de caracter al detaliului rămân realități discutabile, accentuate critic în prezentarea oferită de Hitchcock (idem)[70]. Un exemplu impresionant prin dimensiunile care o plasează între cele mai înalte turlle din Franța 151m, este fleșa Catedralei din Rouen (*fig.2.2.3i*), care înlocuiește fleșa inițială din lemn acoperit cu plumb poleit. Construcția începută în 1848 de Jean-Antoine Alavoine, având ca inspirație turla Catedralei Salisbury, și finalizată de Eugene Barthelemy și L. F. Desmarest în 1877, ni se prezintă și astăzi ca o fascinantă structură din fontă, complet deschisă. Prima biserică din Paris construită pe o structură aproape în totalitate din fier pare a fi Saint Eugene, 1854-5, (*fig.2.2.3j*), a arhitectului Louis-Auguste Boileau, biserica Saint Eugene din Le Vesinet, 1863, fiind un ecou al acesteia. Fără a oferi forme sau spații ieșite din comun, poate cel mult contradictorii prin dimensiunea neobișnuită a componentelor goticizate, acestea rămân martore ale potențialului pus la dispoziție de structurile scheletale realizate din noul material. Importanța ornamentului gotic în conștiința creștină a epocii se poate observa și în bisericile prefabricate de Samuel Hemming și exportate în lumea întreagă la începuturile anilor 1850, a căror linie este îndulcită folosind o seamă de detalii gotice. Înainte de adevărata revenire a fierului în construcțiile neogotice, după moartea lui Pugin, surprinzătoare probabil și prin

⁸³ Augustus Welby Northmore Pugin (1812-52), arhitect, designer, teoretician, a introdus un ton polemic și ideologic în dezbaterile privind arhitectura Neogotică. (Kruft, 1985: 327)[87]

⁸⁴ Este vorba de *Contrasts* (1836) și *The True Principles of Pointed or Cristian Architecture* (1841) scrieri care marchează "... un punct în teoria arhitecturii în care considerentele non-arhitecturale și non-estetice preiau primplanul." (Kruft, 1985: 327)[87]

implicarea lui Ruskin care era un adversar declarat al noului material și a tot ceea ce însemna el pentru lumea secolului XIX, este curtea acoperită cu fier și sticlă a Oxford University Museum (vezi și 3.6.2), 1855-60, (fig.2.2.3k) a arhitecților Thomas Deane și Benjamin Woodward. Materializată în cele din urmă după un eșec de proporții, prima structură ce folosea în principal fierul forjat fiind incapabilă să își susțină propria greutate [252], ajunge să se remarce față de ceea ce se construia în acea vreme fără control arhitectural, și chiar față de primele încercări ale lui Rickman de la începutul secolului. Este notabil caracterul articulat al structurii și ornamentul din fier forjat reprezentând ramuri de platan, nuc și palmier, a căror elaborare pare făcută în întâmpinarea tehnologiei de producție. După cum remarcă Hitchcock (1958: 176)[70] ar putea fi vorba aici de un prim ecou în Anglia al teoriilor lui Violet-Le-Duc, deși puțin probabil având în vedere că entuziasmul lui pentru fier a început ceva mai târziu. Influența lui Le-Duc putea veni totuși prin publicația sa arheologică, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française*, apărută cu un an mai devreme (idem)[70].

2.2.4 Arhitectura eclectică 1840-1930

Paradoxal sau nu curentul arhitectural eclectic avea să acorde o mare atenție noilor soluții inovative. Aparent obsedați mai mult ca niciodată de elaborările stilistice, de găsirea limbajului arhitectural național, a sursei potrivite de inspirație (Hitchcock, 1958: 154)[70], arhitecții erau preocupați să încorporeze în clădirile lor tot ceea ce putea satisface mai bine nevoile ce stăteau la baza edificării, implicit o bună parte din tehnologia de ultimă oră. Între componentele stilistice care își diversifică nediscriminator sursele de inspirație, citatele venind din orice perioadă a istoriei, de la Egipteni la Louis al XVI-lea, fiind preluate cu sau fără discernământ principii structurale, forme arhetipale, planuri sau simple motive ornamentale, se regăsesc și structuri metalice exprimate cu mare nonșalanță (Queen's Park Church, Glasgow). Cu toate acestea, chiar dacă considerente economico-funcționale determinau o consistentă utilizare a fierului, expunerea acestuia rămâne o soluție mai degrabă excepțională. De cele mai multe ori construcțiile ce adăposteau programe noi, a căror structuri metalice rezolvau necesități funcționale, erau tratate decorativ într-un limbaj ambiguu. În dorința de exprimare prin stil a prestigiului (Paleis voor Volksvljijt), sau impunere prin grandoare, noul material rămânea în plan secund, susținând invizibil forme al căror fond nu se mai regăsea nici în sistemul constructiv, nici în doctrinele stilistice ce reglau compoziția edificiului inițial (Cupola Capitolului din Washington). Dacă acest curent arhitectural nu a reușit să găsească o imagine proprie noului material sau noilor sisteme constructive, cu siguranță noul material s-a pus în slujba acestui curent cu toată deschiderea - cele mai multe din aberațiile stilistice ce aveau să fie aduse la lumină în această perioadă nu s-ar fi putut realiza fără aportul industriei de prefabricare pusă în slujba ornamentului aplicat.

Unul din exemplele eclecticismului romantic, practicat înaintea perioadei de glorie, este Royal Pavilion din Brighton, construcție în stil neoclasic timpuriu, ce avea să fie transformată în 1818-21 de arhitectul John Nash, care îi conferă un aer oriental de influență chinezo-indiană. Bucătăria (vezi și 3.6.1) și câteva din camerele atașate de Nash aveau să ofere primele exemple notabile de utilizare a fierului la o scară proprie, dată de calitățile materialului și nu imitând dimensiunile zidăriei. Deși primele schițe prezentau coloane zvelte fără capitel, ceea ce s-a pus

În operă avea să fie ornat cu motive florale pentru a îndulci impactul vizual. Invizibil de această dată, scheletul mării cupole în formă de bulb (*fig.2.2.4a*), este realizat de asemenea din metal. Un alt exemplu de utilizare dezinvoltă a metalului, cerută de considerente funcționale, este Coal Exchange din Londra construit în anii 1846-9 după desenele lui James Bunstone Bunning (vezi și 3.6.2). Două „palazzo” așezate la un unghi relativ ascuțit și articulate de un turn în stil pitoresc, ascund un interior greu de intuit: zidăria, aproape invizibilă, lasă loc unei elegante „colivii din elemente metalice fine ce urcă spre marea cupolă din fier și sticlă” (Hitchcock, 1958: 123)[70] (*fig.2.2.4b*). Cupola Capitolului din Washington 1855-65, (*fig.2.2.4c*) concepută de Thomas U. Walter în stil second empire, evidențiată mai ales prin dimensiuni, rivalizează cu cele mai mari cupole ale Barocului din Europa. Silueta asemănătoare cu cea a cupolei lui Michelangelo ascunde însă o structură din fontă motivată de facilitatea execuției, greutatea redusă ce putea fi suportată de o structură preexistentă și costurile reduse substanțial în raport cu cele ale unei cupole similare construite din zidărie. Paleis voor Volksvlucht din Amsterdam (*fig.2.2.4d*), construit în anul 1856 pe modelul palatelor de cristal după planurile lui Cornelis Outshoorn, pentru a găzdui expoziții de tot felul, ne prezintă o structură metalică ameliorată de un eclectism second empire cu accente neorenascentiste. Bisericile lui Alexander Greek Thomson construite în a doua jumătate a secolului XIX, Vincent street Church 1858 (Macaulay, 2004: 132-133)[98] (*fig.2.2.4e*) și Queen's Park Church 1867 (*fig.2.2.4f*) din Glasgow expun de asemenea fierul la interior. La Queen's Park, ce combină stilul neoclasic cu fațade de o profunzime mai degrabă baroc, cu o turlă de influență Hindu, elementele metalice sunt folosite cu o logică remarcabilă: atât turnul masiv de zidărie cât și lucarnele sprijină pe coloane metalice delicat proporționate, puse în valoare cu o franchețe greu de egalat înaintea secolului XX. În același timp, la Biserica Saint-Augustin din Paris (*fig.2.2.4g*) construită între anii 1860-7, o mixtură de romanic, bizantin și elemente de renaștere italiană, ce completează imaginea clădirilor cu apartamente aliniate la bulevard ale urbanismului Hausmannian, oferea un exemplu mai puțin inspirat. Proiectate de Victor Baltard, cel care concepuse Les Halles în 1853, arcele principale ale acoperișului se articulează destul de nefericit cu designul Romanic-Renascentist al structurii de zidărie. Alte exemple de utilizare expusă a fierului oferă bisericile de cartier din Londra, St Mark's Church, în St. Mark's Road și St. George's Church, în Campden Hill, construite în 1864 de Enoch Bassett Keeling în stil gotic continental tratat liber, sau St Mary's Church 1866-73, (*fig.2.2.4h*) din suburbia Ealing, concepută de Samuel Sanders Teulon în stil gotic cu influență bizantină. Putem observa aici coloane de fier care preiau arcadele navelor. Considerat un avans tehnologic, produs al culturii germane, stilul național "Rundbogenstil", rezultat din combinația rigorii clasice cu limbajul medieval romanic, expresie a materialelor de construcție aflate la dispoziție în spațiul German, avea să se dovedească foarte potrivit cu marea structură de acoperire pe arce din fontă a Anhalter Bahnhof din Berlin (*fig.2.2.4i*) construită între anii 1872-80. Așa cum susține Hitchcock, această gară concepută de Franz Schwechten, cu o deschidere de 62m la acoperirea peroanelor, cea mai mare de pe continent, reprezintă un adevărat pas înainte în domeniul clarității și coerenței organizării față de principala gară englezească din aceea perioadă, St. Pancras din Londra. Deși este greu de susținut că acoperirea peroanelor a fost concepută intenționat în Rundbogenstil, ea oferă un exemplu mult mai 'fericit' de relaționare ca „scară și formă” cu elementele de zidărie, decât cea a gării din Londra (Hitchcock 1958: 154)[70]. În Olanda, acoperirea cu fier și sticlă a celor două curți a Rijksmuseum din Amsterdam, construit după planurile lui Pierre

Cuijper între anii 1877-85, se împletește cu clădirea ce combină aceleași elemente romanice și renașcentiste. Același stil se va regăsi și la Gara din Amsterdam 1881-9 (fig.2.2.4j), proiectată de același Cuijper, care încorporează acoperișul funcțional din fier și sticlă al peroanelor.

2.3 Curente premoderne

2.3.1 Școala Chicago

Într-un spațiu geografic în care industria cunoștea o dezvoltare fără precedent și tradiția inhibitoare a școlii Beaux-Art lipsea cu desăvârșire, noul program al clădirii comerciale multietajate avea să devină catalizatorul perfect pentru o abordare diferită a expresiei arhitecturale. Puși în mișcare de extraordinara cerere de spațiu, determinată pe lângă industrializare de recente incendii devastatoare care au distrus o bună parte din fondul construit, proiectanții orașului Chicago aveau să se confrunte cu probleme noi, ridicate cu precădere de creșterea pe înălțime a clădirilor comerciale. Încercând să răspundă provocărilor, fără a căuta inovația în sine, ei aveau să adapteze și să pună în valoare mai cu seamă ceea ce industria construcțiilor oferea deja: experiența de aproape un secol dobândită în utilizarea structurilor metalice în clădiri multietajate industriale și civile. Indiferent că vorbim de fabricile și antrepozitele cu structură interioară din fontă și fier forjat realizate de la începutul secolului, de fațadele din fontă din anii 40', de marile expoziții de la mijlocul secolului, de uriașele silozuri americane sau de modelul celor câteva clădiri comerciale din Marea Britanie și Statele Unite ce înglobau deja, în parte, această experiență, ele aveau să devină baza tehnologică pentru noul sistem constructiv scheletal care, alături de celelalte descoperiri privind sistemul de fundare, transportul pe verticală și instalațiile interioare, aveau să facă posibilă construcția zgârie-norilor. În condițiile în care caiete de sarcini foarte precise impuneau pentru asemenea clădiri soluții esențialmente eficiente economic, rolul de interfață, de mediator între soluția tehnică și expresia artistică avea să revină în primul rând sistemului de anvelopare. Sinteză a căutărilor de distanțare față de modelul palatului renașcentist mutilat de necesitățile impuse de noile programe pe care căutau să le împacheteze (ferestre mai mari decât modelul florentin anulau sistemul de proporții; mai multe niveluri transformau clădirea într-o suprapunere de palate, adevărate cutii ornamentate al căror rol era acela de a ordona înălțimile de până la cinci și chiar șapte etaje cerute de beneficiari), stilul Richardsonian avea să ofere un model plauzibil pentru fațadele inițiale de zidărie ce îndeplineau încă un rol portant sau autoportant. Acest tip de fațadă își atinge apogeul într-o formulă expresivă ce propune definirea prin formă a funcției de a fi înaltă, considerată de cel care avea să îi ofere baza teoretică, arhitectul Louis Sullivan, funcțiunea de facto a clădirii. Pe măsură ce fațadele se eliberează de rolul structural, accentul expresiv se mută pe construcția modulară, ortogonală a clădirii. Apar și primele încercări de tratare volumetrică independentă de linia structurală. Este momentul care marchează pentru prima dată eliberarea elementelor de definiție spațială de constrângerile structurale. Dacă 'noutățile' utilizate nu erau cu totul noi, inovațiile avându-și un precedent tot mai des revendicat, arhitecții și inginerii școlii Chicago au meritul de a fi reușit să pună laolaltă, într-o formulă de o sesizabilă coerență,

într-o perioadă relativ scurtă, toate acele realizări ce aveau să devină ulterior baza conceptuală a arhitecturii moderne.

Printre exemplele care pot fi creditate ca eventual model pentru noua tipologie a construcțiilor comerciale multietajate, total atipică pentru perioada în care a fost construită, se poate aminti clădirea de pe Jamaica Street (arhitect necunoscut) din Glasgow ridicată în 1855 (*fig.2.3.1a*) (vezi și 3.7.3). Fațada realizată complet din fontă păstrează aici urma arcașilor ce par a proveni de la modelul 'palazzo' (Hitchcock, 1958: 232)[70]. Oriel Chambers (*fig.2.3.1b*) (1864-5) și 16 Cook Street (*fig.2.3.1c*) (1866) (idem: 238)[70] din Liverpool, construite după proiectele lui Peter Ellis pe schelet metalic exprimat aparent în fațadele posterioare, sunt alte două edificii care își pot revendica primatul în domeniul acestei tipologii. Într-adevăr, multe din elementele devenite normă în construcția „zgârie-nor” se regăseau deja în clădirile lui Peter Ellis: ferestre bovindou, concepute ca unități prefabricate, care exprimă construcția modulară a clădirii, vitrajul fațadelor posterioare, scos în consolă, ce constituie un exemplu timpuriu de fațadă cortină. Este foarte probabil că aceste clădiri să fi exercitat o influență asupra arhitectului american John Wellborn Root⁸⁵ care se afla la Liverpool în perioada în care au fost construite (Billington, 1983: 106)[12].

În 1879, Leiter Building din Chicago (*fig.2.3.1d*) proiectată de William le Baron Jenney⁸⁶ folosește deja o structură scheletală ce poate fi considerată independentă. Greutatea celor cinci planșee, aici pe grinzi de lemn, era preluată în totalitate pe stâlpi de fontă, pilele de zidărie ale fațadei având doar rol autoportant (Condit, 1964: 79-80)[31]. Montauk Block (*fig.2.3.1e*) (1882-3), prima construcție comercială importantă proiectată de cuplul John Root și Daniel Burnham⁸⁷, cea mai înaltă clădire din Chicago la momentul finalizării, avea să se dovedească remarcabilă prin însăși forma de abordare a proiectării, caracteristică mai degrabă construcțiilor funcționale (vezi 2.2.1):

"A fost primul mare proiect comercial ce se materializa ca rezultat al unei investigații asidue în noul spirit științific a tuturor factorilor implicați: nevoile economice, costurile, posibilitățile financiare și cerințele utilitare asociate cu clădirea administrativă urbană, și mijloacele tehnice prin care asemenea cerințe ar putea fi îndeplinite respectând posibilitățile." (Condit, 1964: 51)[31]

Acest edificiu cu zece niveluri susținute de un schelet metalic interior și o fațadă portantă de zidărie, poate fi considerat o fidelă transpunere tridimensională a

⁸⁵ John Wellborn Root (1850-91), arhitect cu pregătire în domeniul ingineriei civile, unul din exponenții de marcă ai școlii Chicago. A studiat la New York ingineria civilă, a lucrat ca arhitect desenator la James Renwick și mai târziu la Carter, Drake and Wight din Chicago (Condit, 1964: 45). A fondat în 1873, împreună cu Daniel Burnham Burnham & Root, una dintre cele mai renumite firme din istoria arhitecturii americane (John Wellborn Root.Britannica). Opiniile sale despre stil relevă influența lui Gottfried Semper și, probabil, a lui Viollet Le Duc (Kruft, 1985: 361)[87]

⁸⁶ William Le Baron Jenney (1832-1907) inginer, arhitect, a absolvit École Centrale des Arts et Manufactures din Paris în 1856, la un an după Gustave Eiffel. Între 1861-6, în timpul războiului de secesiune, a fost inginer civil în armata unionistă, ajungând la gradul de Major. Gândirea sa a fost puternic influențată de lucrările lui Viollet Le Duc (Billington, : 105) Personalitate de mare influență în arhitectura sfârșitului de secol XIX, a avut ca angajați în biroul său de la Chicago pe Burnham, Holabird, Roche și Sullivan. A avut în pregătirea tinerei generații de arhitecți din Chicago un rol similar cu cel pe care l-au avut la începutul secolului XX Behrens în Germania sau Perret în Franța (Giedion, 1941: 371)[57]

⁸⁷ Daniel Hudson Burnham (1846-1912) arhitect și urbanist, forța organizatorică a firmei Burnham & Root. A activat ca desenator în cadrul firmei lui William Le Baron Jenney. Ca urbanist, impactul său asupra orașului american a fost substanțial [253].

"ideilor dibace, îndrăznețe și originale ale" clientului (Condit, 1964 :52)[31]. Principiile care au stat la baza Montauk Block, ce aveau să devină principii generale pentru noua tipologie, aveau să se regăsească cu mare precizie în sarcinile pe care antreprenorul Brooks⁸⁸ le impunea prin tema de proiectare arhitecților. În specificațiile privind componentele funcționale și poziționarea acestora sau preferințele legate de finisaj, accentul pe utilizarea eficientă a resurselor este evident, la fel de evident ca și dilema ce se păstrează și astăzi la investițiile în clădiri speculative: se dorește o clădire de prim rang sau cea mai ieftină clădire posibil? (idem:51-53)[31]. Contribuția importantă pe care John Root avea să o aducă în această construcție rezidă în două inovații esențiale ce vin mai degrabă din domeniul ingineriei: placarea grinzilor structurale cu elemente ceramice cu goluri, ce creștea substanțial rezistența la foc a construcției, și sistemul de fundare, cu șine de cale ferată încastrate în beton, ce făcea posibilă distribuirea greutății unei clădiri de asemenea dimensiuni pe solul mlăștinos specific orașului Chicago (idem: 79-80) [31].

Clădirea care își revendică primatul în utilizarea a ceea ce avea să fie numit sistem constructiv „zgârie-nor” este Home Insurance Building (*fig.2.3.1f*) (vezi și 3.7.5) construită după proiectul lui William le Baron Jenney în 1883-5. Influențele încorporate în această clădire, de la construcții Filipineze cu origini Neolitice, la sistemul 'balloon frame' din New England sau, mai probabil, silozurile construite de Bogardus și antrepozitele lui Hippolyte Fontaine (Condit, 1964: 80-84)[31], nu sunt încă pe deplin desluite. Nu mai puțin probabilă este influența inginerului arhitect Frederick Bauman⁸⁹, "... emigrant German și foarte serios Semperian" (Mallgrave, 2005:164)[103], care a lucrat la pregătirea planurilor pentru Home Insurance. Întreaga clădire, inclusiv fațadele, descarcă aici pe un schelet metalic format din stâlpi cilindrici din fontă și chesoane din fier forjat și grinzi cu profil I din fier forjat și oțel (Gayle, 1980: 74)[54]. Chiar dacă nu poate fi considerat un schelet metalic pur, având în vedere că parte din greutate era preluată de pilele de granit de la bază sau de pereții de cărămidă de la nivelul calcanelor, ceea ce a făcut posibilă adăugarea a două etaje suplimentare în 1890, Home Insurance Building poate fi numită "pasul decisiv în evoluția structurii în cadre de fier și oțel" (Condit, 1964 :81) [31]. Fără a putea spune că expresia arhitecturală se ridică la nivelul tehnologiei, fațadele fiind mai degrabă o relevare directă a sistemului structural, se observă cum acea caracteristică gravitațională a zidurilor portante lasă loc unui 'fagure' de celule rectangulare, expresie a echilibrului forțelor de întindere și compresiune preluate de scheletul interior, ce nu mai presupune o dominantă verticală sau orizontală.

În paralel cu schimbarea bazelor conceptuale și evoluția rapidă a soluțiilor constructive, Marshall Field Wholesale Store (*fig.2.3.1g*), (1885-7) proiectată de Henry Hobson Richardson, avea să marcheze un punct culminant în încercarea de restilizare a palatului renașcentist, acel model expresiv adoptat inițial de arhitecții clădirilor comerciale multietajate. Într-un concept logic și expresiv greu de depășit, structura internă modulară ordonează ritmul arcadelor și organizează fațada, în timp

⁸⁸ Frații Peter și Shepherd Brooks, probabil cei mai importanți dezvoltatori imobiliari din perioada de început a clădirilor de birouri speculative (Miles, 2000: 129)[113], au avut un rol decisiv în dezvoltarea orașului Chicago la sfârșitul secolului XIX, începutul secolului XX.

⁸⁹ Frederick Baumann (1826-1921) inginer, arhitect preocupat de teoriile lui Gottfried Semper. A scris despre proiectarea sistemului de fundații izolate. Între anii 1880 și 1890 a ținut cursuri și a publicat o seamă de articole în *Inland Architect*, bazate pe teoriile lui Semper. Sub influența lui Baumann John Root a scris "Development of Architectural Style", un eseu ce reprezintă traducerea lucrării lui Semper din 1869 "Über Baustile" (Waldheim, 2005: 7) [168].

ce grosimea exprimată a zidăriei însoțește și accentuează gradarea verticală obținută prin reducerea dimensională a arcașelor ce înrămează suprafețele vitrate, a scării de texturare și chiar a dimensiunii blocurilor de zidărie.

O structură de tranziție ce folosește atât structura scheletală cât și zidăria portantă găsim în Rookery Building (*fig.2.3.1h*) (1887-8) a lui Burnham & Root. Auditorium Building (*fig.2.3.1i*), cea mai mare clădire din Statele Unite în momentul finalizării în 1890, reprezintă prima lucrare cu adevărat importantă a cuplului Adler & Sullivan. Această construcție a cărei exterior derivă în parte direct de la Field Store reprezenta un complex ce conținea un hotel, o sală de operă și spații pentru birouri de închiriat. Fațadele, încă din zidărie portantă, preiau stilul Richardsonian adaptându-l pentru mai multe niveluri. Interesant de remarcat că și în condițiile de fundare pe noul sistem cu beton armat cu șine de cale ferată, greutatea suplimentară a zidăriei portante a fațadelor avea să genereze o tasare suplimentară ce poate fi observată ușor în lobby-ul teatrului.

Tacoma Building 1887-9 a lui William Holabird și Martin Roche (vezi și 3.7.5), școliți în biroul lui Jenney, are cele două fațade purtate pe scheletul metalic. Efectul este asemănător cu cel al Oriel Chambers din Liverpool. Un exemplu avansat de cadre din fontă de tipul celor folosite de Daniel Badger și James Bogardus cu patruzeci de ani mai devreme oferă Willoughby Building (*fig.2.3.1j*), construită în 1887 de Leroy Buffington, cel care avea să scoată un patent pe construcția cu sistem scheletal în 1888 (Condit, 1964: 80)[31]. Fațadele de la stradă sunt aproape complet din sticlă așezată între stâlpii din fontă și grinzi parapet din fier forjat. Ornamentul greoi distrage atenția de la ceea ce ar fi un caroiș deschis de pile înguste ce încadrează ferestrele largi. Sistemul constructiv avea să fie preluat ulterior și la New York unde ornamentația rămâne academică: La tower Building (*fig.2.3.1k*) (1888-9), prima construcție pe noul sistem din New York, soluția a fost impusă de amplasamentul extrem de îngust pe care o variantă cu fațadă de zidărie portantă ar fi compromis spațiile primelor niveluri. American Surety Building (*fig.2.3.1l*) (1894-6), St James Building (*fig.2.3.1m*), 1133 Broadway (1897-8) ambele construite de Bruce Price la New York, sau Park Building (*fig.2.3.1n*) a lui George B. Post din Pittsburgh, sunt exemple caracteristice de sistem structural 'zgârie nori' împachetat în ornament istoric.

Leiter Building II (*fig.2.3.1o*) (1889-90) proiectată de William le Baron Jenney și William Bryce Mundie, reprezenta triumful arhitectural al lui Jenney. Este considerată una dintre cele mai impresionante lucrări de arhitectură comercială în spirit empiric. Traveile extraordinar de largi și înălțimea de nivel neobișnuită, combinată cu stâlpii zvelți de oțel, produc un efect dinamic de deschidere și spațiu. Scheletul din oțel și fier forjat devine aici foarte clar mijlocul expresiei arhitecturale. Doar clădirea Carson Pirie and Scott poate concura Leiter building în acest sens. Wainwright Building (1890-1) din Chicago (*fig.2.3.1p*), a lui Dankmar Adler și Louis Sullivan, avea să fie considerată de Frank Lloyd Wright „...prima expresie umană a clădirii înalte de birouri din oțel și sticlă...” (Wright, 1931: 85)[173]. Fără a mai avea nimic din influența Richardsoniană, reluând totuși lecțiile de scară și ordine, ea încorporează exemplar teoria lui Sullivan privind compoziția tripartită. Guaranty Building, Buffalo New York (*fig.2.3.1q*), a lui Sullivan reprezintă deja o nouă temă în designul zgârie norilor - stâlpii parterului devin aproape liberi permițând pătrunderea spațiului sub clădire și generând astfel o puternică senzație de volumetrie. Disputându-și cu Guaranty building întâietatea, Carson Pirie & Scott Department Store (1899-1903-4) din Chicago (*fig.2.3.1r*) avea să reprezinte cântecul de lebedă al carierei lui Sullivan ca și proiectant de mari clădiri comerciale.

Aici nu mai există accent pus pe verticală în afara pavilionului rotund de colț unde „colonetele” continue urcă pe toată înălțimea între traveile mai degrabă apropiate. Ferestrele largi „Chicago” sunt tăiate în teracota albă formând o rețea ordonată de cadrele din oțel structural, generând mai degrabă un efect orizontal decât vertical. Dacă la Guaranty building Sullivan accentua pilele structurale de la bază retrăgând partea superioară a vitrinelor, aici ultimul nivel avea să fie cel retras exprimând partea superioară a pilelor ca mici colonete ce stau libere sub placa acoperișului. Acest tratament creștea puternic efectul de volum și profunzime întocmai ca la baza Guaranty. Ornamentația bazei, cu ferestre duse pe înălțimea a două niveluri, ajunge la apogeu, fiind considerată de unii critici nepotrivită cu restul clădirii dominate de simplitate și rigoare ortogonală. Fără îndoială "Sullivan considera ornamentul de cea mai mare importanță în arhitectură și dedica invenției și elaborării sale cea mai bună parte a [...] energiei." (Hitchcock, 1958: 249)[70]. Putem observa aici o coincidență interesantă: în acest timp ultima modă arhitecturală din Europa, Art Noveau, pune accent pe o decorație asemănătoare, bazată pe linii curbe, de multe ori în asociere cu construcția metalică expusă.

2.3.2 Art Noveau

Pornită de la cu totul alte premize decât arhitectura zgârie-norilor, arhitectura Art Noveau, are cel puțin la fel de mare însemnătate în devenirea arhitecturii moderne. Produs al unui curent artistic al cărui ideologie deriva din mișcarea Arts and Crafts, ce își propunea în Marea Britanie să ofere o alternativă morală, bazată pe meșteșug tradițional, societății materialiste asociate revoluției industriale, arhitectura Art Noveau reprezintă transpunerea tridimensională a primelor căutări de exprimare estetică a spiritului noii epoci.

Mișcarea Arts and Crafts, ale cărei rădăcini se regăseau în scrierile moralizatoare ale lui Pugin și Ruskin, percepută în Marea Britanie ca antiindustrială, se opunea în fapt utilizării materialelor și proceselor de producție de tip industrial (implicit diviziunea muncii, considerată factor de alienare) în scopul imitării superficiale a formelor, în special ornamentale, istorice. Ideologia promovată nu excludea fierul ca produs industrial ci mai degrabă mijloacele de producție și utilizarea în formule imitative. Atingerea 'spiritului uman' era considerată esențială pentru a produce ornamentul adecvat, rezultat suprem al bucuriei de a lucra.

În paralel, pe continentul european, ultimele decenii ale secolului XIX asistau la preluarea prim-planului de către ingineri. Numele Gustav Eiffel (Hitchcock, 1958: 282)[70] era legat de cele mai multe realizări remarcabile din domeniul construcțiilor. Soluțiile constructive propuse de el, ce făceau posibile edificii absolut extraordinare, reprezentau o uriașă sursă de inspirație și încredere în potențialul noului material.

Astfel fierul primește în cadrul stilului Art Noveau, oponent în esență tradiției și istorismului, un statut privilegiat. Material modern, care face posibilă, și chiar impune, schimbarea limbajului formal, devine aliat în lupta cu trecutul. Odată dovedite calitățile, venise momentul punerii în valoare, a găsirii propriei formule expresive. Această punere în valoare nu a însemnat noi sisteme constructive sau inovații de fond, a însemnat preluarea și tratarea lui ca material prețios care lua chiar locul privilegiat al pietrei, fiind nu doar expus, devenind el însuși ornament, și nu într-o formă oarecare imitativă, ci chiar în forma impusă de calitățile sale extraordinare de maleabilitate și ductilitate. Astfel s-a născut feroneria

superornamentală ce desena motivele florale sau geometrice cu care se 'îmbrăca' noua arhitectură. Noul ornament nu era doar aplicat el 'se năștea' din componentele structurale metalice fuzionând cu desenele decorative liniare ce se regăseau în balustrade, elemente de tâmplărie, vitralii sau chiar tapet. Și totuși, ceea ce a impus Art Nouveau ca model al arhitecturii moderne nu a fost ornamentul, care prin vulgarizare a ajuns chiar să îi grăbească sfârșitul, ci ideologia specifică mișcării Arts and Crafts, care a permis deopotrivă abordarea liberă a planurilor, punerea în valoare și folosirea expresivă a sistemului structural, a materialelor care, dincolo de ornament, așa cum sugera Violet-Le-Duc, erau folosite acolo unde le era locul în forma în care nevoile o cereau.

Clădirea care a influențat semnificativ arhitectura Art Nouveau din punct de vedere constructiv a fost fabrica de ciocolată Menier (*fig.2.3.2a*) (vezi și 3.7.7). Ridicată în anii 1871-3 după planurile lui Jules Saulnier la Noisel, lângă Paris, construcția menită să înlocuiască vechea clădire a fabricii, folosea oțelul într-un sistem structural ce amintea de casele franțuzești din lemn și zidărie. Scheletul structural cu contravântuiri diagonale prelua încărcările planșelor și le transmitea pilelor din piatră ce formau fundația din albia râului. Închiderile din cărămidă preluau în acest caz strict rolul de anvelopantă.

Casa Tassel (vezi și 3.6.3), construită în anii 1893-4 la Bruxelles (*fig.2.3.2b*), prima lucrare matură a lui Victor Horta, avea să fie considerată inițiatorul Art Nouveau în arhitectură (Giedion: 1941, 299-305)[57]. Amplasamentul cu front relativ îngust, tipic caselor înșiruite din Brussels este abordat aici într-o manieră inedită, ce avea să fie considerată de contemporani perfect adaptată nevoilor utilizatorului. Două corpuri de clădire zidite din cărămidă și piatră naturală, mai degrabă convenționale din punct de vedere structural, unul pe latura străzii, celălalt pe latura grădinii preiau încăperile de locuit. Cele două sunt legate de un spațiu dinamic, ce preia circulații verticale și curți de lumină acoperite cu sticlă. Structura metalică folosită într-o manieră expresivă absolut originală permite deopotrivă legarea flexibilă a scărilor și podestelor intermediare cu încăperile așezate pe jumătăți de nivel și inundarea spațiilor cu lumină. Întreg ansamblul gravitează în jurul acestui miez, ce primește rolul ceremonial de spațiu de primire a oaspeților. Ornamentația generoasă din fier forjat, ce pune în valoare la maxim talentul de decorator al lui Victor Horta, reușește să se integreze fără să mascheze structura spațială generală. Atenția acordată acestei amenajări relevă importanța extraordinară cu care arhitectul a înzestrat spațiul respectiv în cadrul ansamblului. În casa Tassel revoluția stilistică era marcată atât de planul liber pus în valoare de difuzia luminii cât și de structura exprimată cu dezinvoltură într-o strălucită împletire cu liniile curbe ale decorației.

La Hotel Solvay (1895-1900) (*fig.2.3.2c*) se poate observa o exprimare mai sobră a structurii metalice la interior, o abordare ce generează imagini cel puțin inedite pentru acea perioadă.

În Casa Van Eetvelde (*fig.2.3.2d*), construită în 1895 cu o fațadă de un stil aproape Sullivanian ce exprimă sistemul de închidere compus din casete de fier forjat fixate între arcade de fontă aparente, salonul reprezintă o capodoperă ce depășește poate casa de scară a casei Tassel.

O adevărată clădire de referință avea să fie considerată Maison du Peuple (*fig.2.3.2e*) (vezi și 3.6.6), construită între anii 1896-9, poate cea mai importantă lucrare a lui Victor Horta. O mare parte a peretelui exterior constă într-un schelet metalic aparent, așezat între masive de zidărie care definesc capetele și traveea de intrare. Făcând o comparație cu lucrările lui Sullivan din aceeași perioadă,

descoperim similitudini importante în felul în care Sullivan tratează montanții metalici la intrarea de la Carson, Pirie & Scott, montanți ce se ridică și se împletesc cu ornamentul de deasupra într-o încercarea de unificare a elementelor structurale și decorative realizate din metal. Auditoriumul avea să fie cu adevărat succesul lui Horta. Grinzile din fier forjat care susțineau acoperișul formau un sistem structural complex împreună cu galeriile laterale, având niște curbe extrem de expresive, dar esențialmente structurale. În jurul cadrului structural, auditoriumul este închis doar cu ajutorul sticlei și plăcilor opace susținute de rame metalice, într-un sistem asemănător mai degrabă cu pereții cortină de la mijlocul secolului XX.

La Innovation Department Store (*fig.2.3.2f*) (1901), fațada aproape în întregime din metal și sticlă, este un remarcabil exemplu de desen decorativ Art Nouveau la scară arhitecturală.

Varianta Franceză a arhitecturii Art Nouveau avea să se regăsească în primul rând la intrările metroului parizian. Proiectul Metro Paris (*fig.2.3.2g*) (1898-1901) a lui Hector Guimard presupunea confecții executate complet din metal, a căror virtuozitate era cu atât mai surprinzătoare cu cât reprezentau produse de serie turnate din fontă.

Două magazine universale din Parisul începutului de secol au folosit structurile de metal cu un succes notabil: 1905 Samaritaine (*fig.2.3.2h*) în Rue de la Monnaie proiectat de Frantz Jourdain și Grand Bazar de la Rue de Rennes (*fig.2.3.2i*) care accentuează din plin ușurința și finețea construcției de metal și sticlă.

Deși nu poate fi considerată un exemplu tipic de arhitectură Art Nouveau, Casa Milà (*fig.2.3.2j*) (vezi și 3.7.4), concepută de arhitectul Antonio Gaudi, reprezintă indiscutabil o capodoperă. Structura metalică neexpusă era folosită eminamente ca un schelet portant ce lasă liberă forma fațadelor și a compartimentărilor interioare. Acestea învăluie structura într-un fel de sculptură tridimensională din piatră buciardată care preia deopotrivă nișe, balcoane, logii sau bovindouri. Realizată într-o totală opoziție cu modelul Școlii Chicago, arhitectura Casei Mila nu numai că nu ia în considerare ritmul dat de structura internă, acesta nici măcar nu este unul constant, ci chiar o contrazice. Oțelul este prezent aici în forma lui cea mai puțin tectonică, într-un sistem constructiv foarte asemănător cu cele care fac posibile astăzi construcții organice sau sculpturale.

2.4 Curente moderne

Începutul secolului XX poate fi considerat perioada de naștere propriu zisă a arhitecturii moderne. Teoriile și formele conturate în această perioadă sunt cele care, continuate, reinterpretate, exagerate sau contrazise, își vor exercita influența asupra tuturor curentelor arhitecturale viitoare.

Arhitectura modernă nu înseamnă doar formă care urmează funcțiunea, sau care pune în valoare materiale și soluții constructive moderne, ea înseamnă în primul rând o nouă viziune asupra proiectării, care are la bază renunțarea la tradiție. Clădirea nu mai este o construcție masivă, ea este formată dintr-o succesiune de spații mai mult sau mai puțin clar definite prin elementele de anvelopare și compartimentare - structura în aceste clădiri este necesară pentru a susține închiderea în poziția cerută.

2.4.1 Protoraționalism

Primele căutări antiornamentale ale noului secol, care datorită modului de abordare bazat pe un sistem constructiv rațional, expus, adoptând de multe ori reguli clasice de ordonare, pot fi etichetate ca *protoraționalism*, au fost marcate în cea mai mare parte de impunerea pe piață a betonului armat. Acest material, de mare actualitate la momentul respectiv, al cărui cost relativ redus și flexibilitatea în preluarea celor mai diverse forme îl pot impune în foarte multe situații, avea să fie preferat de majoritatea arhitecților moderni. Oțelul, material nou la rândul său, ultimul produs al industriei metalurgice, venea în plus cu o solidă certificare dată de utilizarea structurilor din fontă și fier forjat. El avea să facă parte din scheletul construcțiilor, indiferent de forma și funcțiunea acestora, alături, sau nu, de beton armat, mai ales în situațiile în care superioritatea calităților sale îl impuneau. Arhitecții, inspirați în bună parte de modelul de abordare a construcțiilor utilitare, mizează pe o tratare clasică, în care ornamentul, legat indisolubil de ideea de articulație, este înlocuit de detaliul tehnologic atent studiat și estetizat.

Printre construcțiile de excepție ale perioadei, într-un contrast evident cu arhitectura ornamentală de tip Istorist sau Art Nouveau, se remarcă Amsterdam Beurse (*fig.2.4.1a*) (1896-1903) proiectată de Hendrik Petrus Berlage. Păstrând un exterior de zidărie tratat oarecum asemănător stilului Richardsonian, construcția se evidențiază prin structura acoperișului, ce marchează puternic atmosfera spațiului interior. Forma, expresia lipsită de ornament aplicat, detaliile de îmbinare atent rezolvate, sunt toate elemente care pun în valoare exemplar calitățile oțelului. La fel de interesantă este Postsparkasse din Viena (*fig.2.4.1b*), construită între anii 1904-1906 după proiectul lui Otto Wagner pe o structură principală din beton armat (Ford, 1990: 219-223)[46]. Acoperișul curții interioare se evidențiază aici într-o altă formulă: dacă la Berlage scheletul metalic își punea amprenta puternic asupra spațiului interior, la Wagner avem de a face cu o soluție structurală ascunsă în spatele aluminiului și sticlei lăptoase. Mizând pe zveltețea componentelor structurale a fost preferat un sistem de suspendare, inedit într-o construcție de asemenea dimensiuni, care a permis o soluție formală elegantă, altfel greu de imaginat. Între anii 1908-1909, în paralel cu evoluțiile înregistrate în construcțiile din beton armat, la halele de montaj ale Turbinenfabrik AEG din Berlin (*fig.2.4.1c*), Peter Behrens avea să pună alături betonul armat și oțelul într-o altă formulă de excepție. Deși avem de a face cu un program industrial, construcția nu mai este considerată aici un obiect pur utilitar. Ea preia rolul de imagine a companiei în care muncitorii ar trebui să fie mândri că lucrează. Spațiile sale luminoase, ce își propun să readucă bucuria de a munci, se supun regulilor funcționale fără să uite nevoia de prestigiu sau reprezentare. Imaginea monumentală, parte a unuiia dintre primele programe de 'corporate identity' în care tot ce ține de construcție, produs și reclamă ajunge subiect de design, este obținută printr-o scrupuloasă utilizare a regulilor simetriei și ordinii clasice.

2.4.2 Expresionism

Arhitecții curentului expresionist, nemulțumiți de abordarea rațională, consideră că potențialul formal pus la dispoziție de noile tehnologii trebuie exploatate la maxim, mizând pe intuiție, pe spiritul creativ al artistului, care simte, intuiește, deopotrivă nevoia și răspunsul cel mai potrivit. Astfel, în aceeași luptă

dusă împotriva clișeele trecutului dar profund nemulțumiți de modelul normativ promovat de protoraționalisti, arhitecții *expresioniști* propun o alternativă a formei libere, o expresie a nevoii de artă "Kunstwollen", opusă tipizării. În această libertate a expresiei subconștiente, în care se regăsește atât transparența clădirilor ce își asumă rolul de generator al unei noi culturi, cât și opacitatea betonului sau zidăriei care încearcă să-și exprime structura proprie în forme moi sau unghiulare, oțelul, mai rar folosit, are rolul de a susține închiderile unei arhitecturi de sticlă ca cea proclamată de Scheerbart și materializate în pavilionul de sticlă (Glaspalast) a lui Bruno Taut (Wurm, 2007: 22)[174] (*fig.2.4.2a*) pentru expoziția Werkbund de la Cologne din 1914, sau cea rămasă la stadiul de propunere în proiectele de concurs pentru zgârie norii de sticlă a lui Ludwig Mies van der Rohe (Cohen, 1994: 27-33; Blaser, 1997: 13-15)[30][15] (*fig.2.4.2b*).

2.4.3 Futurism; Constructivism

De acord ca principiu cu arhitecții curentului expresionist, arhitecții futuristi și constructiviști caută să definească un nou limbaj normativ. Ei nu se mulțumesc cu intuiția individuală a fiecărui artist, ei doresc un nou model normativ care să aibă la bază realitatea oferită de noua societate - având în vedere că sunt atâtea noutăți, ar trebui luat totul de la zero, chiar cu violență dacă este cazul. De aici rezultă abordarea radicală, care nu doar neagă nevoia de ornament, vechi sau nou, ci propune o recompunere fundamentală a arhitecturii, pornind de la noile realități. O realitate în care arta trebuie să se unească cu știința și tehnologia în slujba binelui general. Mișcările avangardiste italiene și rusești, *Futurism și Constructivism*, generează o arhitectură utopică extrem de spectaculoasă, bazată atât pe dinamica industrială de epoca industrială, devenită conținut al imaginilor dedicate automobilului, vitezei sau chiar războiului, cât și pe idei profund raționale care ar trebui să regleze nevoile noii societăți. În acest context al proiectelor de sertar oțelul își găsea un loc de frunte alături de beton armat, ca material al viitorului, devenit element expresiv, mecanism cinetic sau pur și simplu matrice structurală. Noutatea apare în modul de exprimare în structuri ușoare, reticulate corespunzătoare viziunii lui Boccioni care propunea înlocuirea materiei în sculptură cu fâșii de metal. Aceste 'fâșii de metal' compuse în structuri contravântuite se regăseau fie în pasarelele suspendate din desenele lui Sant'Elia pentru La Citta Nuova (1912-14), regăsite în imaginea constructivistă a benzilor transportoare și pasarelelor de la fabrica de ciocolată Van Nelle (vezi 2.4.5), fie în structurile utopice ale proiectelor lui Tatlin, care propunea pentru A Treia Internațională din 1919 (*fig.2.4.3a*) un turn de 300m cu o structură simbolică în spirală conținând volume platonice în mișcare; Simbirchev, care propunea un restaurant așezat pe o mare consolă (*fig.2.4.3b*); sau Vesnin pentru Turnul Pravda din 1924 (*fig.2.4.3c*). Remarcabilă realizare a acestei perioade este Turnul Radio al inginerului Wladimir Grigorjewitsch Schuchow (*fig.2.4.3d*) construit în anul 1922 după un proiect ce propunea inițial o structură de 350m. Deși ar fi fost mai înalt decât turnul Eiffel, datorită sistemului constructiv ar fi trebuit să cântărească un sfert din greutatea acestuia. Sistemul constructiv pus la punct de Schuchow pentru turnuri de apă suprapunea aici 6 paraboloidi hiperbolici ce puteau fi construiți unul după altul în interiorul structurii. Tronsoanele finalizate permiteau astfel ridicarea și montarea următoarelor tronsoane cu mijloace extrem de simple. Deși nu pornește de la aceleași premise ale avangardei în arhitectură, această construcție extraordinară, executată până la urmă, datorită lipsei de mijloace, la o

înălțime de numai 150 m, avea cu siguranță să contribuie major la entuziasmul mișcării.

2.4.4 Neoplasticism

Neoplasticismul în arhitectură încearcă la rândul său o normare, pornind de la ideea că omul modern are nevoie de liniște sufletească pe care ar putea-o regăsi într-un mediu echilibrat. Astfel, mai puțin dramatică în exprimarea formală, dar aproape la fel de utopică, arhitectura neoplasticistă a micului grup de Stilul își propune să redea omului modern liniștea sufletească printr-o arhitectură echilibrată, mistică, în care cubul care încheie funcțiunea este negat, elementele plane desprinzându-se parcă într-o mișcare centrifugală, pentru a genera senzația deliberat antigravitațională de plutire. Locul oțelului în această lume misticizată, dincolo de cele câteva elemente liniare ce vin în ajutorul structurii convenționale din zidărie și lemn al unuia dintre puținele proiecte realizate, Casa Schröder (1924-5) proiectată de Gerrit Rietveld (Ford, 1990: 281,283)[46] (*fig.2.4.4a*), se va găsi mai târziu în 1929 într-una din lucrările de referință ale modernismului, puternic influențată de neoplasticism (Zevi, 1973: 31)[177], a arhitectului Mies van der Rohe: Pavilionul de la Barcelona (vezi 2.4.5).

2.4.5 Raționalism; Stilul Internațional

Raționalismul, stilul Internațional, trag concluziile căutărilor de până atunci. Se ia în considerare că noua societate are nevoie de construcții noi, a căror calitate trebuie să fie dată de răspunsul la nevoile ființei umane moderne, individul noii societăți, pe care îl pot oferi resursele puse la dispoziție de noua industrie. Pentru punerea în valoare a potențialul industriei, se cerea în mod expres tipizarea și standardizarea. Se poate spune că *raționalismul* a încununat perioadele de căutare ale începutului de secol. Protoraționalismul, expresionismul, futurismul sau constructivismul, prin reprezentanții care au migrat înspre zona raționalistă, își vor aduce contribuția la ceea ce, dincolo de criticile ce susțin apariția ei ca un triumf al resemnării și cinismului, vor reprezenta părțile pozitive ale curentului. Pus în mișcare de o orientare socială tipică mișcării constructiviste, bazându-se pe realitățile imediate ale noii societăți ce era privită cu mare entuziasm, acest curent cerea o nouă viziune. Stimulat de nevoia acută de locuințe, a cărei rezolvare abordată prin prisma raționalizării, ce susținea ideea că din mai puțin se poate obține mai mult, impunea o arhitectură care să faciliteze tipizarea și standardizarea, absolut necesare pentru o serioasă implicare a industriei în construcții. Forma care derivă din metode de producție, constrângerile materialului, necesitățile funcționale, toate aceste idei care au stat la baza ideologiei Bauhaus, aveau să fie puse în slujba acestui nou deziderat. Rolul oțelului, alături de betonul armat era acela de a rezolva structura scheletală, dacă nu singura acceptabilă, absolut dezirabilă în noua formulă. Reușește să se impună acolo unde nevoia de prefabricare o cere sau unde imaginea unor suportți mai fini avantaja expresia de ansamblu.

În primele proiecte ale perioadei, încă neexecutate, se regăsește ceva din entuziasmul limbajului constructivist: Petersschule, Basel (*fig.2.4.5a*) concepută de Hannes Meyer și Hans Wittwer în 1927 amintește de restaurantul suspendat a lui Simbirchev. În paralel cu betonul armat se folosește o structură ușoară cu zăbrele

din oțel pentru a susține două platforme suspendate necesare spațiilor de recreație. Aceste platforme urmau să fie susținute prin intermediul a patru cabluri de oțel ancorate de clădirea rigidă din beton armat. Proiectului de concurs al același arhitecti pentru League of Nations, Geneva (*fig.2.4.5b*) din 1926-7, a cărui rigoare este pusă la îndoială de compoziția 'pitorească', își susține raționalismul prin folosirea unei structuri modulare ce ar permite prefabricarea. Probabil deloc întâmplător, una dintre primele construcții executate, având la bază principiile raționaliste, este fabrica Van Nelle din Rotterdam, construită după proiectul lui Jan Brinkman și Leen van der Vlugt în anii 1926-30 din beton armat cu stâlpi ciupercă, renumită și ea, printre altele, tot datorită imaginii constructiviste a pasarelelor și benzilor transportoare cu structuri de oțel în sistem de grinzi cu zăbrele (*fig.2.4.5c*). Structura reticulată din oțel propusă pentru acoperirea sălii mari a League of Nations avea să fie folosită mai târziu și la proiectul din 1927 pentru Teatrul Total (*fig.2.4.5d*) al lui Valter Gropius. Materializarea cea mai consistentă a raționalismului perioadei dinaintea celui de al doilea război mondial, avea să fie cartierul Weissenhof din Stuttgart proiectat sub conducerea artistică a lui Mies van der Rohe. Aceste construcții ce formau cartierul, adoptând inclusiv noile pe atunci reguli obiective de planificare urbană: distanță optimă pentru lumină și ventilație, living la sud sau vest spre o zonă verde, etc., se doreau un model de locuire pentru cetățeanul modern al marilor orașe. Blocul construit aici de Mies van der Rohe (*fig.2.4.5e*), reprezentând un fel de șira spinării a ansamblului urban, era conceput, arătând preferința autorului pentru acest material, pe o structură scheletală de oțel (Cohen, 1994: 52-53)[30] cu închideri de cărămidă cu goluri verticale care permitea o utilizare flexibilă a apartamentelor, gândite ca un plan liber în care compartimentările rămăneau la latitudinea fiecărui chiriaș sau proprietar. Acest ansamblu la care au contribuit 17 dintre cei mai reprezentativi arhitecți moderni ai momentului, considerat de Philip Johnson "cel mai important grup de clădiri în arhitectura modernă" reprezenta o primă sinteză a ceea ce avea să fie numit, odată cu Expoziția Internațională de Arhitectură Modernă organizată în 1932 de Henry Russel Hitchcock și Philip Johnson la New York, *Stilul Internațional*. Acest stil avea să se extindă abia după război când, profitând de momentul de aversiune generală față de orice tip de monumentalitate, avea să se impună în aproape toate clădirile importante și edificiile publice din afara spațiului socialist. Din păcate, dacă nu a ajuns vreodată să îplinească visul social ce hrănise entuziasmul perioadei de început, avea să producă uneori efectul contrar, devenind justificarea intelectuală a unor ordinare speculații de maximizare a profitului.

Uniformitatea care i se atribuie nu era de departe tema principală a acestui stil, din contră, universalitatea lui a constat într-o abordare identică a problemelor constructive, care presupuneau a avea la bază industrializarea. Conformarea sistemelor constructive la posibilitățile industriale, pentru a profita la maxim de potențialul acesteia, adaptarea la nevoile ființei umane așa cum erau ele interpretate în respectivul moment, nevoia de lumină, de soare, de flexibilitate, etc., favorizând tehnologia structurilor ușoare, cu materiale moderne și părți modulare standardizate care să faciliteze industrializarea și execuția eficientă, sunt elementele de uniformitate din abordarea conceptuală a arhitecților modernști. Aceste abordări s-au transformat în formalism acolo unde condițiile specifice nu au permis acest tip de abordare, unde obținerea imaginii a ajuns să fie mai importantă decât scopul în sine, eficiența folosirii resurselor.

Un exemplu tipic de reușită îl reprezintă Lovell Health House (*fig.2.4.5f*) construită la Los Angeles în 1927-9 după proiectul arhitectului Richard Neutra,

chintesență a Stilului Internațional, a cărei expresie arhitecturală derivă direct din structura scheletală, finisată aici cu panouri ușoare. Scheletul dens de oțel integrat în compoziția abstractă de plane transparente și opace, este expus pe alocuri intenționat, devenind montant al tâmplăriei sau suport al balcoanelor în consolă. Maison de Verre construită la Paris în 1928-32 (*fig.2.4.5g*) (vezi și 3.7.5) după proiectul lui Pierre Chareau, această adevărată 'mașină de locuit', este excepția extraordinară care, deși nu pleacă de la premisele acestui stil, ne arată cum, folosind aceleași principii conceptuale, imaginea modernismului poate fi transformată într-una de prestigiu. Oțelul, devenit pentru prima dată componentă de lux, este folosit peste tot, de la structura portantă la elementele de mobilier. Cerută între altele și de motive funcționale, având în vedere condițiile de amplasament care impuneau preluarea ultimului nivel al unei foste clădiri, structura metalică, componentele structurale și detaliile de îmbinare caracteristice, sunt expuse și tratate cu mare prețiozitate transformând soluția 'industrială' în imagine simbol. O altă 'mașină de locuit' excepțională prin abordarea mai degrabă constructivistă, este proiectul Dymaxion House (*fig.2.4.5h*) a lui Richard Buckminster Fuller, conceput în 1927 ca o primă variantă a unei lungi serii de prototipuri (Ford, 1996: 241-259)[47]. Fără să își pună prea mari probleme legate de imagine sau context, această casă era gândită pentru producția de serie. Construcția cu schelet metalic presupunea două plane hexagonale paralele, cel de călcare și cel de acoperire, îmbinate între ele cu elemente reticulare și fixate de un stâlp central pe sistemul roților spițate, pornind de la principiul maximei eficiențe care impunea în viziunea lui Buckminster Fuller această formă ca „singură și inevitabilă soluție”. Nu se poate trece de această etapă fără a menționa capodopera incontestabilă a arhitecturii moderne, Pavilionul German al Expoziției Internaționale de la Barcelona (*fig.2.4.5i*) din 1929 a lui Mies van der Rohe (Ford, 1990: 269-271; Cohen, 1994: 64-71)[46][30] (vezi și 3.7.4). Aflată sub o evidentă influență Neoplasticistă (Zevi, 1973: 31)[177], această clădire mizează pe susținerea planșeului de către un schelet metalic care oferă libertate deplină prețioaselor suprafețe verticale ce joacă rolul de 'moderator - modelator' al relațiilor spațiale. Supuse, în această determinare a cerințelor pur estetice, componentele structurale verticale primesc rolul de ordonator al compoziției, stabilind esențiale puncte de articulare între spațiile aflate într-un echilibru compozițional perfect. Acest tip de abordare avea să se regăsească în variante funcționalizate în zona de zi a casei Tugendhat (*fig.2.4.5j*), construită între anii 1928-9 la Brno în Cehia (Ford, 1990: 273-281)[46], și la Expoziția Germană de Construcții de la Berlin din 1931 unde câteva schimbări în plan o transformă în locuință. Eames House, construită la 1949 în Los Angeles (*fig.2.4.5k*) de Charles și Ray Eames, este unul din exemplele demne de menționat produse de Case Study House Program (Ford, 1996: 225-241)[47] a lui John Entenza ce își propunea să ofere soluții de locuire modernă exemplară la un preț rezonabil. Ni se oferă aici o mostră clară a preocupării intense pentru promovarea structurilor de oțel în construcția de locuințe, existente în primii ani de după război.

2.4.6 Arhitectura Fascistă, Nazistă, Realist Socialistă

Dictaturile ce se impuneau înaintea celui de-al doilea război mondial aveau să oprească nu numai mișcările de pură avangardă ci însăși ascensiunea arhitecturii moderne în statele în care au ajuns la putere. În nevoia lor de reprezentare aveau

să prefere o arhitectură monumentală, având ca bază primele încercări moderne de neoclasic dezbrăcat de ornament. Fie că s-a numit *fascistă*, cea mai puțin reticentă la arhitectura modernă, Italia avându-și chiar propria arhitectură raționalistă, *nazistă* sau *realist socialistă*, arhitectura acestor vremuri, a 'palatelor pentru popor', preferau sisteme constructive solide în care oțelul nu se mai regăsea intenționat, fiind mult mai util în industria de război. Refuzat chiar și pe motiv de a nu prezenta 'o ruină agreabilă' de către regimul nazist, avea să rămână în afara scenei până după război sau chiar mai târziu în acele state socialiste care preferau utilizarea lui 'mai cu folos' în industria constructoare de mașini.

2.4.7 Art Deco

În aceeași dorință de reprezentare monumentală, aici a spiritului capitalismului înfloritor ce își dorea o imagine mai modernă a clădirilor înalte de birouri, avea să se consolideze un stil propriu - *art deco* - inspirat de expoziția pariziană de la 1925. Regăsit în Europa mai degrabă sub formă pur decorativă în designul de interior, acest stil avea să capete forme impresionante în prosperile centre urbane ale Statelor Unite. În spatele decorului amețitor, dar și parte din acesta, oțelul este omniprezent, făcând posibile unele din cele mai impozante construcții ale momentului: zgârie norul Chrysler Building (*fig.2.4.7a*) cea mai înaltă clădire din lume la momentul deschiderii (anul 1930), ce își impunea măreția prin 'fleașă' decorativă în stil cvasi-gotic, din oțel inoxidabil (Gayle, 1980: 79)[54], și ansamblul de zgârie nori ai Rockefeller Center (*fig.2.4.7b*) început în 1931.

2.4.8 Modernism târziu

Poate artificial separată de raționalism și stilul internațional, *perioada de după cel de-al doilea război mondial*, începută sub auspiciile antimonumentalizării și raționalismului, avea să cunoască, pe lângă curentul principal, diverse laturi de manierizare și interpretare personală. Conceptualizare ar putea fi cuvântul cheie al arhitecturii acestei perioade. Schimbările importante sunt marcate de lucrările târzii ale celor două mari nume ale modernismului Mies van der Rohe și Le Corbusier, de mișcările unei noi generații (brutalistă și structuralistă) reprezentate de Alison și Peter Smithson, respectiv Aldo van Eyk, dar și de alte nume mari ale momentului cum ar fi Louis Kahn sau Philip Johnson. Dacă Le Corbusier, Louis Kahn sau arhitecții noilor mișcări, aveau să lucreze în special cu betonul și zidăria aparentă, deși una dintre primele lucrări ale arhitecților Smithson reprezenta o abordare miesiană cu oțel, cărămidă aparentă și sticlă, Mies van der Rohe avea să se dedice întru totul materialului său preferat: oțelul.

În perioada în care, încetul cu încetul, nevoia de monumental avea să fie reproclamată inclusiv la congresele CIAM, Mies avea să revină la compoziția simetrică în care, înlocuind ordinul clasic cu modulul structural exprimat cu o logică necruțătoare nu doar prin aducerea structurii în planul fațadei ci și prin marcarea subdiviziunii modulare ce corespunde montanților tâmplăriei, va reuși una din cele mai rafinate expresii arhitecturale a sistemului constructiv cu sticlă și metal. Evoluția celor două tipuri de construcție, cu un singur nivel și o singură deschidere și cea multietajată, ce își au originea în Biblioteca, respectiv Alumi Memorial de la IIT, Chicago, Illinois, poate fi urmărită în câteva din lucrările care aveau să fie

considerate capodoperele perioadei americane a lui Mies van der Rohe. Lake Shore Drive Appartement Building din Chicago (Cohen, 1994: 125-139)[30] (*fig.2.4.8a*) (vezi și 3.7.6) a fost prima formulare coerentă a sistemului constructiv pentru clădirea multietajată înaltă. Structura metalică protejată cu beton îmbrăcat în oțel vopsit negru, este adusă în planul fațadei și exprimată printr-un profil I standardizat, același profil care, dispus continuu pe linia montanților tâmplăriei, are pe lângă rolul ordonator și funcția de rigidizare a fațadei cortină. Față de Lake Shore Drive, care pornea de la premisele eficienței aducătoare de profit, Seagram Building (Cohen, 1994: 141-145)[30] (*fig.2.4.8b*) (vezi și 6.2), construită în anii 1954-8 după proiectul realizat împreună cu Philip Johnson, avea să îndeplinească în primul rând sarcina de reprezentare a unei corporații de succes. Pornind de la același sistem constructiv, rafinat la nivel de detalii: profilele verticale industriale ce exprimau structura la Lake Shore Drive sunt înlocuite cu profile de bronz comandate special, ceea ce avea să contribuie substanțial la creșterea valorii de investiție, se obține imaginea de succes ce avea să domine clădirile înalte de birouri din acea perioadă. Farnsworth House (Cohen, 1994: 110-117)[30] (*fig.2.4.8c*), construită în 1951 în localitatea Plano, Illinois, proiectată încă din anul 1946 pornind de la un plan cu simetrie parțială, avea să reprezinte încercarea de punere în practică la scara unei locuințe a sistemului enunțat la Biblioteca IIT. Liberă de riguroasele prescripții de rezistență la foc ce trebuiau respectate la clădirile înalte, aici elementele structurale ajung să fie exprimate direct (Ford, 1990: 266-270)[46]. Crown Hall (1950-6) (*fig.2.4.8d*) (vezi și 3.6.11, 6.1), concepută pentru a găzdui facultatea de arhitectură a IIT, reprezintă sinteza tipului de construcție cu un singur nivel și o singură deschidere, preluat apoi în nenumărate construcții similare. Neue Nationalgalerie (1962-8) (*fig.2.4.8e*) de la Berlin (Cohen, 1994: 160-164; Von Naredi-Rainer, 2004: 198-199)[30][166] preia această tipologie, oferind publicului o clădire remarcabilă, o încoronare apoteotică a carierei sale de excepție. Acest limbaj arhitectural al profilului industrial standardizat, al cărui expresie avea să fie comparată cu măreția și seninătatea atinse doar de culmile clasicismului, se baza pe un sistem constructiv extrem de rațional ce avea să fie adoptat pe scară largă în industria americană de construcții începând cu anii 50'.

Trecerea către o altă formă de exprimare a arhitecturii de sticlă și metal, de fapt a arhitecturii în general, avea să fie previzibilă în lucrările lui Philip Johnson care scufundă 'oasele' scheletului structural în 'pielea' care își reprimește, singură, rolul expresiv, anticipând prin tratarea și manipularea acesteia abordările postmoderne. Glass House (*fig.2.5.2a*), construită de el în New Canaan, Connecticut, scoate în evidență, deja în 1947 când a fost concepută, această tendință diferită în modul de abordare a închiderii, în care foaia de sticlă, încă nedevenită piele continuă, se regăsește la fila exterioară a profilului structural preluat din sistemul constructiv al lui Mies van der Rohe.

2.5 Curente postmoderne

Chiar dacă nu putem vorbi de un declin general al mișcării moderniste, cu siguranță putem vorbi de probleme, legate mai ales de abordarea urbanizării în arhitectura modernistă și de autismul de care aceasta dădea dovadă în raportările contextuale, care aveau să îi pună serios la îndoială legitimitatea.

2.5.1 High-Tech

Ideile avangardiste apărute în arhitectură la sfârșitul anilor 60' pot fi legate de noile realizări din domeniul aero-spațial, ce renășteau credința într-o lume mai bună, care ar putea fi materializată cu ajutorul tehnologiei. Conturate în proiecte mai mult sau mai puțin fanteziste, între care orașe în mișcare (*fig.2.5.1a(1)*) sau grile infrastructurale (*fig.2.5.1a(2)*), ce înlocuiesc orașul definit de clădiri (Sadler, 2005)[137], respectiv gigantice cupole din sticlă pe structuri metalice reticulate (*fig.2.5.1a(3)*), al căror rol ar fi acela de a proteja orașul împotriva 'mediului ostil' generat de poluare, acestea aveau ca sursă de inspirație potențialul uriaș dezvăluit de dezvoltarea explozivă a științei și tehnologiei.

Apogeu al mișcării moderniste, arhitectura high-tech, preocupată de ideea conținătorului flexibil, chiar mobil, își fundamentează limbajul pe un vocabular formal derivat eminent din tehnologie. Pornind de la gândirea structuralistă, ea caută să expună tot ceea ce poate fi considerat determinant în funcționarea unei clădiri, de la sistemul portant, care o ține în picioare, până la instalațiile care o deservesc.

Modelul acestui tip de abordare este oferit de Centre Pompidou (1972-1977) (*fig.2.5.1b*) (vezi și 6.4), construit după proiectul conceput de arhitecții Richard Rogers și Renzo Piano, împreună cu inginerii Ted Happold, Lennart Grut, Peter Rice și Michael Sergeant (Walker, 1997: 58-64)[169] de la Ove Arup and Partners. Această „... materializare a retoricii tehnologice și infrastructurale a [grupului] Archigram;” (Frampton: 1980, 285)[48] reia gândirea pavilionului multifuncțional al lui Mies van der Rohe, așezându-l aici pe mai multe niveluri. Ansamblul astfel creat este susținut de un sistem structural din oțel, care în concepția inițială funcționa asemenea unui colosal mecanism ale cărui mișcări controlate (Silver, 1997: 30)[146] permiteau deopotrivă re poziționarea planșelor și elementelor de anvelopare și compartimentare [254]. Deși ideea mișcării avea să fie abandonată din motive de fezabilitate (Ghirardo, 1996: 82; Puglisi, 1998: 6)[56][127], componentele prefabricate, cu grinzi de 48m sprijinite pe un interesant sistem de stâlpi cu elemente în consolă 'gerberette' și tiranți, elegant detaliate de inginerul Peter Rice, păstrează, din motive pur expresive (MacDonald, 1994: 81-83)[99], imaginea de uriaș mecanism. Folosită la confecționarea gerberetelor de 8m lungime și cca. 10t greutate, pentru prima dată la o asemenea scară (Zunz, 2006: 301)[178], tehnologia turnării oțelului contribuie semnificativ la eleganța detaliilor. Insistența lui Peter Rice în utilizarea acestei tehnologii din domeniul construcției de mașini, ce avea să se dovedească fezabilă, după cum susține Rogers, datorită numărului mare de componente identice (în MacDonald, 2000: 83)[100], nu era întâmplătoare. Structura și tehnologia, componentele expulzate din spațiul util în scopul obținerii flexibilității totale, deveneau în fapt imaginea propriu-zisă a acestei inedite clădiri (Ghirardo, 1996: 82)[56].

Imaginea tehnologică în varianta clădirii înalte de birouri avea să se regăsească exemplar în Hong Kong and Shanghai Bank (1979-1986) (*fig.2.5.1c*) (vezi și 6.7), construită după proiectul arhitectului Norman Foster. Structura de oțel, folosită ca principal mijloc expresiv în fațadele clădirii, presupune aici stâlpi giganti pe care sprijină grinzi în consolă ce preiau câte opt etaje suspendate pe tiranți. Pentru a accentua percepția suspendării, forma uriașelor grinzi ajunge să fie ameliorată la nivelul fațadei prin suprimarea elementelor comprimate de la partea superioară (Schulitz, 1999: 384)[141]. Este una din situațiile tipice în care, expresia bazată pe un sistem constructiv ce se vrea rezultatul pur al rațiunii

științifice, se distorsionează tocmai pentru a scoate în evidență mesajul ce se dorește a fi transmis.

Variante mai puțin mediate ale expresiei structurale se regăsesc în domeniul industrial. INMOS Microprocessor Factory (1982-1987) (*fig.2.5.1d*) construită după proiectul arhitectului Richard Rogers la Newport, South Wells, se dorește o soluție derivată strict din cerințe funcționale [255]. Flexibilitatea spațiului extensibil, lipsit de componente structurale verticale, este obținută aici printr-un sistem de suspendare combinat cu grinzi cu zăbrele tridimensionale. Forma rezultă din dorința de a utiliza, pe cât posibil, oțelul la întindere și mai puțin la încovoiere, pentru a face maximă economie de material.

Luând în considerare același deziderat, dar contând pe imaginea inedită dezvăluită în 1967 de Pavilionul Germaniei realizat de Otto Frei la Montreal, Olympiapark München (1968-1972) (*fig.2.5.1e*) (vezi și 3.6.5; 6.3), construit după proiectul arhitectului Günter Behnisch, mizează pe o structură tensionată. Rețelele de cabluri ce au rolul de a susține închiderea, și care refac imaginea unui cort cu formă aparent liberă, devin pentru centrul olimpic acea infrastructură ordonatoare pe care o propunea grupul Archigram (Sadler, 2005)[137] la începutul anilor 60'. Într-o perioadă în care singurele instrumente de proiectare avute la dispoziție pentru formele ce nu puteau fi definite utilizând ecuații matematice simple, erau machetele la scară (Addis, 2007: 554-556)[4], adaptarea geometriei structurale autodeterminate la cerințele arhitecturale a fost posibilă doar printr-un lung și chinuitor proces de optimizare. Având în vedere că fiecare mică schimbare la nivelul geometriei sau a încărcărilor determină o schimbare la nivelul formei, era imposibil de urmat o cale convențională a prestabilirii formei, urmată de analiza comportării statice. Selectarea subiectivă trebuia înlocuită în mod necesar de o determinare obiectivă. Cerințele foarte stricte privind toleranțele și timpul scurt alocat proiectării, aveau să determine introducerea în premieră a calculului computerizat în proiectarea structurală - metoda elementului finit, sprijinită de tehnologia informatică care oferea posibilitatea rezolvării simultane a mii de ecuații interdependente, a făcut posibilă o abordare analitică a problemei care a permis, pe lângă analiza structurală, determinarea precisă a lungimii cablurilor și descrierea geometrică exactă a plăcilor de acoperire (Holgate, 1997: 64-79)[71].

Așa cum accentuează exemplele prezentate, forma structurală joacă un rol important în definirea expresiei arhitecturale în cadrul curentului High-Tech. În fond, baza acestui curent arhitectural nu este omul, ci construcția. O construcție rezultată prin exploatarea la maxim a posibilităților tehnice, ce prin adaptabilitate ar satisface, implicit, toate acele nevoi pe care omul contemporan le-ar putea revendica. În aceste condiții, dincolo de organizarea spațială, arhitectura se concentrează pe elaborarea elementelor ce definesc conținătorul, imaginea arhitecturală rezultând din punerea în valoare a expresivității detaliilor constructive și accentuarea mijloacelor prin care, în cele mai raționale condiții, edificiul devine material. Putem vorbi de o adevărată proclamație a supremației tehnice, o proclamație a cărei origini conceptuale se regăsesc în funcționalitate, maximă flexibilitate și economie strictă de material. Formele structurale, rezultate în urma calculelor tot mai riguroase, ajustate sau nu din punct de vedere expresiv, ajung să fie expuse ca ornament suprem certificat de uzul rațiunii. Dar poate cel mai important de remarcat în cadrul acestui curent dedicat tehnologiei, soluțiile arhitecturale, soluțiile ingineresti și căutările de optimizare prin procesul de proiectare, nu se supun necondiționat hegemoniei industriale (Rice, 1994: 76-77)

[132]. Prin cerințele impuse, ele devin componente determinante în evoluția tehnologiei deopotrivă în domeniul proiectării și execuției.

În cadrul noilor tendințe, arhitectura high-tech, care exploatează în continuare cele mai noi evoluții din domeniul științei și tehnologiei își mută treptat accentul pe justificări ce vin din raportarea construcției la nevoile mediului înconjurător, tehnologia expusă fiind tot mai mult legată de ecologie. Consumul uriaș de energie înglobată în cele mai multe din aceste construcții justifică cu greu asemenea abordări. Oarecum autist, expresia tehnologică, având deja o substanțială încărcătură simbolică, caută mai degrabă să reînvie încrederea în capacitatea științei și tehnologiei de a oferi soluții, decât să rezolve cu adevărat problema durabilității.

2.5.2 Postmodernism

În paralel, dar în profundă contradicție cu această mișcare supertehnologizată, arhitectura postmodernistă invocă primatul omului în creația de arhitectură. Criticând cu asprime doctrina eșuată a stilului internațional și declarând decesul modernismului, scrierile lui Venturi (1972) [163] atrag atenția asupra nevoilor complexe ale omului modern, în special asupra celor legate de simbol și semnificații.

Așa cum prevedeau lucrările arhitectului Philip Johnson - spre deosebire de soluția modernistă, eminentă tectonică, pe care o propunea mentorul său Mies van der Rohe la Farnsworth House (1940-1950) (*fig.2.4.8c*), Glass House, New Canaan (1949) (*fig.2.5.2a*) retrace structura portantă în planul fațadei transparente - caracterul simbolic al fațadei, și al anvelopei în general, se separă de cel constructiv și funcțional. Împreună cu reluarea ornamentului istoric, folosind din plin experiența art deco, acest tip de abordare avea să prezinte oțelul în aceeași formă în care se găsea cu jumătate de secol în urmă: ascuns în spatele decorului, acum mai plin de conținut ca niciodată, sau stilizând el însuși ornamentul mai mult sau mai puțin strălucitor, hărăzit a hrăni nevoia de prestigiu a omului modern. Unul din exemplele edificatoare ce avea să popularizeze acest stil, cunoscut mai ales datorită frontonului „Chippendale” (Nash, 2005: 147)[116] care o încoronează, este AT&T building (*fig.2.5.2b*) a lui Philip Johnson. Structura modernă de oțel rămâne invizibilă în spatele aparentei masivități date de plăcile de marmură roz care o îmbracă. Dincolo de trimiterile istorice, sunt reluate tratările tripartite a fațadelor (Gössel, 1990 :339)[59] și accentuarea verticalelor, utilizate și în perioada Art-Deco, ce aveau pe vremea lui Sullivan rolul de a evidenția înălțimea devenită posibilă tocmai datorită structurilor metalice.

2.5.3 Deconstructivism

Probabil deopotrivă în acord și dezacord cu cele două direcții de investigare, curentul deconstructivist ia în calcul o ordine cu totul nouă. Fără a avea o clară definiție a felului în care aceasta ar trebui să arate, deconstructivismul are în vedere pentru început 'desfacerea', 'deconstruirea' mecanismelor de gândire anterioare, mecanisme care, având la bază sisteme de valori revoluționare, ar avea darul de a inhiba inutil. De departe, caracteristica cea mai vizibilă a acestui anti-stil este abordarea antirațională. O abordare care dorește să evidențieze deopotrivă irelevanța

construcției simbolice sau materiale. În acest fel, deconstructivismul pune la mare încercare capacitatea oțelului de a rezolva probleme structurale. Expus sau retras în spatele cojilor ce definesc separat spații interioare sau forme exterioare, acesta nu se rezumă doar la rolul de suport imposibil, devine el însuși element al controverselor în interacțiunea cu volumele deconstruite.

Deconstructivismul ar putea fi considerat o mișcare de eliberare, o eliberare a spațiului așa cum susține arhitectul Wolf Prix de la Coop Himmelb(l)au (Feireiss, 2007: 20a1)[42] când vorbește despre construcția de pe Falkestrasse, Vienna (1983-1988) (*fig.2.5.3a*). Este tocmai ceea ce face în cadrul acestui proiect de remodelare a acoperișului unei clădiri de secol XIX - „... deschide acoperișul și crează spațiu, eliberând spațiul ...”, asemeni unui fulger care ar lovi acoperișul clădirii (*idem*)[42].

Între clădirile de marcă ale stilului, folosind o structură metalică aparent haotică, se află Hysolar Institute (1987) (*fig.2.5.3b*), proiectat de arhitectul Günter Behnisch pentru Universitatea din Stuttgart. Îmbinarea oarecum întâmplătoare a elementelor de construcție și combinația componentelor prefabricate cu soluții meșteșugărești, încercând să lase impresia unui proiect neterminat, reprezintă încă o abordare primitivă a acestui stil care avea în cele din urmă să își bazeze expresia de 'haos controlat' pe imagini bine studiate și structuri atent calculate cu ajutorul programelor de proiectare asistată de calculator (Blanc, 1993: 524)[14].

Poate cea mai importantă clădire care poate fi atribuită deconstructivismului, ce anunța stilul sculptural numit astăzi 'free form' (Von Naredi-Reiner, 2004: 200, 218-223)[166], este Guggenheim Museum din Bilbao (1991-1997) (*fig.2.5.3c*), construită după proiectul cu care arhitectul Frank O. Gehry câștiga concursul organizat în 1991 de reprezentanții muzeului. Importanța acestei construcții în reechilibrarea economică a regiunii Țării Bascilor din Spania, prin aportul de turiști, avea să contribuie decisiv la schimbarea percepției rolului pe care arhitectura îl poate avea în societate (Kolarevic, 2005: 209; Puglisi, 2008: 117-123) [85][128]. La Guggenheim Museum din Bilbao, complicata structură din bare și profile de oțel zincat, devenită posibilă doar prin utilizarea tehnologiei informatice (Palladino, 2007: 89)[128], se supune docil formelor impuse de gândirea maestrului. În funcție de expresia dorită, ea rămâne ascunsă în spatele placajului de titan sau contribuie dezinvolt la dinamica generală din zonele transparente de articulație.

Chiar dacă structura metalică este puțin relevantă în conturarea formei sau spațialității acestui curent arhitectural, nu putem neglija rolul pe care geometria liniară, sedimentată în conștiința creatorului în urma experiențelor vizuale oferite de structurile metalice, l-ar fi putut avea în creionarea elementelor liniare din cadrul compoziției.

Edificarea primelor clădiri aparținând curentului deconstructivist, în materializarea cărora structura metalică a jucat un rol esențial, reprezintă cu siguranță un punct culminant al impactului structurilor metalice în arhitectură. Un punct culminant care nu a generat, așa cum probabil ar fi fost de așteptat, forme dedicate, ce ar putea fi considerate adaptate materialului, ba chiar dimpotrivă, el a avut drept consecință forme de o libertate cvasi-totală față de constrângerile structurale.

2.6 Căutări contemporane

Căutând să beneficieze de tot ce ar putea fi considerat pozitiv în arhitectura din perioada modernă, și nu numai, arhitectura contemporană se află, mai mult ca niciodată, sub semnul pluralismului (Jencks, 2008)[75]. Practica curentă ne oferă cu aceeași nonșalanță soluții moderniste, minimaliste, clasice, biomorfe, high-tech sau free-form. În aceste condiții, pentru a evalua impactul structurii metalice în arhitectura zilelor noastre, vom căuta să luăm în discuție cu precădere acele construcții cu structură metalică a căror forme și abordări conceptuale diferă sensibil de cele deja consacrate de curentele anterioare.

Indiferent de multiplele teorii, mai mult sau mai puțin contradictorii, care caută să îi argumenteze deciziile, arhitectura aflată astăzi în lumina reflectoarelor, în încercarea de a răspunde nevoilor complexe ale ființei umane, mizează pe complexitate (idem: 1-8)[75]. Formele nu mai caută să ofere răspunsuri globale, sintetice, reduționiste, dimpotrivă, asistăm de multe ori la fenomenul complicării ca scop în sine - rezultatul ar trebui să permită citirea diversă, să invite la interpretare-reinterpretare, să oblige 'consumarea' evenimentului în secvențe multiple, să ofere omului contemporan ceea ce lipsea modernismului, ceea ce căuta postmodernismul să suplinească prin 'surogatul clasicist' - semnificație.

Dincolo de dezbaterile ideatice, amploarea pe care fenomenul complicării soluțiilor o are la acest început de secol se datorează în totalitate posibilităților puse la dispoziție de dezvoltarea științelor ingineresti și tehnologiilor, fie că vorbim de tehnologia proiectării (CAD) sau de cea a execuției (CAM). O bună parte a acestei dezvoltări se leagă nemijlocit de permanenta căutare a exploatării uriașului potențial al structurilor metalice, potențial pe care, tocmai dezvoltarea explozivă a științei și tehnologiei din ultimele decenii ale secolului trecut a ajuns atât de bine să îl pună în valoare.

Dacă, și în ce măsură, mai putem vorbi astăzi de un impact al structurilor metalice în arhitectură, vom căuta să analizăm în exemplele ce urmează.

Un interesant exemplu de arhitectură derivată din high-tech, ce caută semnificația în forme similare celor naturale, ne oferă Stuttgart Airport (1981-1991) (*fig.2.6a*), cu care arhitectul Meinhard von Gerkan câștiga concursul din 1980 [256]. Tipic arhitecturii high-tech, expresia este dominată, aici cu preponderență la nivelul spațiului interior, de sistemul structural inspirat de cercetările lui Frei Otto (Nerdinger, 2005: 27)[117] care, în încercarea de a elimina eforturile de încovoiere, transformă stâlpii în structuri arborescente supuse strict la compresiune. Se obține astfel o reducere la minim a deschiderilor structurii de acoperire. Chiar dacă forma inspiră inflorescențe naturale, ea derivă din rațiuni structurale bazate pe comportamente fundamentale diferite.

O altă formă de punere în valoare a expresivității structurii metalice o regăsim la Stadelhofen Station (1983-1990) (*fig.2.6b*). Proiectul inginerului-arhitect Santiago Calatrava, care câștiga concursul organizat de Swiss Federal Railways în 1982, mizează la rândul său pe o expresie arhitecturală dominată de structura de rezistență dar, spre deosebire de high-tech, vorbim aici de o creație artistică sculpturală, de un expresionism structural dominat de forme inspirate de scheletul uman (Calatrava, 2002: 93)[24] prin intermediul cărora se caută transmiterea, inducerea, ideii de mișcare. Totuși, așa cum observă Peter Rice, indiferent că vorbim de componentele din beton de la nivelurile subterane sau de suportii metalici ce preiau acoperirea peroanelor, nu caracteristicile materialului par a fi fost determinante în creația formală la Santiago Calatrava (Brown, 2001: 100)[20].

În cadrul unui alt proiect dedicat infrastructurii feroviare, „ce reamintește tradiția lui Paxton sau Eiffel” (Jodido, 2004: 59), Waterloo International Terminal (1988-1993) (*fig.2.6c*), conceput de arhitectul Nicolas Grimshaw, eficiența utilizării materialului, motorul gândirii raționale în arhitectura high-tech, se întâlnește cu contextul, căruia i se supune aproape necondiționat [257]. Eleganța soluției, bazată pe expunerea structurii metalice proiectate de inginerul Anthony Hunt (MacDonald, 2000: 127)[100], derivă la Waterloo International tocmai din această întâlnire care transformă modelul pur repetitiv, într-o realitate complexă, adaptată spiritului timpului.

Aceeași raportare contextuală, dar dintr-o perspectivă diferită, apropiată mai degrabă deconstructivismului, caută să ofere și Centro de Gimnasia Ritmica y Deportiva (1989-1993) (*fig.2.6d*), proiectat de arhitecții Enric Mirales și Carme Pinos. Complexității programului i se răspunde aici printr-o soluție conceptuală ce mizează pe completarea peisajului natural cu structuri artificiale așezate voit într-o ordine „complexă și fragmentară” [258]. Astfel, componentele metalice de la nivelul acoperișului se supun unei forme globale ce mimează undulația telurică (Jencks, 2002: 235)[75], rezultatul fiind transformarea unei structuri de tip „High Tech într-un semnal la scara peisajului” (Puglisi, 2008: 77)[128].

Unitate obținută printr-un sistem de acoperire ce leagă arhitectura de peisaj, este și tema proiectului propus de arhitectul Jean Nouvel pentru KKL (1989-2000) [259] (*fig.2.6e*). Uriașul acoperiș în consolă, de până la 45m pe diagonală[260], ce marchează decisiv expresia ansamblului construit, are deopotrivă rolul de a unifica diversitatea formală ce rezultă din configurațiile spațiale care acomodează multiplele funcțiuni și de a relaționa edificiul cu mediul înconjurător (Puglisi, 2008: 133-34) [128], dominat de peisajul montan și oglinda de apă a lacului Lucerna. Fără a avea vreun rol în stabilirea formei marelui acoperiș, structura metalică rămâne esențială pentru a face posibilă o asemenea construcție.

În aceeași tematică, dar continuând spiritul deconstructivist, sistemul de acoperire propus de arhitectul Bernard Tschumi în cadrul proiectului ce câștiga competiția pentru Le Fresnoy Art Center (1992-1997) (*fig.2.6f*), caută să însăileze o seamă de construcții dedicate divertismentului, construite în anii 20' [261] într-un nou centru de artă contemporană. Din punct de vedere arhitectural, interesul major al acestui proiect rezidă tocmai în acele spații 'in between'[262] ce se nasc între noul conținător și vechile construcții. Expusă nonșalant și lipsită de un control expresiv foarte strict, structura metalică, a cărei formă corespunde deopotrivă matricei arhitecturale și nevoilor structurale, lasă o puternică amprenta pe calitatea spațiilor respective.

Deși vibrează de tehnologie, ansamblul Velodrome and Olympic Swimming Pool Berlin (1992-1999) (*fig.2.6g*), proiectat de arhitectul Dominique Perrault se supune la nivel global unei rigori minimaliste. Imaginea dorită este aceea a două pelicule de apă [263] ce completează parcul în care se scufundă întregul ansamblu construit. Dincolo de această aparență, spațiul interior este dominat de impresionanta structura metalică proiectată de inginerii de la Ove Arup & Partners, ce face posibile deschideri de până la 115m (Images Pub, 2000: 78)[74]

Invizibilă la WOZOCO Housing (1994-1997) (*fig.2.6h*), proiectul arhitecților de la MVRDV, structura metalică primește totuși un rol deosebit de important, acela de a prelua apartamentele care, nemaigăsind spațiu în cadrul volumului construit [264], au ajuns să fie suspendate pe fațadă. Inedita soluție arhitecturală, rezultată din abordarea analitică, dezinvoltă a problemei, tipică noii școli olandeze, pune în valoare într-o altă formă, neașteptată, potențialul structurii metalice. Lipsa de

experiență a arhitecților, care a contribuit cu siguranță la nonșalanța abordării, a fost compensată aici de o echipă de colaboratori din domeniul ingineriei, a căror gândire creativă a avut un rol decisiv în materializarea proiectului.

La fel de puțin vizibilă este structura metalică în cadrul Water Pavilion (HtwoOexpo, 1994-1997) (fig.2.6i), conceput de NOX, un birou de proiectare specializat în artă și arhitectură. Aici versatilitatea metalului face posibilă „introducerea unui limbaj formal complet nou, unul în care pardoselile se transformă în pereți și pereții în tavane.”[265] Rezultatul este o formă liberă ce se integrează în peisajul de coastă asemeni unui uriaș cetaceu eșuat. La fel ca și în cazul WOZOCO, „construcția acestor forme a cerut multă creativitate pentru a face proiectul fezabil [din punct de vedere] economic”[266].

Discreția și eleganța cu care poate fi expusă structura metalică se poate observa exemplar la acoperișul Great Court (1994-2000) (fig.2.6j), din cadrul proiectului de reabilitare a British Museum (Richards, 2006: 126-133)[133] propus de arhitectul Norman Foster. Soluția aparent simplă a formei toroidale, ușor asimetrică, proiectată sub controlul inginerului Stephen Brown de la Buro Happold, mizează din plin pe tehnologia informatică de ultimă oră, cea care face posibilă deopotrivă proiectarea și materializarea numărului mare de componente și noduri diferite (Barnes, 2000: 281; Cook, 2004: 100)[9][32]. Impusă de planul clădirilor existente (Tessmann, 2008: 65-66)[154] și de dorința de minimizare a încărcărilor printr-o secțiune arcuită, forma acoperișului nu doar respectă spațiul marcat de monumentul de secol XIX, ci îi oferă cu certitudine un plus de valoare.

Într-o totală opoziție cu rațiunile contextuale și nevoile structurale ce justifică forma acoperișului de la Great Court se află dramaticele forme, inspirate de chitarele rupte de Jimmy Hendrix în concert (Puglisi, 2008: 162)[128], pe care le propune Frank Gehry la Experience Music Project (1995-2000) (fig.2.6k). În cadrul aceleiași tematici free-form pe care Gehry o consacrase la muzeul Guggenheim din Bilbao, apare o rezolvare structurală diferită: cadre radiale din profile I, a căror forme unice rezultă din secționarea cvasi-indiferentă a volumelor, la un interax de cca.3m (LeCuyer, 2003: 114-118)[91], susțin o coajă din beton torcretat ce are și rol de rigidizare. Această soluție structurală cu componente unicat de forme extrem de complexe, proiectată de inginerii de la Magnusson Klemencic Associates, a devenit posibilă doar pe măsura avansului în utilizarea sistemelor CAD/CAM.

Un exemplu absolut remarcabil de utilizare a potențialului structurilor metalice ne oferă Eden Project (Adam, 2004: 228-231)[3] (1995-2001) (fig.2.6l), conceput de arhitectul Nicholas Grimshaw, împreună cu inginerii de la Anthony Hunt Associates și MERO, pentru ecologizarea unei foste cariere de argilă din comitatul Cornwall, UK (Kirkland, 2004: 58)[81]. Deși încadrată de multe ori în categoria 'bloburilor', această construcție diferă substanțial ca mod de abordare de acestea: dorința de a reduce la minim consumul de material și umbra lăsată de componentele structurale, determină aici, precum în cazul serelor din secolul XIX, atât forma sistemului structural cât și pe cea a sistemului de închidere - dom geodezic, acoperit cu membrană EFTE (Parke, 2002: 247; Whalley, 2005: 34-35)[119][171]. La nivel de ansamblu, adaptarea la peisaj și nevoi funcționale se realizează prin alăturarea mai multor asemenea domuri (Jennings, 2004: 305)[76] de diverse dimensiuni, rezultând o formă globală ce, dincolo de uriașa diferență de scară, seamănă izbitor cu ouăle de broască.

Într-o altă formă, care combină minimalismul conținătorului cu complexitatea suporturilor, la Sendai Mediatheque (1995-2001) (fig.2.6m), proiectată de arhitectul Toyo Ito (Schittich, 2002: 148-159; Von Naredi-Reiner, 2004: 178-179)

[140][166] în colaborare cu inginerul Mutsuro Sasaki (Buntrock, 2001: 41)[21], structura metalică este invitată să preia în componente liniare eforturile ce se doreau a fi descărcate, nu în stâlpi, ci în câteva tuburi hiperboloidale care oferă deopotrivă suport, rigidizare și legături spațial-funcționale pe verticală. În această situație, așa cum remarcă Bjørn Normann Sandaker în lucrarea sa „On Span And Space” diametrul și poziția tuburilor nu sunt determinate de încărcarea preluată, ci de contextul spațial funcțional (2008: 144)[139].

O soluție structurală inedită în domeniul clădirilor putem observa la Yokohama International Port Terminal (1995-2002) (*fig.2.6n*), proiectată de arhitecții de la Foreign Office Architects. O soluție rezultată în urma unui proces pe care arhitecții îl numesc 'de creștere' (Zaera-Polo, 2007: 11-14)[176], în cadrul căruia strânsa colaborare între inginerul proiectant de structuri Kunio Watanabe, unul din liderii domeniului în Japonia (Rattenbury, 2004: 81)[130], și arhitecții a avut un rol esențial [267]. Tocmai acest proces de creștere a generat soluția plăcii cutate metalice care, deși nu a făcut parte din baza conceptuală a proiectului care câștiga concursul din 1995, a ajuns să satisfacă cu desăvârșire cerințele formale, spațiale și funcționale.

Pe lângă cerințele privind economia de resurse și viteza de execuție[268], dimensiunea extraordinară (diametru de 365m) a Millenium Dome (1996-2000) (*fig.2.6o*) „cea mai mare cupolă din lume” (Walker, 1997: 205)[169], a fost cu siguranță cea care a impus sistemul structural. Cu toate acestea, forma globală proiectată de Richard Rogers împreună cu echipa de ingineri condusă de Ian Liddell și Paul Westburry de la Buro Happold (idem)[169], ce contravine mai degrabă formei anticlastice ce poate fi considerată caracteristică sistemului structural cu pânze întinse, pare să fi fost determinată, dincolo de considerente constructive⁹⁰ mai degrabă de considerente simbolice (Barnes, 2000: 127-169; Huntington, 2004: 31) [9][72].

La Oita Stadium (1996-2001) (*fig.2.6p*), proiectat de arhitectul Kisho Kurokawa împreună cu arhitecții și inginerii de la Takenaka Corporation pentru campionatul mondial din 2002, structura metalică se impune deopotrivă datorită marii deschideri și nevoii de mișcare a acoperișului. Dincolo de simbolistica cupolei, aceeași nevoie de mișcare justifică alegerea unei forme regulate, ce permite glisarea facilă a structurii mobile [269].

Dacă marile deschideri și mobilitatea pot argumenta în sine alegerea unei structuri metalice, tendințele actuale în construcția clădirilor foarte înalte ne arată că înălțimea nu mai reprezintă în sine o justificare. Ultima dintre cele mai înalte clădiri ale lumii care folosește cu preponderență structura metalică - între timp a fost depășită de Burj Dubai care are o structură din beton armat - este Taipei 101 (1997-2004) [270] (*fig.2.6q*). Încărcat de semnificație, uriașul turn proiectat de arhitectul C.Y. Lee își ascunde timid structura în spatele unei forme globale tipic postmoderne.

O alternativă high-tech a clădirii înalte cu aspirații ecologice (Kolarevic, 2005: 210-211; Boschetti, 2006: 62-69)[85][17] ne oferă Swiss Re (1997-2004) (*fig.2.6r*) (vezi și 6.10), proiectată de Norman Foster. Probabil una dintre cele mai importante schimbări pe care le observăm în cadrul acestui edificiu desfășurat pe verticală este reconsiderarea participării structurii la construcția imaginii fațadei. Spre deosebire de modelele din perioada modernismului, aici structura nu mai este cea rectangulară, repetitivă, ci una radială care, unind fațada și acoperișul într-o „piele continuă, triangulată”, utilizează la maxim potențialul amplasamentului,

⁹⁰ MacDonald consideră că forma sinclastică decisă de Rogers poate fi justificată prin simplificarea anvelopantei (MacDonald, 1994:90)[99]

reduce la maxim curenții de la nivelul fațadei și permite rezolvarea planurilor fără suport intermediari [271].

Un sistem structural alternativ, familiar mai degrabă în domeniul construcției auto, navale sau aerospațiale, se poate regăsi la Lord's Cricket Ground media centre (1998-1999) (*fig.2.6s*), proiectată de arhitecții de la Future System. Dată fiind scara relativ redusă, a fost posibilă experimentarea unei construcții de aluminiu de tip monococă. Rezultatul formal, obținut cu ajutorul componentelor produse pe mașini cu comandă numerică și asamblate de o firmă de construcții navale (LeCuyer, 2003: 13)[91], pare inspirat din filmele de ficțiune.

Dacă la Lord's media centre imaginea de blob se obține prin intermediul structurii monococă, la centrul comercial Selfridges din Birmingham (1999-2003) (*fig.2.6t*), forma 'bloby' propusă de aceiași arhitecți se obține printr-o fațadă din beton torcretat, agățată pe o structură metalică în cadre, ce ar putea fi considerată banală. Și totuși, 'banalele' cadre nu sunt așezate cartezian. Pentru a satisface optim deopotrivă cerințele arhitecturale și structurale, ținând cont de posibilitățile oferite de tehnologia CAD/CAM, inginerii de la Arup au conceput o soluție neregulată cu stâlpi așezați pe perimetrul construcției și a celor două atriumuri, menținând un interax care să permită o deschidere economică (Clark, 2005: 4-5)[29]

Cu totul altfel decât banală este structura metalică ce face posibilă forma Seattle Central Library (1999-2004) (*fig.2.6u*), proiectată de arhitectul Rem Koolhaas. Rețeaua diagonală expusă în fațadă, ce asigură rigiditatea sistemului structural [272], contribuie aici deopotrivă la expresivitatea ansamblului și la spațialitatea extraordinară. Deși perfect adaptat nevoilor funcționale și expresive, conceptul structural nu a făcut parte din gândirea inițială. Mizând pe omnipotența soluțiilor structurale contemporane, forma globală are ca bază conceptuală diagrama funcțională [273] intuită de arhitect, în timp ce interiorul reia, într-o formulă mai puțin dramatică, modelul conceptual al spațiului 'interstițial' pe care îl explorau cu ani în urmă soluțiile deconstructiviste de la Hysolar sau Le Fresnoy.

O formă inedită, la scara unui mic apartament din Tokyo, propune arhitectul Masaki Endoh în proiectul Natural Ellipse (2000-2002) (*fig.2.6v*). Toroidul ce acomodează spațiile de locuit se materializează prin intermediul unui schelet metalic cu 24 de inele eliptice, ce rămân invizibile în spatele cojii albe realizate din polimer armat cu fibră de sticlă (FRP) care asigură deopotrivă conlucrarea și rigidizarea ansamblului structural (Bell, 2006: 120-125)[11].

Tot o structură metalică permite materializarea formei absolut unice a New Kunsthaus Graz (2000-2003) (*fig.2.6w*), proiectată de arhitecții Peter Cook și Colin Fournier (Spacelab). Aparența biomorfică, dată de ceea ce poate fi considerat un 'acoperiș mansardă în formă de rinichi' care îmbracă prin intermediul unei structuri triangulate cu dublă curbura (Kloft, 2005: 135-148)[82][274] cea mai mare parte a construcției principale de beton armat, vine ca răspuns la amplasamentul de formă neregulată, dominat de formele baroce ale clădirilor învecinate.

Spre deosebire de cele mai multe proiecte semnate de arhitecții Jaques Herzog și Pierre de Meuron, în care expresia este mediată de materialitatea elementelor de anvelopare și compartimentare, la Prada, Tokyo (2000-2003) (*fig.2.6x*) structura portantă preia rolul principal. O structură portantă care se supune deopotrivă formei globale impuse de amplasament și matricei funcționale. Rezultatul, un uriaș cristal urban ce funcționează ca o vitrină tridimensională, se înscrie în spiritul minimalist promovat la începutul carierei de cuplul de arhitecți elvețieni. Oferta expresivă de mare rafinament derivă în fapt din integrarea aproape totală a funcțiunilor portante cu cele de anvelopare/compartimentare [275].

Chiar dacă expresia prezintă similitudini, în cazul Allianz Arena (2000-2005) (*fig.2.6y*), proiectată de aceeași arhitecți, ea se obține cu totul diferit, prin intermediul unei anvelopante a cărei rețea romboidală, dictată de rațiuni expresive (Herzog & de Meuron, 2005: 901)[69], împachetează uniform, independent de grila structurală (idem: 904)[69], atât structura de beton a tribunelor cât și cea metalică a sistemului de acoperire.

Un rol inedit primește structura metalică în cadrul Sharp Centre (2000-2004) (*fig.2.6z*), proiectată de arhitectul Will Alsop. În acest caz, ea face posibilă ridicarea cutiei conținător deasupra clădirilor învecinate, permițând menținerea și chiar punerea în valoare a spațiului public de la nivelul amplasamentului [276].

Cele patru proiecte total diferite care au mizat pe structură metalică în cadrul manifestărilor anuale dedicate arhitecturii, ce se desfășoară la Londra sub denumirea Serpentine Pavilion [277] evidențiază deopotrivă versatilitatea și indiferența față de stil a structurii metalice. Reluând concepte care le caracterizează opera, nume mari ale arhitecturii precum Daniel Libeskind (2001) (*fig.2.6aa*) (1), Toyo Ito (2002) (2), SANAA (2009) (3), Jean Nouvel (2010) (4), exploatează pe rând potențialul deja consacrat.

Carcasa structurală obținută prin intermediul unei rețele triangulare, ce ar putea urmări în principiu orice formă cu dublă curbură [278], este exploatată de arhitectul Kaas Oosterhuis la pavilionul Web of North (2002)(*fig.2.6bb*). Elementele portante sunt formate din plăci de tablă cu grosime și adâncime variabilă (Veltkamp, 2007: 43). Forma derivă aici dintr-un proces de proiectare parametrică ce are în vedere deopotrivă complexitatea problemelor ridicate de interacțiunea dintre elementele care compun obiectul construit și dintre obiectul construit și viitorul mediu de implementare.

O formulă structurală cu ochiuri cvadrangulare și triangulare permite materializarea 'vălului' ce formează coloana vertebrală a ansamblului Milan Trade Fair (2002-2005) (*fig.2.6cc*), proiectat de arhitectul Massimiliano Fuksas. Chiar dacă forma acestui 'văl' de oțel și sticlă rezultă dintr-o formulă rațională, anume o „variație aritmetică constantă”, ea „face [în egală măsură] referire la peisajul natural: cratere, 'valuri', 'dune', 'munți'” [279].

Tot o structură metalică este cea care face posibilă inedita clădire înaltă a CCTV (2002-2010) (*fig.2.6dd*), proiectată de arhitecții Ole Scheeren și Rem Koolhaas de la OMA (vezi și 6.12). Rețeaua structurală diagonală, ce permite menținerea în picioare a formei imposibile, exprimată în fațadă, are aici rolul de a îmbogăți expresia arhitecturală (Carrol, 2008)[27].

Configurația liberă a 'norului artificial' care acoperă și înglobează o parte din spațiile BMW Welt (2003-2007) (*fig.2.6ee*), proiectate de arhitecții de la Coop Himmelb(l)au, are la bază și ea o structură metalică (Feireiss, 2007; Lothar, 2007) [42][96]. Chiar dacă influența nu este una directă, experiențele oferite de Grand Court, Swiss Re sau Milan Trade Fair, au avut cu siguranță un rol important în câștigarea încrederii în posibilitatea materializării unei asemenea forme.

Inspirat printre altele de tradiția culturală a vaselor chinezești (Burrows, 2009: 16)[22], în aceeași perioadă cu BMW Welt (2003-2008) avea să se construiască stadionul pentru jocurile olimpice din 2008, Beijing National Stadium (*fig.2.6ff*). Imaginea cuibului de pasăre, ce avea să îi dea în cele din urmă numele, este obținută prin intermediul unei structuri metalice ce „sfidează logica structurală” (Parrish, 2009: 11)[120]. Anvelopa ce unește fațada și acoperișul într-o formă compactă, sinuoasă, mizează pe un aranjament aparent accidental al componentelor din oțel, ce face aproape imposibilă distincția dintre elementele structurale

principale, secundare și terțiare. Spațiul ce rezultă între structura de beton a tribunelor și această structură metalică, deschisă la nivelul fațadei, oferă o experiență arhitecturală unică. La acest nivel de complexitate, strânsa colaborare dintre arhitecții de la Herzog & de Meuron, inginerii de la Arup și echipa de arhitecți și ingineri de la China Architectural Design & Research Group aveau să se dovedească esențiale atât pentru câștigarea concursului ce avea să desemneze proiectantul, cât și pentru materializarea extraordinarului concept.

O abordare, marcată profund de conceptul 'arhitecturii totale' (1970)[280] promovate de Ove Arup, avea să genereze soluția de la National Aquatics Center (2003-2008) (*fig.2.6gg*) (vezi și 6.11) construit pentru aceleași jocuri olimpice. După stabilirea în fază preliminară a formei globale, rezultată din configurația amplasamentului, simbolistica, în relație cu stadionul din imediata vecinătate, și impunerile funcționale [281], sarcina expresivității obiectului arhitectural avea să cadă asupra soluției structurale. Urmând să fie exprimată la nivelul fațadelor și spațiilor interioare, ea trebuia să determine o 'complexitate fezabilă'. Acest lucru se obține prin decuparea la un unghi aleator a configurației ce se naște prin cea mai eficientă subîmpărțire a spațiului în celule adiacente egale. Rețeaua structurală este generată de liniile de intersecție dintre suprafețele care divid spațiul, o rețea structurală care, împreună cu închiderile din ETFE generează imaginea aparent aleatorie a unui uriaș cub din bule de săpun.

Consecință a unei conceptualizări profund diferite, cele două 'pietricele' [282] uriașe care compun ansamblul Guangzhou Opera House (2003-2010) (*fig.2.6hh*), proiectat de arhitecta Zaha Hadid, iau naștere la rândul lor prin intermediul unei structuri metalice. Aparența exterioară este dată de o rețea structurală triunghiulară care împachetează sălile din beton. După cum susține Huang Tai Yun, inginerul de la Pearl River Design Institute, responsabil pentru proiectarea structurii, „The design is anti-structure, as everything is leaning outwards or is cantilevered. The style overrides the basic principles of structural design ...” [282]. Pentru a putea fi menținută în picioare, se mizează pe profile de dimensiuni iraționale ținute laolaltă de legături extrem de rigide, obținute prin intermediul unor noduri turnate din oțel, soluție care ar fi prohibitiv de scumpă în Europa. Chiar și în aceste condiții, pentru a menține soluția în limite fezabile, a fost necesară introducerea unor puncte de susținere suplimentare - 14 în zona auditoriumului și 4 în zona sălii mici [282].

O altă formă inedită ne oferă Tea House (2004-2006) (*fig.2.6ii*), proiectată de arhitecții de la UN Studio. Ciudata apariție ce împachetează un buncăr construit în anii 1936, se bazează pe un schelet din profile HEB ce îi permite, profitând de contragreutatea oferită de masivul de beton, ieșirea în consolă cu 14m [283]. Poziționată în proximitatea unui teren de polo, forma caută să pună în valoare potențialul monolitului de beton, printr-o construcție care să ofere deschiderea necesară observării jocului.

La ansamblul Hessing Cockpit (2005) și Soundbarrier (2006) (*fig.2.6jj*), structura metalică, descrisă prin intermediul unui detaliu parametric unic, devine o uriașă plasă cu ochiuri triunghiulare care prin contracții și dilatări se supune nevoilor stilistice și funcționale. Această configurație spațial-formală imaginată de arhitectul Kaas Oosterhuis în strânsă legătură cu amplasamentul dominat de autostrada olandeză A2, caută, pe lângă rolul de a proteja mediul de zgomotul autostrăzii și de a adăposti un showroom de mașini de lux, să ofere călătorilor ce se deplasează cu viteze de peste 100 km/h „șaizeci de secunde de arhitectură” [284].

Reluând ideea terminalului de la Yokohama, și profitând probabil de experiența acestuia, proiectul arhitecților de la Wandel Hoefer Lorch și Hirsch, care avea să câștige concursul pentru un pavilion de documentare a fostului lagăr de concentrare de la Hinzert (2005) (*fig.2.6kk*), mizează din start pe sistemul portant cu placă metalică cutată (Reichel, 2007: 102-103)[131]. În această situație, atât fațada cât și acoperișul structural devin componente principale ale expresiei arhitecturale. Chiar dacă mizează de la început pe imaginea oferită de sistemul portant, forma se supune cerințelor structurale doar în măsura în care acestea impun unghiurile minimale dintre componentele triunghiulare care formează sistemul, astfel încât, lucrând împreună ca un continuu să genereze o placă cutată suficient de rigidă.

2.7 Concluzii

În urma analizei utilizării metalului ca element structural în arhitectură au fost identificate și pot fi definite următoarele schimbări:

- creșterea deschiderii arcelor, bolților și cupolelor și scăderea masivității construcțiilor care preiau împingeri laterale rezultate din aceste soluții constructive, devenite posibile datorită utilizării metalului ca material structural auxiliar în construcțiile de zidărie;

- apariția unor forme și spații inedite; dezvăluite în construcții utilitare cu structură metalică realizate de specialiști din afara domeniului arhitecturii, asemenea forme ajung să fie în cele din urmă alăturate sau înglobate în arhitectură, situație care impune colaborarea dintre acei specialiști capabili să gestioneze structurile metalice și arhitecți;

- eliberarea elementelor de definiție spațială de constrângeri structurale, datorate utilizării sistemului structural multietajat cu schelet metalic; complexitatea problemelor ridicate de sistemul structural scheletal multietajat impune colaborarea dintre arhitecți și ingineri încă din faza de proiectare;

- îmbogățirea fără precedent a limbajului spațial-formal, devenită posibilă prin raportarea liberă la grila structurală; calitatea colaborării în cadrul echipelor pluridisciplinare de ingineri și arhitecți, implicarea creativă a celor două specialități, ajung să se reflecte în calitatea produsului de arhitectură.

- depășirea limitelor imaginabile ale limbajului spațial-formal pe măsura evoluției științei și tehnologiei; soluțiile arhitecturale adoptate, unele aparent împotriva oricărei rațiuni, contribuie la motivare și susțin din plin continuarea acestor evoluții; conceperea și materializarea unor asemenea soluții, dincolo de infrastructura tehnologică, impun coagularea unei uriașe forțe creative, ce nu poate fi gestionată altfel decât prin colaborare.

Premiza unei condiționări tehnologice a expresiei arhitecturale în cazul arhitecturii care utilizează structuri sau componente structurale metalice este pusă în discuție de rezultatele acestei analize. Deși toate schimbările enunțate pot suporta asocierea cu utilizarea structurilor metalice, arhitectura cu structură metalică este departe de ceea ce s-ar putea numi o expresie, condiționată, inevitabilă a utilizării structurilor metalice. Se poate deduce de aici o primă ipoteză de lucru: *arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice este mai mult decât expresia inevitabilă a acestei utilizări*. Dar cât este atunci expresie inevitabilă, condiționată și cât nu? Cum se poate defini mai exact acel mai mult?

3. CARACTERISTICILE STRUCTURILOR METALICE

Pentru a putea răspunde la întrebarea ridicată la sfârșitul capitolului anterior, pentru a putea stabili relații de cauzalitate între utilizarea structurilor metalice și schimbările apărute în arhitectură, se propune examinarea mai în detaliu a structurilor metalice. Se are în vedere identificarea și definirea acelor caracteristici ale structurilor metalice care pot fi considerate specifice și care ar avea potențialul de a genera schimbări în arhitectură. O privire asupra tehnicilor care stau la baza obținerii structurilor metalice va fi utilă pentru evidențierea acelor caracteristici ce pot fi considerate specifice acestora, a relevanței proprietăților⁹¹ materialului în determinarea unor asemenea caracteristici și, implicit, în conturarea unui eventual limbaj formal-spațial specific. În acest scop, prima parte a acestui capitol va porni de la o analiză a materialelor, a tehnicilor de producție, prelucrare și îmbinare, în ordinea evoluției acestora, căutând să arate relația de determinare care există între acestea și componentele, respectiv soluțiile structurale de ansamblu rezultate din utilizarea acestora. Cea de a doua parte va fi dedicată analizei utilizării formelor structurale în clădiri, a câtorva variante de adaptare a formelor structurale la nevoi utilitare și expresive. Întregul capitol își propune să formuleze un punct de vedere asupra măsurii în care factorii din sfera tehnică pot influența stabilirea limbajului formal-spațial.

3.1 Fontă, fier forjat, oțel

Așa cum semnalăm încă din capitolul introductiv, metal reprezintă o denumire generică dată tuturor acelor elemente chimice care prezintă proprietăți de conductivitate termică și electrică, lăcu specific, maleabilitate și ductilitate. Cu toate acestea, atunci când vorbim de structuri metalice avem în vedere, cu precădere, structuri portante realizate din aliaje ale fierului, cunoscute sub denumirea de fontă, fier forjat și, cel mai adesea, oțel. Fără a putea exclude în totalitate utilizarea celorlalte metale în cadrul structurilor portante - în trecut au existat elemente cu rol structural realizate din bronz, în timp ce în perioada modernă cazuri foarte rare, justificate de cerințe extraordinare, mizează pe soluții structurale din aluminiu - acestea rămân o excepție.

Pentru a putea obține aliaje ale fierului, având în vedere că fierul în natură se găsește cel mai adesea sub formă oxidată în diverse minereuri, toate procesele de producție au la bază îndepărtarea oxigenului din oxidul de fier. În acest scop, minereul măcinat este încălzit la o temperatură foarte ridicată prin arderea cărbunelui, astfel încât în urma reacției carbonului din cărbune cu oxigenul din aerul atmosferic rezultă monoxid de carbon care reduce oxidul de fier, transformându-l în fier redus și bioxid de carbon (Eggen, 1995: 65)[38]. Deși principiul este același în toate metodele folosite, temperatura la care este încălzit minereul, combustibilul

⁹¹ se au în vedere atât proprietățile fizice cât și cele privind 'prelucrabilitatea' și 'construibilitatea'

folosit, procedeul prin care se îndepărtează impuritățile și scara procesului de producție afectează direct atât proprietățile materialului feros cât și cantitatea obținută. Implicit, acestea ajung să afecteze felul⁹² și scopul utilizării.

Istoria documentează folosirea fierului cu cel puțin 5000 de ani în urmă (McCormac, 2011: 5)[108]. Este vorba de cantități extrem de reduse de material pur despre care se crede că proveneau din meteoriți (Alread, 2007: 168)[5]. Obținerea fierului prin prelucrarea minereului pare să își aibă originea în mileniul 2 î.Hr. [285], extragerea făcându-se în cuptoare sau vetre de mici dimensiuni, în urma unui proces extrem de laborios. Având în vedere că temperatura obținută prin arderea lemnului sau a mangalului în asemenea cuptoare nu era suficientă pentru topirea completă, fierul ajungea cel mult la o formă păstoasă, fiind prelucrat prin lovire cu ciocanul pentru eliminarea impurităților [286]. Materialul astfel obținut avea un aspect fibros, datorat particulelor de zgură înglobate, avea o rezistență bună la coroziune și purta denumirea de fier forjat, la care s-a adăugat între timp adjectivul 'manual' pentru a face diferența între acesta și cel obținut prin procedeul industrial pus la punct în secolul XIX.

Utilizarea furnalelor⁹³, a permis topirea completă a minereului de fier. În urma topirii rezultă un produs metalic lichid cu un conținut relativ ridicat de carbon, între 2,5 și 4 procente, ce poartă denumirea de fontă - primul material obținut pe scară largă de industria siderurgică. Vorbim aici de un material feros casant, cu structură cristalină și rezistență superioară la coroziune datorată conținutului ridicat de carbon, care se formează ușor prin turnare (Eggen, 1995: 66)[38] și are capacitatea de a prelua încărcări uriașe de compresiune, cca. 100 de ori mai mari decât piatra (Schulitz, 1999: 13)[141]. Comparativ, rezistența la întindere rămâne relativ scăzută 1/5, 1/10 din rezistența la compresiune [286]. Produsă în Marea Britanie pentru prima dată în secolul XV (Eggen, 1995: 66)[38], fonta avea să se consacre ca material de construcție abia la sfârșitul secolului XVIII, pe măsura introducerii cărbunelui mineral și a coxului⁹⁴. Înlocuirea mangalului a permis atât creșterea puterii calorice cât și a dimensiunii furnalului⁹⁵.

Rezistența scăzută la întindere a fontei și comportarea imprevizibilă⁹⁶, au determinat continuarea căutărilor în domeniul siderurgiei. Era necesară punerea la punct a unui procedeu care să permită reducerea conținutului de carbon din fontă la scară industrială. Această problemă avea să fie rezolvată cu ajutorul unor cuptoare speciale în care decarburarea se face prin procedeul de pudlaj, care presupune agitarea fontei topite și un aport de aer cald care leagă carbonul, reducând treptat cantitatea conținută în materialul brut. Pe măsură ce fierul devine mai pur, crește punctul de topire și încărcătura furnalului se transformă într-o masă vâscoasă, spongioasă, ce este apoi prelucrată prin forjare mecanică și laminare [287]. Principala schimbare față de fierul forjat manual se simte în scara operațiunii și mai puțin în calitatea materialului ce rămâne în esență același ⁹⁷. Utilizarea pe scară

⁹² în lucrarea sa de doctorat dedicată formelor structurale adaptate materialului, Dooley argumentează remarcabil limitările impuse formei de disponibilitatea și de 'natura' materialului (2004: 116)

⁹³ cuptor vertical de mari dimensiuni în care se introduce un flux de aer forțat (uneori îmbogățit cu oxigen) - în engleză blast furnace

⁹⁴ cox - produs combustibil bogat în conținut de carbon, obținut prin distilarea cărbunelui

⁹⁵ dată fiind tendința de strivire a combustibilului (mangalului) sub greutatea minereului, cantitatea prelucrată într-o șarjă și, implicit, dimensiunea furnalului, erau limitate

⁹⁶ datorită plasticității reduse, cedează fără avertisment

⁹⁷ diferența este dată mai ales de conținutul mai mare de impurități care rezultă din folosirea cărbunelui mineral

largă avea să depindă în primul rând de introducerea laminoarelor de mari dimensiuni care fac posibilă producția economică a profilelor semifabricate [286]. Chiar în aceste condiții, datorită prelucrărilor multiple la care trebuie supus, fierul forjat rămâne un material mai scump decât fonta. Scăderea conținutului de carbon, care îi conferă maleabilitatea necesară prelucrării mecanice și ductilitatea cerută de materialele de construcție supuse la întindere și încovoiere, face din fierul forjat un material mai puțin rezistent la compresiune decât fonta, care nu poate fi prelucrat prin turnare.

O reușită îmbinare a proprietăților fontei și fierului forjat într-un singur material, ce ajunge pe măsura evoluției tehnologice la un cost de producție rezonabil, reprezintă oțelul. Cu toate că oțelurile au existat de foarte mult timp⁹⁸, forma utilizată astăzi datează din secolul XVIII [286]. Au fost produse fie prin carburare, care presupunea o absorbție de carbon de către bare din fier forjat pur în urma unui prelungit tratament termic, fie în formă topită prin procesul de decarburare a fontei brute. Procesul de carburare nu are cu adevărat relevanță în domeniul construcțiilor, materialul rezultat în cantități mici fiind folosit mai ales în producția de scule și unelte. Procesul pe care se bazează astăzi producția industrială a oțelului înseamnă în fapt o înnobilitare a fontei brute care se realizează prin eliminarea impurităților, printre care și conținutul foarte ridicat de carbon, și introducerea unor materiale de aliaj. Acest lucru presupune în primă fază oxidarea prin introducerea de aer cald sau oxigen pur sub presiune până la eliminarea impurităților, și adăugarea ulterioară controlată a cantității necesare de aliaj.

Utilizarea pe scară largă își are originea în cea de a doua jumătate a secolului XIX [286], paternitatea procesului care făcea posibilă obținerea la prețuri rezonabile a materialului fiindu-i acordată lui Henry Bessemer⁹⁹. Adevărata consacrare ca material de construcție avea să vină totuși în 1880 odată cu utilizarea procedurii Siemens-Martin [286] care permite controlul mai bun al calității materialului. Varianta cea mai avansată de producție, folosită astăzi pentru obținerea unor oțeluri de calitate superioară, este cea în cuptoare electrice. Consumul uriaș de energie electrică impune însă existența unor surse ieftine pentru producerea oțelului în condiții economice (Schulitz, 1999: 14)[141].

O varietate a oțelului cerută tot mai des în construcțiile contemporane, dată fiind capacitatea de a prelua cele mai diverse forme, este oțelul turnat. Acesta este un aliaj cu un conținut de mangan și siliciu mai ridicat decât oțelul laminat, având un conținut relativ ridicat de carbon 0,5-1,5%. Manganul și siliciul fac posibilă turnarea oțelului și eliminarea porozității produse de legăturile de oxigen, oferind un produs cu o bună omogenitate. Pentru a crește rezistența mecanică, piesele turnate sunt supuse unui tratament termic suplimentar. Posibilitatea de a realiza componente continue prin sudarea oțelului turnat cu oțel laminat, îl recomandă ca un material deosebit de interesant din punct de vedere arhitectural (Eggen, 1995: 67)[38].

Un material de asemenea interesant, apărut la sfârșitul anilor 40', este fonta ductilă, obținută prin adaos de magneziu în stadiu topit. Datorită formei nodulare în care cristalizează carbonul în materialul răcit, acest tip de fontă este mai elastică decât cea tradițională. Ea poate suferi de asemenea deformații plastice în urma unor supraîncărcări și nu este casantă, devenind mult mai interesantă ca material de

⁹⁸ se pare că cea mai veche piesă de oțel descoperită în Asia Mică datează de peste 4000 de ani [288]

⁹⁹ această paternitate este controversată, dat fiind că în perioada respectivă se afla deja pe piață o cantitate însemnată de oțel [286]

construcție (Eggen, 1995: 66-67)[38]. Rezistența și ductilitatea, apropiate de cele ale oțelului, posibilitatea de a fi prelucrată prin turnare și mai ales prețul relativ scăzut, sunt proprietățile care pot impune acest material. Diferența esențială față de oțelul turnat, care poate fi descalificată în anumite situații, vine din faptul că nu poate fi sudată.

3.2 Semifabricate

Forma produselor ce pot fi obținute din materialele prezentate mai sus este limitată¹⁰⁰ în general de proprietățile structurale, geometrice și tehnologice¹⁰¹ ale fiecăruia în parte.

Fonta, care poate fi prelucrată cu mare ușurință prin turnare, se pretează la orice tip de formă (Gayle, 1980: 130)[54]. Rezistența superioară la compresiune și costul relativ ridicat impun totuși componente liniare sau cu pereți subțiri (*fig.3.2a*). Acestea caută să pună în valoare la maxim proprietățile structurale ale fontei. Datorită metodei de prelucrare prin turnare, a proprietăților tehnologice, unghiurile exterioare pot forma muchie vie în timp ce unghiurile interioare, pentru a evita vârfulurile de sarcină, trebuie preluate prin racorduri cu raze relativ mari (*fig.3.2b*).

Fierul forjat, material maleabil, este prelucrat exclusiv prin procedee mecanice. Laminarea este operația prin care se obțin în primul rând profile de diverse forme, între care platbandele, plăcile, cornierele și barele de diferite secțiuni (*fig.3.2c*) sunt cel mai des întâlnite.

Oțelul, în funcție de conținutul de carbon și alte materiale de aliaj (Llewellyn 1992: 1-19, 137-138)[95], se pretează în egală măsură la laminare și turnare (Lyons, 1997: 174-176)[97], făcând posibilă obținerea aproape oricărui tip de formă (*fig.3.2d*). Limitele și impunerile privind dimensiunea, forma și implicit procedeele de prelucrare, sunt date mai ales de posibilitățile și costurile proceselor tehnologice și de costul relativ ridicat al materialului. Nu întâmplător eforturile de optimizare din domeniul ingineriei au în vedere medierea între eficiența structurală, ce poate determina reducerea consumului de material, și eficiența tehnologică, ce poate avea drept rezultat o economie la nivel de ansamblu¹⁰².

3.3 Soluții de îmbinare

În funcție de disponibilitatea materialului, de proprietățile sale, de produsele semifabricate ce pot rezulta în urma prelucrării preliminare a acestuia, de tipurile de îmbinări posibile, au fost concepute componente și ansambluri structurale mai mult sau mai puțin complexe. Forma acestora rezultă în general din folosirea cu maximum de eficiență a materialului, a manoperei și a tehnologiei implicate.

Dimensiunile mari la care sunt cerute componentele structurale, de cele mai multe ori substanțial mai mari decât cele ale semifabricatelor, impune îmbinarea mai

¹⁰⁰ Dooley susține că forma poate fi cel mult limitată de 'natura' materialului, ea nu poate fi impusă de acesta. "Forma este în final produsul conceptual al imaginației noastre și produsul material al abilității noastre de a manipula și procesa materiale." (Dooley, 2004: 115)

¹⁰¹ Preluând perspectiva lui Dooley, putem avea în vedere aici 'natura' materialului definită prin proprietățile acestuia și atributele de 'prelucrabilitate' și 'construibilitate' (2004: 124)

¹⁰² Dooley vorbește de medierea între eficiență și economie (Dooley, 2004: 128)

multor elemente din același material sau materiale diferite. În aceste condiții, proprietățile îmbinărilor, capacitatea lor de a prelua eforturi, devine la fel de importantă ca și capacitatea portantă a elementelor componente.

Dacă avem în vedere fierul forjat manual, la dimensiuni mici acesta poate fi îmbinat prin sudare la forjă, procedeu caracteristic micilor ateliere de forjă sau fierărilor. Deși reprezintă o rezolvare interesantă care are drept consecință o îmbinare de calitate, atunci când dimensiunile componentelor cresc soluțiile trebuie căutate în altă parte. Imitând în bună parte îmbinările folosite în cazul lemnului, unde chertările au un rol extrem de important, buloanele, știfturile și penele, combinate cu modelări specifice ale zonei de îmbinare, au constituit primele variante acceptabile (*fig.3.3a*). Dacă luăm în considerare proprietățile tehnologice ale fontei, aceste tipuri de îmbinări reprezentau singurele variante posibile.

Un pas decisiv în revoluționarea domeniului îmbinării structurilor metalice l-au reprezentat îmbinările nituite (*fig.3.3b*), devenite imagine de marcă a detaliilor din perioada revoluției industriale. Aceste îmbinări au permis realizarea profilelor combinate și chiar a componentelor structurale din fier forjat și mai apoi oțel de foarte mari dimensiuni.

Adevărata revoluție, devenită posibilă datorită proprietăților oțelului, a reprezentat-o sudura. Acest tip de îmbinare face posibilă transformarea ansamblului elementelor puse laolaltă într-un cvasi-continuu (*fig.3.3c*). Deși există o schimbare locală a proprietăților materialului în zona de sudură, dacă procedurile sunt respectate se obțin îmbinări continue de calitate foarte apropiată de cea a materialelor care sunt puse laolaltă.

3.4 Componente structurale metalice

Primele componente structurale metalice de oarecare importanță au fost tiranții. Ținând seama de eficiența structurală a unor asemenea componente, ele puteau fi realizate cu un consum minim de material din fier forjat, prelucrat în formă de bare sau de lanțuri. Având rolul de a prelua exclusiv forțe de întindere, ei puteau exploata la maxim calitățile fierului forjat. Realizați inițial din fier forjat în formă de bare sau lanțuri, ei puteau înlocui componente cu rol similar din lemn sau fibre vegetale.

Componente structurale metalice individuale de mai mare importanță, care înlocuiau componente structurale similare din piatră sau lemn, au fost stâlpul, arcul și grinda, realizate din fontă. Dacă rezistența superioară la compresiune a fontei o impunea detașat în cazul stâlpilor și arcelor (*fig.3.4a*), slaba rezistență la întindere și mai ales ruperea casantă nu puteau să o recomande în cazul grinzilor. Cu toate acestea, datorită incombustibilității și a rigidității superioare, primele grinzi care depășeau ca dimensiune grinzile de lemn aveau să fie realizate din fontă, compensarea rezistenței scăzute la întindere făcându-se prin creșterea profilului grinzii la partea inferioară (*fig.3.4b*).

Disponibilitatea fierului forjat a dus la diversificarea formei structurale. Rezistența superioară la întindere a fierului forjat permitea, așa cum s-a arătat deja anterior, realizarea tiranților din fier forjat. Combinarea acestora cu elemente din lemn sau fontă, a permis dezvoltarea fermelor cu tiranți, în care fierul forjat prelua forțele de întindere în timp ce fonta, sau lemnul, prelua forțele de compresiune și uneori de încovoiere (*fig.3.4c*).

Principiul fermei cu tiranți a fost utilizat cu mare succes și la construcțiile în arc (*fig.3.4d*). Tiranții inserați între capetele arcului, având rolul de a prelua împingerile laterale, transformau întregul sistem într-unul închis, care transmite suporturilor doar încărcări verticale. Soluția permite, pe lângă creșterea substanțială a deschiderilor, reducerea masivității elementelor de construcție pe care descarcă acoperișul.

Sistemele care exploatau la maxim capacitatea de preluare a forțelor de întindere de către fierul forjat erau structurile tensionate care foloseau ca și elemente componente specifice lanțuri (*fig.3.4e*) și bare (*fig.3.4f*) din fier forjat și, mai târziu, cabluri de oțel (*fig.3.4g*).

Ceea ce avea să impună cu adevărat fierul forjat și oțelul ca materiale structurale universale, era capacitatea lor de a prelua în egală măsură forțe de întindere/compresiune și, implicit, de încovoiere. Aceste proprietăți aveau să le consacre rapid ca materiale ideale pentru grinzi.

O variantă de grindă care derivă din ferma cu tirant, o reprezintă grinda cu cu zăbrele (*fig.3.4h*) în cadrul căreia aceleași elemente componente pot fi supuse în egală măsură la întindere și compresiune. Soluția cu zăbrele avea să fie folosită cu la fel de mare succes la stâlpii (*fig.3.4i*) realizați din fier forjat sau oțel. Ca o extensie tridimensională a grinzilor și stâlpilor cu zăbrele, structurile spațiale (*fig.3.4j*) au capacitatea de a prelua mai eficient încărcările la care este supusă construcția, datorită formelor globale ce se pot obține prin conlucrarea tuturor componentelor.

3.5 Forme arhitecturale specifice structurilor metalice ?

În continuare vom lua în discuție utilizarea componentelor și sistemelor structurale în cadrul unor ansambluri construite, căutând să evidențiem măsura și felul în care soluțiile structurale pot influența forma și spațiul, respectiv arhitectura.

Pentru a dobândi o percepție corectă asupra relației de cauzalitate care intervine între părți și ansamblu, între structură și arhitectură (Wahl, 2007: 17-20) [167], este importantă punctarea unor premise care stau la baza realizării structurilor portante ale clădirilor (vezi și capitolul următor):

- *asigurarea formei și spațiului* cerute de nevoi - este una dintre cele mai importante premise, fiind cea care determină construirea, care are cerințe bazate pe factori veniți din afara domeniului structural: utilitatea, contextul și eventual simbolistica avută în vedere de produsul de arhitectură (Sandaker, 2008: 182)[139]

- *asigurarea rezistenței și stabilității* pe toată durata de viață a ansamblului construit - este premiza de bază de la care pornește întreaga gândire structurală

- *asigurarea eficienței* - luată în considerare prin prisma obținerii rezultatului dorit (maximului) cu minimul (optimul) de resurse.

Dată fiind ponderea pe care 'natura' materialului a avut-o în modificarea formei locale a sistemelor structurale, s-a preferat parcurgerea firului evenimentelor în relație cu acesta, în paralel cu dezvoltarea tehnologiilor de producție și îmbinare. Se va puncta astfel, preluând bună parte din exemplele, clasificarea și desfășurătorul din *Steel Construction Manual* (Schulitz, 1999)[141], schimbările produse în domeniul structurilor portante începând cu sfârșitul secolului VIII, din momentul utilizării pe scară largă a aliajelor fier-carbon ca material structural. Spre deosebire de prezentarea făcută în *Steel Construction Manual*, se va pune accentul pe motivele care au stat la baza preluării sistemelor structurale, rolul celor implicați

în conceperea și materializarea construcției, efectele pe care le-a avut introducerea structurii metalice la nivelul formei și spațiului.

Industrializarea a dus la o creștere a scării construcțiilor pe cele două direcții spațiale: *orizontală*, în care deschiderile tot mai mari au fost motivate de noi cerințe funcționale, și *verticală*, în care motivația a fost dată de dorința, devenită ulterior nevoie, de utilizare cât mai eficientă a terenurilor scumpe din zonele centrale și, nu în ultimul rând, de obținerea unei imagini de prestigiu care să arate forța instituției promotoare. Având în vedere problematica diferită ridicată de cele două direcții de dezvoltare, s-a preferat analizarea și prezentarea separată a acestora.

3.6 Dezvoltare pe orizontală

3.6.1 Coloane de fier

Coloanele au fost primele componente structurale din clădirile civile care au folosit fonta în locul pietrei (Hitchcock, 1958: 116)[70]. Impusă de prețul mai scăzut de producție sau de rezistența superioară la compresiune, fonta a permis utilizarea unor secțiuni substanțial reduse pentru preluarea încărcărilor. Schimbarea s-a resimțit puternic în proporția elementelor, având o consecință firească în modificarea de fond a percepției acestora: verticalele filigrane, diluate în lumină sau în contrast cu masivele de zidărie, nu mai aveau forța de a defini spațiul.

Un exemplu relevant între primele clădiri care utilizează coloanele de fontă este Royal Pavilion (*fig.3.6.1a*) (vezi și 2.2.4). Impuse de nevoia unei suprafețe funcționale mari, neîntrerupte de masive de zidărie, coloanele ce susțin acoperișul bucătăriei, oferind imaginea unui uriaș baldachin, induc privitorului din acele timpuri o expresie derutantă. Pentru a îndulci impactul, în locul proiectului inițial care prevedea capiteluri simple, adaptate scopului, arhitectul preferă soluția disimulării prin decorațiuni a elementelor portante 'disproporționate'.

3.6.2 Arce de fier

Preluarea în clădiri a sistemelor structurale care înlocuiau la construcția de poduri arcele de piatră cu arce din fontă a fost stimulată de *eficiența structurală* superioară a fontei, ce avea ca efect reducerea împingerilor laterale, a necesarului forței de muncă și, implicit construcția, în ansamblu, mai economică. Modificarea de fond, la nivel spațial, avea să fie dată de *proprietățile geometrice* ale noului material care impunea folosirea elementelor liniare în locul blocurilor de zidărie. Componentele structurale, care înainte defineau spațiul prin prezența lor, se diluează în lumină, spațiul nemaifiind conturat de stâlpii masivi care suportă arce grele ci de elementele pe care acestea le susțin: tavane sau acoperișuri care au acum o forță definitorie superioară în comparație cu elementele portante.

În exemplul oferit de St. George's Church (*fig.3.6.2a*) (vezi și 2.2.3), imitarea formelor de piatră prin componente metalice avea să ducă la o experiență estetică contradictorie: disproporția elementelor portante, accentuată aici de formele imitative, este percepută a fi cel puțin deranjantă. Componentele structurale nu mai au nici forța necesară definirii spațiului și nici greutatea vizuală

care să ofere observatorului încrederea obișnuită în rezistența și stabilitatea construcției. Înlocuirea cupolei de lemn a Hale au Blé (*fig.3.6.2b*) cu una de metal și sticlă, avea să reprezinte cu adevărat relevarea unei noi spațialități (vezi și 2.2.1). Arcele de fontă ce converg în oculusul central închid un spațiu puternic luminat zenital, transformând dramatic imaginea protectoare a cupolei într-o uriașă bulă transparentă, susținută de coaste filigrane. Cupola de metal și sticlă a Coal Exchange (*fig.3.6.2c*) (vezi și 2.2.4), construită peste aproape patru decenii, oferă o trăire asemănătoare - susținută de coaste ce continuă structura de fontă a galeriilor interioare este asemănată de Hitchcock cu „o elegantă colivie din elemente de fier” (1958: 123)[70]. În lipsa ornamentelor caracteristice materialelor clasice, structura aparentă a acoperișului de la Dianabad (*fig.3.6.2d*) (vezi și 2.2.2), amintește de estetica podurilor construite după reguli empirice (Schulitz, 1999: 22)[141]. Sistemul de arce, ce permite acoperirea deschiderii de mari dimensiuni, marchează evident atmosfera spațiului interior. Principiul bazilical, cu nave boltite susținute de arce din fontă ce descarcă pe închideri perimetrice de zidărie și stâlpi centrali, de asemenea din fontă, reprezintă doar matricea ordonatoare a spațiului sălii de lectură a bibliotecii Saint Genèvieve (*fig.3.6.2e*) (vezi și 2.2.2). Atmosfera deosebită a interiorului este rezultatul unei abordări extraordinare a relației dintre structură și arhitectură: fiecare detaliu, decupajul elegant al arcelor, măiestria prelucrării îmbinărilor cu buloane a componentelor prefabricate, accentuarea scheletului metalic prin culoarea verde închis ce o distinge de fundal, obligând o citire a spațiului în raport cu structura scheletală, contribuie decisiv la experiența vizuală excepțională. O experiență vizuală aspru criticată de altfel de Semper (Kohlmaier,1981: 29)[83] ca fiind total nepotrivită pentru o sală de lectură. Consacrând acest sistem constructiv, biblioteca Saint Genèvieve avea să reprezinte un model de abordare arhitecturală a construcțiilor care înglobează într-o coajă de zidărie structuri prefabricate din metal. La Oxford Museum (*fig.3.6.2f*) (vezi și 2.2.3), acoperișul de sticlă conceput pe structură cu arce frânte, aici din fier forjat, avea să permită iluminarea zenitală a curții interioare. Spațiul inundat de lumină este marcat și mai puternic de liniile structurale care, deși se supun în cea mai mare măsură limbajului gotic, diferă substanțial, atât prin proporția și detalierea componentelor, cât și prin ornamentația adecvată mai degrabă tehnologiei de prelucrare a noului material. O altă formă de utilizare a structurii în arc avea să fie relevată de sala de lectură a Bibliothèque Nationale (*fig.3.6.2g*) (vezi și 2.2.2). Aici, spațiul cuprins între clădiri existente este acoperit printr-o alăturare de nouă cupole din elemente ceramice cu luminator de sticlă care descarcă pe arce din fier forjat preluate de coloane filigrane din fontă. Întregul sistem structural, stâlpi, arce, cupole luminator, participă alături de galeriile de acces la rafturi, ce înconjoară incinta, la definirea și punerea în valoare a spațiului. Giedion asociază sistemul cu un ceasornic, în care 'mecanismul' (structura metalică) este înglobat în 'carcasa protectoare' de zidărie (1941: 220)[57].

Deși tehnologia prelucrării fierului evolua cu rapiditate, componentele din fontă aveau să fie utilizate chiar mulți ani mai târziu, la intrările proiectate de Hector Guimard pentru metrourile pariziane (*fig.3.6.2h*) (vezi și 2.3.2). Calitățile tehnologice ale materialului, exploatate aici din plin, dau forma detaliului structural care, modelat în spiritul noii expresii arhitecturale, se contopește în reprezentarea de forță a spiritului timpului. Dacă rezistența superioară oferă suplețea de neegalat, tehnologia de prelucrare prin turnare permite, pe lângă prefabricare, ornamentarea bogată, perfect adaptată geometriei structurale liniare.

3.6.3 Ferme metalice

Marile acoperișuri care foloseau ferme cu tiranți, cerute tot mai des de clădirile comerciale sau destinate transportului de călători, aveau să dezvăluie la rândul lor o spațialitate inedită. Utilizate în combinație cu închideri de sticlă ce introduc mari cantități de lumină în spațiile protejate, sistemele structurale bazate pe ferme cu tiranți ofereau privitorului o experiență estetică surprinzătoare. Elementele portante materializate într-o logică structurală ușor de descifrat (Schulitz, 1999: 38)[141] chiar și pentru un observator neavizat¹⁰³, permiteau acoperirea fără sprijin intermediar a unor suprafețe colosale. Această posibilitatea de a prelua economic deschideri de mari dimensiuni, a stat la baza soluțiilor de acoperire pe vaste suprafețe a spațiilor exterioare. Străzi întregi cu funcțiuni comerciale la parter au fost transformate în secolul XIX în pasaje comerciale. Spațiul exterior putea oferi astfel protecție la intemperii, păstrând calitățile de deschidere și lumină. Acest tip de spațiu urma să fie preluat și în centrele comerciale nou construite, care aveau să fie concepute în jurul unor 'străzi' și 'piețe' interioare acoperite cu metal și sticlă. Având galerii pe mai multe niveluri, asemenea centre comerciale, precursorile mall-urilor contemporane, permiteau o suprafață uriașă de expunere pentru marfa oferită spre vânzare.

Deși structura acoperișului Catedralei Chartres (*fig.3.6.3a*) (vezi și 2.2.3) nu a oferit o experiență spațială directă publicului larg, sistemul folosit aici pentru a prelua o deschidere importantă cu materiale incombustibile, poate fi considerat un posibil model pentru fermele din fontă și fier forjat utilizate mai târziu. Acoperirea peroanelor gării St.Lazare (*fig.3.6.3b*), susținută de ferme Polonceau pe o deschidere de 40m, sau cele ce fac posibilă acoperirea gării Austerlitz (*fig.3.6.3c*), care preiau deschideri de 52,55m, relevă primele spații protejate de o asemenea scară. Cantitatea mare de lumină ce intra prin acoperișul de metal și sticlă al Brandbury Building (*fig.3.6.3d*), prezintă disponibilitatea sistemului structural pentru luminatoarele și acoperirile curților interioare.

Acest tip de curți avea să fie folosit din plin în lucrările perioadei Art Noveau pentru a introduce lumina în miezul clădirilor. Interiorul astfel luminat al Maison Tassel (*fig.3.6.3e*) (vezi și 2.3.2) primește rolul principal în articularea și compunerea spațială a interiorului.

În ceea ce privește principiile de configurare ale acestor componente structurale, trebuie observat că indiferent de evoluțiile din domeniul calculului structural sau a tehnologiilor de prelucrare a materialului, folosirea fermei sau a grinzii cu tirant a rămas una dintre cele mai bune soluții de reducere a încărcărilor din încovoiere și, implicit, a dimensiunii și greutateii elementelor. Eleganța acestor structuri, a sistemelor structurale ce respectă principiile form-active sau semi-form-active¹⁰⁴ în general, avea să fie din nou pusă în valoare, cu un secol mai târziu, de arhitectii mișcării high-tech.

¹⁰³ secțiunea diferită a componentelor supuse la întindere, respectiv compresiune face posibilă 'citirea' felului în care lucrează sistemele structurale în ansamblu

¹⁰⁴ structurile sunt considerate form-active atunci când sunt astfel configurate încât încărcările care acționează asupra lor pot determina un singur tip de forță internă axială - întindere sau compresiune (Sandaker, 2008: 34)

3.6.4 Arce cu tiranți

Schimbarea majoră față de ferma cu tirant este dată de forma globală a acoperișului, care se curbează aici pentru a pune în valoare rezistența la compresiune a fontei pe o soluție în arc. O bună parte din deciziile formale care afectează componentele acestui tip de soluție vine din necesitatea de a reduce săgeata ce apare la tiranții foarte lungi care leagă capetele arcelor. Adoptarea soluțiilor de detaliu își pune amprenta asupra spațiului arhitectural atât din punct de vedere vizual cât și funcțional, luând în considerare scăderea înălțimii libere utile.

Gara Paddington (*fig.3.6.4a*) (vezi și 2.2.1) este un exemplu perfect de utilizare a acestui sistem la acoperirea peroanelor, unde înălțimea necesară trecerii garniturilor de tren era relativ mică. Spațiul împânzit de tiranți se dovedește aici util evacuării fumului lăsat de locomotivele cu aburi. Sistemul structural în formă de arc cu tiranți oblici avea să dezvăluie un spațiu extrem de interesant în galeria comercială GUM (*fig.3.6.4b*). Elementele liniare de mare finețe se pierd pur și simplu în lumina puternică, impresia lăsată fiind aceea a unei uriașe pânze de păianjen.

O evoluție interesantă, ce poate fi considerată o derivată a structurilor în arc cu tiranți oblici, avea să reprezinte sistemul roții spițate. Aici, arcele sunt culcate pe orizontală, structura propriu-zisă a acoperișului fiind dată de tiranții care se întind între arcul de centură și 'butucul' interior. Această soluție permite acoperirea unor deschideri mari într-un sistem structural foarte eficient, obținând spații de înălțime aproape constantă pe toată suprafața circulară acoperită. Experiența spațială a acestui sistem a fost relevată de structura pavilionului american de la expoziția internațională din Bruxelles, organizată în 1958 (*fig.3.6.4c*), unde observatorul avea să își trăiască momentul de uimire cu preponderență în faza de șantier, când definiția spațiului era dată doar de elementele tensionate extrem de fine.

3.6.5 Structuri tensionate

La început, noutățile din domeniul structurilor tensionate aveau să vină mai degrabă din scara ansamblului decât din forma globală, care refăcea în principiu forma arhetipală a cortului din pânză.

Una dintre primele clădiri care pune în valoare uriașul potențial este Pavilionul Oval de la All-Russian Exhibition din 1896 (*fig.3.6.5a*). Rețeaua de benzi din fier forjat, întinsă între componentele structurale rigide din centru și cele de pe conturul clădirii, reface la o scară impresionantă spațialitatea cortului de circ. Această tipologie, a pavilionului expozițional în formă de cort, avea să fie reluată de foarte multe ori în arhitectura modernă, în realizări dintre cele mai diverse. Soluțiile formale îndrăznețe, bazate pe principii form-active, urmau să fie încurajate de sistemele cu cabluri, puse la punct în construcția de poduri suspendate. Pavilion des Temps Nouveaux, 1937 (*fig.3.6.5b*), este probabil primul exemplu, de scară relativ redusă, în care o soluție hibridă, cu componente metalice cu zăbrele ținute în picioare de cabluri de ancoraj ce întind o rețea de cabluri tensionate, este exploatată într-o formă impusă dincolo de justetea calculului structural. Prima realizare independentă de componente rigide a cortului arhetipal, extins aici la o scară colosală, a fost pavilionul german de la expoziția organizată la Montreal în 1967 (*fig.3.6.5c*), conceput de inginerul Otto Frei împreună cu arhitectul Rolf Gutbrod, al cărui spațiu definit de rețeaua de cabluri (Huntington, 2004: 53-55)[72] ce susține

acoperișul transparent avea să inspire puternic arhitectura free-form din perioada contemporană. Succesul acestor soluții avea să stimuleze industria în dezvoltarea unor noduri speciale din oțel turnat care să permită o creștere a încărcărilor preluate de îmbinări, încurajând direct evoluția în noua direcție. Printre cele mai interesante realizări, probabil singura care exploatează coerent și la o asemenea scară marile deschideri și adaptabilitatea la formele terenului natural, se evidențiază arhitectura 'peisaj' a parcului olimpic din München (*fig.3.6.5d*) (vezi și 2.5.1; 6.3), în care structura tensionată preia rolul infrastructural, de conținător global, în cadrul căruia își găsesc adăpost spațiile mai mult sau mai puțin protejate impuse de cerințele complexului program sportiv (John, 1994: 8-10)[78]. Formele structurale impuse de liniile de forță, care în asemenea condiții determină aproape nemijlocit limbajul arhitectural, sunt inedit alăturate în efortul comun de adaptare la teren și nevoi funcționale, generând o fascinantă completare a formei naturale specifice arhitecturii peisaj.

Mai aproape de sistemele de suspendare utilizate în construcția de poduri sunt cele folosite în clădiri pentru reducerea încărcărilor din grinziile cu deschidere foarte mare. Soluția de suspendare permite obținerea unor spații ample, fără suporti intermediari, într-un ansamblu portant extrem de eficient, în care consumul tehnologic poate fi redus prin utilizarea pe scară largă a componentelor modulare repetitive. La fabrica de microprocesoare INMOS (*fig.3.6.5e*) (vezi și 2.5, 6.6), eficiența folosirii materialului structural impune o formă care, adaptată cerințelor funcționale prin folosirea spațiului central pe mai multe niveluri oferit de structura de suspendare, se suprapune perfect pe componenta arhitecturală. Multiplicarea în sistem modular a traveilor largi permite, pe lângă extinderea ulterioară, utilizarea eficientă a tehnologiei implicate. La clădirea reprezentanței Renault din Swindon (Adam, 2004: 90-91)[2] (*fig.3.6.5f*), folosirea eficientă a materialului structural, poate chiar în detrimentul eficienței structurale (Trebilcock, 2004: 3)[156] este evidențiată prin transformarea formei rezultate din procesul de optimizare, în imagine de marcă. Sistemul modular permite și aici, atât multiplicarea într-un număr suficient de mare a componentelor pentru menținerea în parametrii economici, cât și extinderea, în acest caz pe mai multe direcții, a construcției.

3.6.6 Grinzi cu zăbrele

Printre primele construcții ce folosesc cu succes acest sistem, avem structura cu stâlpi de fontă și grinzi cu zăbrele din fier forjat a pieței Marché de la Madeleine (*fig.3.6.6a*) (vezi și 2.2.1), care oferă privitorului experiența unui spațiu larg definit de un mare acoperiș ce pare că plutește. Această soluție, care s-a prăbușit datorită slabei contravântuiri, avea să inspire construcțiile similare din acea perioadă (Schulitz, 1999: 44)[141]. Ea se regăsește într-o formă aproape identică la piața din München (*fig.3.6.6b*) unde contravântuirile suplimentare, ce se puteau observa atât la nivelul fermelor principale cât și în cadrul elevațiilor dintre cele două acoperișuri, aveau să schimbe într-o bună măsură percepția spațiului. Dacă fluiditatea se păstrează nealterată la nivelul util datorită elementelor verticale filigrane, acoperișul devine substanțial mai 'greu' vizual datorită elementelor de contravântuire. Configurații tipice pentru fermele cu zăbrele construite empiric, aveau să se regăsească în marile acoperișuri cerute pentru protejarea peroanelor. Euston Station (*fig.3.6.6c*) (vezi și 2.2.1) sau Victoria Station (*fig.3.6.6d*) construită

mai târziu cu o deschidere mai mare, sunt printre primele gări care supun atenției asemenea soluții structurale.

Libertatea formei oferită de fier forjat și oțel, materiale ce puteau prelua în egală măsură forțe de întindere și compresiune, avea să fie exploatată mai ales în clădirile de mai mici dimensiuni ale perioadei următoare. În sala mare a Maison du Peuple (*fig.3.6.6e*) (vezi și 2.3.2), spațiul arhitectural este marcat de structura aparentă. Grinzile cu zăbrele de formă sinuoasă, dar eminent structurală, contribuie substanțial la îmbogățirea expresiei estetice a auditoriului. Un alt exemplu remarcabil, ce marca începutul noilor abordări în arhitectura începutului de secol XX, este Amsterdam Beurse (*fig.3.6.6f*) (vezi și 2.4.1). Acoperirea spațiului dedicat negocierii relevă un sistem structural cu zăbrele aflat într-o relație exemplar controlată cu forma generată de spațiul închis între blocuri masive de zidărie. Construcția, de dimensiuni relativ mici în comparație cu marile structuri devenite posibile în acea perioadă, permite adaptarea detaliilor structurale la cerințele spațiale atât la nivelul formei globale cât și de detaliu.

3.6.7 Sisteme prefabricate

Un spațiu inedit avea să fie dezvăluit în construcția de sere (vezi și 2.2.1), unde se combină noi sisteme de prefabricare și scurgere a apelor cu închideri complet transparente. Sticla, necesară pentru pătrunderea cantității mari de radiație solară, aduce o contribuție esențială la noua percepție. Singurele elemente de definiție spațială rămân componentele structurii metalice. Sistemul modular 'creastă și dolie' (ridge and furrow) patentat de Paxton, care scurge apa prin interiorul stâlpilor de fontă, permite dezvoltarea, practic nelimitată, în orice direcție a unui sistem de acoperire orizontal. Preluarea încărcărilor este realizată prin grinzi cu zăbrele, inițial din fontă justificată de tehnologia de producție și eficientizare a consumului de material mai degrabă decât de înțelegerea proprietăților structurale ale acesteia.

Utilizarea acestor soluții, ce materializau cel mai avansat nivel tehnologic din acea perioadă, a făcut posibilă construirea mării clădiri expoziționale de metal și sticlă ce avea să găzduiască expoziția universală din anul 1851 de la Londra, Crystal Palace (*fig.3.6.7a*) (vezi și 2.2.1). Această vastă construcție, cu navă centrală, nave laterale, galerii și transept, aidoma unei biserici gotice lipsite de înveliș, a generat un nou tip de spațiu arhitectural. Un tip de spațiu în care limita dispăre, elementele structurale liniare se dizolvă în lumină, privirea alunecă liber între interior și exterior, între spațiul protejat și cel față de care oferă protecție, într-o continuitate nemăiîntâlnită până atunci, în care nici măcar vegetația nu trebuie deranjată, ea devenind sau nu parte a spațiului interior, doar în funcție de raportarea la limita imaterială. Încrederea acordată în acel moment noilor soluții constructive, avea să fie relevată de clădirile ce urmau să ocupe pentru aproape un secol centrul Parisului, Les Halles Centrales (*fig.3.6.7b*) (vezi și 2.2.1).

Perioada modernă avea să revină sistematic, aproape obsesiv, la încercări de promovare a construcțiilor prefabricate. Case Study houses (*fig.3.6.7d*) (vezi și 2.4.5), Dymaxion house (*fig.3.6.7e*) (vezi și 2.4.5) și, poate cele mai reprezentative pentru construcțiile metalice prefabricate ale acelei perioade, realizările și mai ales căutările lui Jean Prouvé, reprezintă o parte infime a exemplor edificatoare.

3.6.8 Arce cu trei articulații

Arcul cu trei articulații și îmbinările nituite puse la punct în construcția de poduri aveau să ofere posibilitatea de a acoperi suprafețe de dimensiuni fără precedent. Spațiile obținute uimesc în primul rând prin scara ansamblului, devenită posibilă datorită eficienței structurale.

Sistemul structural cu trei articulații avea să fie conturat pentru prima dată într-o construcție civilă la acoperirea peroanelor de la gara St.Pancras (*fig.3.6.8a*), efectul spațial al deschiderilor de 73m fiind colosal. Datorită asemănării cu arcul frânt, criticii acelei perioade aveau să aclame relația remarcabilă dintre forma structurală și decorația Neo-Gotică a hotelului și clădirii terminal (Hitchcock, 1958) [70]. Oțelul urma să ofere, pe lângă rezistența superioară la întindere și compresiune, posibilitatea de a realiza profile de dimensiuni mai mari dintr-o singură bucată. Consecința s-a materializat în primul rând la nivel de scară și proporție și mai puțin la nivel de detaliu: componentele au devenit mai zvelte în timp ce deschiderile acoperite au crescut substanțial. Galerie des Machines (*fig.3.6.8b*), uriașa hală construită cu ocazia expoziției universale din 1889 la Paris, ce depășea cu aproape 50% deschiderea acoperișului gării St.Pancras, avea să materializeze un spațiu mai mare decât cerințele funcționale ce puteau fi imaginate la acea vreme¹⁰⁵. Detaliile elegante ale sistemelor de articulare expuse marelui public aveau să genereze controverse fără precedent. Imaginea atectonică a uriașei structuri care abia atingea reazemele, într-o contradicție flagrantă cu nevoia de suport consistent pe care intelectul privitorului să poată 'așeza' enorma greutate, poate fi privită ca o primă fază a 'deconstrucției' trăirilor estetice 'clasice'. Preluarea acestui sistem la acoperirea peroanelor de la gările din Frankfurt (*fig.3.6.8c*) sau Philadelphia (*fig.3.6.8d*), arată încrederea dobândită și subliniază difuzarea acelei spațialități oferite de structura metalică fără decorații atât în Europa, cât și Statele Unite.

3.6.9 Grinzi și stâlpi cu zăbrele

Utilizarea grinzilor în combinație cu stâlpi cu zăbrele, făcea posibilă acoperirea unor suprafețe uriașe, cu păstrarea constantă a înălțimii de nivel, ceea ce însemna împachetarea volumului minim de aer cerut de nevoile funcționale. Acest tip de spațiu avea să fie cerut în primul rând de industria aeronautică, dar urma să fie preluat și de alte ramuri industriale datorită flexibilității. În dorința de a închide spații uriașe pentru mari mase de public, sau pentru activități mai puțin clar definite, în arhitectura civilă este propusă preluarea acestei tipologii pentru marile săli de convenții.

Structura expusă a hangarului de la Oberwiesefeld (*fig.3.6.9a*) avea să marcheze atât spațiul interior, în care elementele liniare întretesute sunt cele care impun estetica, cât și forma exterioară, în care contravântuirile grinzilor cu zăbrele oferă scară și ritm fațadelor uriașe. O soluție structurală foarte similară, dar având la bază o rețea tridimensională sprijinită pe contur, avea să fie propusă de Mies pentru o mare sală de convenții, prin care își dorea să pună în valoare calitățile uriașului spațiu flexibil într-o clădire civilă.

¹⁰⁵ „... era așa de mare că nici o funcțiune uzuală nu a putut fi găsită pentru ea după închiderea expoziției, și această clădire magnifică a fost demolată în 1910” [289]

Tehnologia de sudare avea să marcheze unul dintre cele mai importante puncte de cotitură în dezvoltarea structurilor din oțel. Acest procedeu de îmbinare dădea posibilitatea obținerii unor noduri la fel de rigide ca și elementele pe care le leagă, fiind principalul contributor la eliberarea formei structurale de impunerile mecanice. Marile hangare cerute de industria aviatică, aveau să releve spațiile colosale devenite posibile datorită noilor tehnologii. Celebrul hangar din Baltimore (*fig.3.6.9b*) care avea să inspire colajul lui Mies pentru un proiect de sală de concerte, este dominat de dimensiunea impresionantă a grinzilor care preiau uriașa deschidere. Utilizarea optimă a spațiului dintre acestea, folosind marea înălțime pentru a aduce lumină în interior prin decalarea acoperișului, oferă spațiului uriaș, protejat de intemperii, o mare cantitate de lumină naturală. Ultima realizare impresionantă din domeniu, impusă de noile cerințe funcționale ale industriei aeronautice pentru transport de mărfuri (Grimm, 2003: 186-91, Pasternak, 2006: 65-72)[62][121], hangarul din Brand (*fig.3.6.9c*), rezolvat cu maximum de eficiență prin alăturarea ultimelor cunoștințe din domeniul structural și tehnologic, relevă noua dimensiune colosală a spațiului ce poate fi protejat de o construcție. Punerea în folosul programelor civile a acestui tip de structură, avea să își găsească o formă remarcabilă în Sainsbury Centre for Vizual Arts (*fig.3.6.9d*) (vezi și 6.5). Scara relativ mică a clădirii a permis utilizarea sistemului structural în strânsă relație cu nevoile funcționale complexe. Componentele tridimensionale cu zăbrele depășesc dimensiunile impuse de cerințele structurale pentru a face loc spațiilor tehnice și echipamentelor ce facilitează buna funcționare a ansamblului și mențin parametrii de confort necesari. Spațiul astfel obținut permite o mare flexibilitate în contextul unei conectivități facile la toate echipamentele necesare prin intermediul interspațiului oferit de structură.

3.6.10 Dom geodezic; Structuri reticulate spațiale

Aceste sisteme structurale, a căror configurație, ce căuta utilizarea cât mai eficientă a materialului, rezulta la început din considerente pur mecanice, aveau să își dovedească fezabilitatea în preluarea, prin alăturare, a unor forme extrem de diverse. Ele reprezintă în fapt una din direcțiile de evoluție care au încurajat dezvoltarea formelor arhitecturale libere.

Structura pavilionului USA de la Montreal (*fig.3.6.10a*), imaginată de Buckminster Fuller, avea să fie prima construcție ce expunea la scară mare posibilitățile spațiale ale structurilor tridimensionale. Asemenea soluțiilor în arc cu trei articulații, suprafețele verticale și orizontale fuzionează aici într-o coajă continuă al cărei schelet portant este redus la minimum necesar. La marea seră a proiectului Eden (*fig.3.6.10b*) (vezi și 2.6), alăturarea formelor structurale impuse din considerente de eficiență, ce se poate traduce aici și în cantitate mai mare de lumină ce poate pătrunde datorită supleții elementelor structurale, relevă o formă de ansamblu de mare libertate, ce poate fi adaptată cu ușurință cerințelor arhitecturale legate de configurația terenului.

3.6.11 Grinzi și stâlpi din profile laminate

Profilele laminate de mari dimensiuni, îmbinate în noduri rigide, dau posibilitatea de a împacheta spații generoase într-un echilibru perfect între eficiența

structurală și cea tehnologică. Flexibilitatea oferită de lipsa suporturilor verticali la interior, permite o utilizare conformă cu cerințele unei societăți în continuă schimbare, a cărei nevoi funcționale se modifică repetat pe parcursul duratei de viață a construcției. Soluția avea să fie preluată în majoritatea programelor a căror funcțiune presupunea un grad de incertitudine în desfășurarea activității viitoare: centre de artă modernă, mediateci, etc.

La Crown Hall (*fig.3.6.11b*) (vezi și 2.4.8, 6.1, una din clădirile devenite model al acestui tip de abordare, ritmul structurii care susține învelișul spațiului generos, este cel care reglează sistemul de proporții al întregii clădiri. Exprimarea în fațadă a componentelor structurale, alături de modularea atentă a subdiviziunilor impuse de sistemele de anvelopare, aveau să devină modelul de tratare arhitecturală a construcțiilor civile cu structură metalică din perioada modernismului târziu.

3.7 Dezvoltare pe verticală

3.7.1 Grinzi din fontă

Invizibile în cele mai multe cazuri, grinzile din fontă și ulterior cele din fier forjat și oțel aveau să ofere posibilitatea amplasării unor spații libere de mari dimensiuni la toate nivelurile clădirilor multietajate.

King's Library (*fig.2.2.2d*) (vezi și 2.2.2) este printre primele construcții civile în care grinzile metalice au permis obținerea unor spații cu deschideri de aproximativ 12,5m, de două ori mai mari decât cele obișnuite pentru grinzile de lemn. Impus în primul rând de nevoi funcționale, spațiul sălii de lectură oferă o experiență interesantă de rescalare și reproporționare a spațiului interior. Clădirea multietajată a Westminster Palace (vezi și 2.2.3) avea să beneficieze la rândul ei de calitățile fontei pentru a îngloba spații cu deschidere mare la diferite niveluri.

3.7.2 Stâlpi și grinzi din fontă; structuri în carcasă de zidărie

Folosită mai ales datorită incombustibilității și durabilității materialului, structura internă din fontă avea să consacre sistemele multietajate cu spațiul interior liber de componente masive. (Leupen, 2006: 53)[93] Rezistența superioară, în comparație cu lemnul, a permis elemente verticale mai zvelte în timp ce rigiditatea grinzilor a dus la o creștere a deschiderii traveilor care inițial nu depășeau 2,5-3m. Spațiul oferit de acest tip de construcție avea să fie exploatat pe scară largă în clădirile industriale și comerciale din următoarea perioadă.

După cum se poate observa la Ditherington Flax Mill (*fig.3.7.2a*) (vezi și 2.2.1), structura internă de fontă nu schimbă substanțial imaginea de ansamblu a spațiului în comparație cu cele similare din clădirile industriale cu structură interioară din lemn, având în vedere că deschiderile folosite erau aceleași. Amprenta asupra experienței estetice avea să fie pusă de schimbarea produsă la nivelul detaliilor de îmbinare și a formei locale a componentelor care sunt adaptate noului material. La Albert Dock din Liverpool (*fig.3.7.2b*), precum și la majoritatea antrepozitelor construite în următoarea perioadă, unde necesitățile funcționale

impuneau folosirea mai eficientă a sistemului structural ce permitea deschideri mai mari, interiorul relevă amplitudinea spațiilor ce pot fi obținute cu acest sistem constructiv.

3.7.3 Cadre de fațadă din fontă

Sistemul de fațadă, devenit posibil datorită proprietăților structurale și tehnologice ale fontei, avea să introducă mai multă lumină în clădirile industriale și comerciale. Dincolo de ornamentul istorist pe care procedeul de turnare îl oferea la prețuri lipsite de concurență, aceste fațade aveau să consacre tipul de închidere ușoară, modulară, ce poate fi considerată pionierul sistemului cortină. Principiul constructiv avea să își dovedească utilitatea mai ales în combinație cu structurile scheletale în care închiderile de fațadă devin independente.

Fațada folosită de Bogardus la fabrica sa în 1848 (*fig.3.7.3a*) (vezi și 2.2.1) a permis o mai bună iluminare a spațiilor interioare oferind un model ce urma să fie preluat de contemporani în clădiri cu cele mai diverse structuri portante, de la lemn la zidărie. Printre primele exemple de utilizare în clădiri comerciale, fațadele magazinelor Laing (*fig.3.7.3b*) (vezi și 2.2.1) oferă cumpărătorilor spații interioare bogat iluminate natural. Un exemplu la fel de interesant este fațada clădirii de pe Jamaica Street din Glasgow (*fig.3.7.3c*) (vezi și 2.3.1) care, lipsită de ornamentul istorist, oferă o imagine surprinzătoare atât la nivelul exteriorului, care intrigă prin 'inconsistența' structurală, cât și la cel al spațiilor interioare.

3.7.4 Grinzi din fier forjat; cadre multietajate independente

Cadrele multietajate rezultate prin combinarea grinzilor din fier forjat cu stâlpi de fontă, fier forjat sau oțel, reprezintă primul pas în eliberarea construcțiilor de masivele de zidărie. Spațiul devenit posibil prin reducerea sistemului constructiv la componente liniare, urma să influențeze în mod decisiv dezvoltarea ulterioară a arhitecturii.

Structura scheletală a Boat House din Sheerness (*fig.3.7.4a*) oferă prima experiență spațială de această factură din istoria arhitecturii (Darley, 2003: 109-111)[36]. Componentele liniare ce susțin spații pe mai multe niveluri, libere de elemente masive (Millais, 1997 :295)[112], permit deschiderea completă către exterior, într-un nou tip de relație care avea să fie exploatată de arhitectura modernă. Probabil cel mai elocvent exemplu de eliberare a elementelor de definiție spațială de sarcina structurală din perioada începutului de secol XX, avea să fie Casa Milà (*fig.3.7.4b*) (vezi și 2.3.2), unde fațada și compartimentările interioare învăluie scheletul structural într-o uriașă sculptură tridimensională, care înglobează nișe, balcoane, logii și bovindouri. O manieră de abordare ce este preluată în majoritatea soluțiilor din arhitectura contemporană organică sau sculpturală. Abordarea diametral opusă din punct de vedere formal a aceleiași tematici a independenței arhitecturii de sarcini structurale o reprezintă Pavilionul de la Barcelona (*fig.3.7.4c*) (vezi și 2.4.5). În cadrul acestei construcții efemere, realizate de această dată pe un singur nivel, fără restricții funcționale, libertatea oferită de sistemul constructiv scheletal (Ford, 1990: 269-271)[46] avea să fie pusă în valoare într-o formă cel puțin la fel de spectaculoasă. Rețeaua modulară a structurii, devenită element de ordine intrinsecă, materializată în liniile verticale, aproape invizibile datorită formei

de cruce și învelișului de tablă cromată, ale stâlpilor de oțel ce au rolul de susținere a planului de acoperire, reglează poziția planelor de anvelopare și compartimentare care, profitând de independența structurală, rămân pure elemente de definiție spațială: un spațiu fluid, pe care limita îl controlează dar nu îl închide, lăsându-l să alunece printre panourile opace care nu mai separă interior sau exterior ci doar spații cu valențe diferite ce mediază relația omului cu mediul înconjurător.

3.7.5 Cadre semirigide

Creșterea rigidității nodurilor avea să fie determinantă în eliberarea clădirilor înalte de fațadele de zidărie care le asigurau stabilitatea. Înălțimea de peste 5 niveluri, devenită fezabilă datorită introducerii ascensorului, era acum limitată de capacitatea autoportantă și greutatea proprie a structurilor de zidărie ce intrau în componența clădirilor. Reducerea acestei greutăți se dovedea crucială pentru creșterea scării de ansamblu, respectiv a dimensiunii verticale.

Considerată prima clădire înaltă care preia încărcările printr-o structură metalică scheletală, Home Insurance (*fig.3.7.5a*) (vezi și 2.3.1) prezintă, dincolo de cele câteva elemente decorative, o fațadă bogat vitrată, care permite o bună iluminare naturală a spațiilor interioare.

Continuarea creșterii pe înălțime avea să fie posibilă datorită rigidității superioare a cadrelor realizate prin îmbinări nituite. Soluția consacră eliberarea clădirilor înalte de închiderile de zidărie. Noile fațade, tratate liber, puteau fi retrase sau scoase în consolă în raport cu cerințele funcționale sau estetice impuse de arhitectură. Introducerea oțelului, prin calitățile superioare de rezistență la întindere și compresiune, a permis creșterea deschiderii traveilor. Tacoma Building (*fig.2.3.1j*) (vezi și 2.3.1) prima clădire înaltă al cărei sistem structural folosește îmbinările nituite, profită de posibilitatea de a modela fațada după necesitățile funcționale. Astfel, pentru o mai bună iluminare a spațiilor interioare, anumite zone sunt împinse către exterior, fiind sprijinite pe console ce descarcă pe structura scheletală. Într-o soluție similară, Reliance Building (*fig.3.7.5b*) (vezi și 2.3.1) profită de sistemul structural scheletal pentru a propune o serie de bovindouri în consolă care devin imaginea de marcă a clădirii.

Una dintre soluțiile de mărire a rigidității construcției în ansamblu, necesară pentru a continua creșterea pe înălțime, avea să fie dată de introducerea sistemului de cadre portal. Având în vedere prezența puternică a acestor componente, soluția obliga suprapunerea unor elemente de compartimentare peste zonele de rigidizare, reducând flexibilitatea spațiului interior. Primul exemplu de clădire care folosește această soluție este Old Colony Building (*fig.3.7.5c*) care, dincolo de aparența marcată de exteriorul ce amintește de construcțiile de zidărie, beneficiază de cel mai avansat sistem structural al momentului.

Maison de Verre (*fig.3.7.5d*) (vezi și 2.4.5), venită parcă dintr-o altă lume, este exemplul perfect al clădirii de scară mică în care arhitectura avea să modeleze și să pună în valoare anii de evoluție din domeniul științei și tehnologiei. Impus probabil de necesitatea de a prelua ultimul etaj al unei clădiri existente pe amplasament, scheletul structural este accentuat într-o formulă nemaîntâlnită, fiind pus în valoare atât la exterior cât și la interior. În sala de așteptare a cabinetului medical spațiul se extinde pe două niveluri, nu pentru a oficia un mare salon ci, pentru a expune ostentativ acele îmbinări cu buloane și nituri dintre stâlpii și grinzile care fac posibil acest adevărat miracol. Chiar elementul de anvelopare este ales

parcă să contrarieze. Cărămidă de sticlă, folosită până atunci doar la curțile de lumină sau la iluminarea naturală a unor spații subterane, reușește aici să genereze un spațiu complet original, inundat de lumină, în care limita câmpului vizual și intimitatea, componente absolut necesare a fi supuse controlului în spațiul urban, sunt perfect stăpânite.

3.7.6 Cadre rigide

Introducerea îmbinărilor sudate avea să permită realizarea unor cadre rigide fără contravântuiri suplimentare, care lăsaau liberă configurarea planurilor după necesități. Spațiile astfel obținute satisfăceau cerințele de flexibilitate ce puteau fi impuse de schimbările funcționale.

Structura ansamblului Lake Shore Drive (*fig.3.7.6a*) (vezi și 2.4.5) reprezintă sinteza arhitecturală a evoluției științei și tehnologiei din domeniul construcțiilor metalice din acea perioadă. Eficiența structurală și tehnologică oferită de sistemul constructiv al cadrelor cu noduri rigide a permis construirea cu costuri relativ reduse a unui ansamblu perfect proporționat ce oferă spații de o mare flexibilitate iluminate abundant. Pe lângă rolul portant, structura oferă ritmul modular intrinsec evidențiat prin profilele 'I' ce au rol de rigidizare a tâmplăriei desfășurate pe toată înălțimea clădirii. Creșterea în continuare a înălțimii avea să fie obținută prin mutarea rigidizării la nivelul fațadelor clădirii, transformând sistemul structural în cadre în ceea ce se va numi structură cu tub rigid sau tub cu cadre rigide. Stabilitatea este asigurată prin stâlpi foarte deși legați cu noduri rigide de grinzi parapet. Putem spune că se reia configurația clădirilor înalte în care fațadele de zidărie rigidizau construcția, înlocuind în această situație structurile grele de zidărie cu cadre de fațadă rigide, mai zvelte și având o greutate proprie substanțial redusă. Stâlpii interiori, care preiau doar încărcările verticale, permit o mare flexibilitate în utilizarea spațiului. Cel mai relevant exemplu care folosea acest sistem a fost ansamblul World Trade Center (*fig.3.7.6b*), în care se putea observa o reducere a vitrajului la nivelul fațadei, datorate structurii foarte dese. Avantajele se regăsesc în flexibilitatea spațiului interior și posibilitatea de tratare uniformă a fațadei cu închideri rectangulare. Asigurarea stabilității prin utilizarea în paralel cu tubul rigid a miezului rigid înglobat în sistemele de compartimentare care separă spațiile auxiliare de cele principale, avea să crească rigiditatea structurii și, implicit, înălțimea posibilă a acesteia. Flexibilitatea necesară nu este afectată în ansamblu, deoarece în acest tip de clădire cerințele normative legate de rezistența la foc impun oricum o separare a spațiilor de circulație de cele utile prin structuri rezistente la foc. Spațiile dintre miezul rigid și fațadă rămân libere de componente structurale verticale. Stabilitatea suplimentară asigurată de alăturarea mai multor tuburi rigide avea să reprezinte o altă soluție de creștere a înălțimii. Dincolo de dezavantajul unei adâncimi de nivel relativ mari, care permite greu o iluminare naturală, componentele structurale oferă loc suficient pentru spații flexibile de dimensiuni importante. În exemplul extraordinar oferit de Sears Tower (*fig.3.7.6c*), pentru o bună perioadă de timp cea mai înaltă clădire din lume (Kamin, 2001: 105-109)[80], imaginea de ansamblu este marcată de sistemul constructiv exprimat prin ridicarea la diferite înălțimi a celor nouă tuburi alăturate.

3.7.7 Cadre contravântuite

Utilizarea contravântuirilor diagonale care permit rigidizarea structurii oferă posibilitatea de a păstra suplețea componentelor verticale și a nodurilor care nu preiau forțe horizontale.

Primul exemplu de clădire multietajată care folosește o structură metalică cu contravântuiri diagonale este fabrica de ciocolată Menier (*fig.3.7.7a*) (vezi și 2.3.2) care imită pur și simplu sistemul constructiv al caselor 'fachwerk' cu structură de lemn. Schimbările ce apar la nivel de detaliu sunt impuse de componentele din fier forjat și de îmbinările impuse de acestea. Sistemul de cadre contravântuite este folosit cu succes la eficientizarea structurilor din clădirile foarte înalte, care funcționează ca niște console verticale. Introducerea contravântuirilor descarcă structura principală de încărcările orizontale, cu efectul reducerii dimensiunii componentelor. Prin introducerea sistemelor de contravântuire la nivelul fațadei se obțin tuburi rigide cu componente suple, care permit suprafețe vitrate substanțial mai mari. Ceea ce putea fi considerat la început un dezavantaj, necesitatea conceperii unor componente speciale atât la nivel de structură cât și de închidere, ajunge să fie utilizat în folosul arhitecturii pentru îmbogățirea limbajului expresiv. Un exemplu relevant este dat de John Hancock Center (*fig.3.7.7b*), a cărui structură cu diagonale exprimate în fațade contribuie pozitiv la expresia estetică a turnului (Kamin, 2001: 101-104)[80].

După cum s-a remarcat, natura metalului, felul în care este produs și prelucrat, îi conferă proprietăți ce îl deosebesc substanțial de materialele clasice. Rezistența superioară la întindere, compresiune, încovoiere și forță tăietoare, maleabilitatea, ductilitatea și incombustibilitatea, îl recomandă ca o soluție care, pe lângă faptul că sintetizează la un nivel superior calitățile pietrei și lemnului, relevă altele noi, remarcabile. Exploatarea acestor calități duce la componente și sisteme structurale cu caracteristici aparte, ce pot fi considerate specifice structurilor metalice: formă reticulată cu aspect filigran (deosebită de structurile de lemn prin proporție și formă de detaliu), eficiență structurală ridicată în raport cu toate tipurile de încărcări (întindere, compresiune, încovoiere și forță tăietoare), capacitate de a prelua eficient toate tipurile de încărcări atât la nivel de element cât și de îmbinare. Toate acestea fac posibile construcții de o remarcabilă transparentă, ce pot prelua în egală măsură deschideri și înălțimi colosale sau forme de neimaginat cu structuri din materiale clasice. Dar valorificarea lor în arhitectură presupune conceperea unor forme structurale adaptate metalului care să satisfacă, dincolo de cerințele structurale, întregul complex de cerințe impuse de programul de arhitectură.

3.8 Modelul de interacțiune a influențelor propus de Dooley

Dooley (2004: 108-109)[37] ne propune un model de interacțiune a influențelor în procesul de găsire a formei structurale adaptate materialelor:

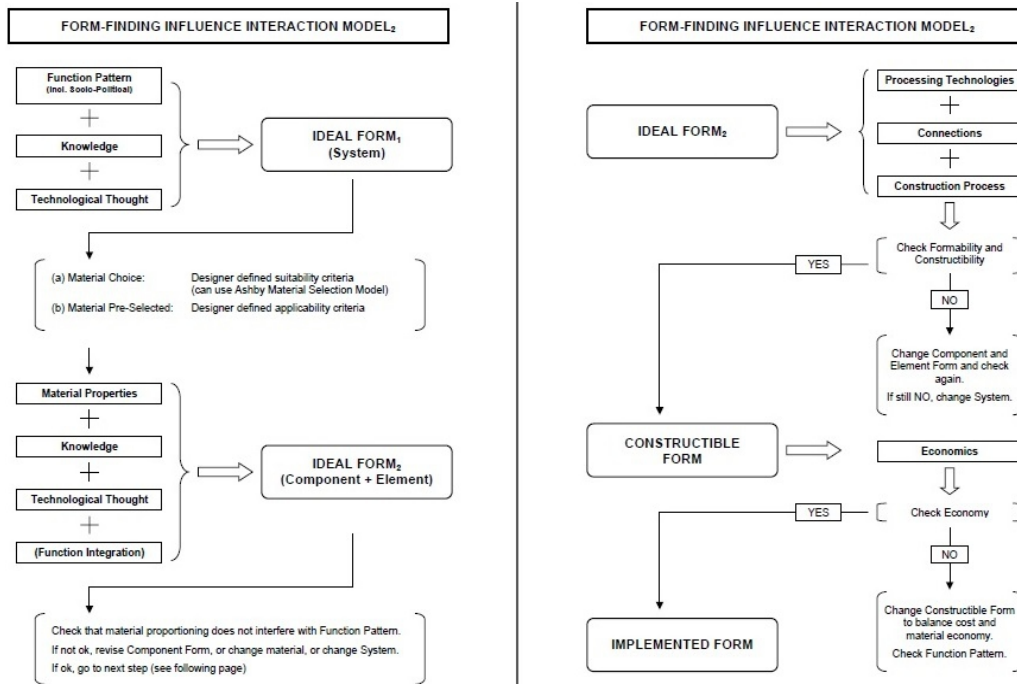


fig.3.8 Un model de interacțiune a influențelor în procesul de găsimă a formei structurale (Dooley, 2004: 108-109)[37]

Privind structura metalică prin prisma acestui model, observăm importanța pe care o au, înainte de toate, constrângerile legate de program și de amplasament în stabilirea aceluia 'tipar funcțional', care poate cu siguranță depăși accepțiunea strictă de unealtă de modelare grafică pe care i-o dă Dooley (2004: 12)[37] și care determină limitele pe care trebuie să le respecte forma structurală adaptată metalului. Este evident că aceste limite pot deveni o piedică serioasă în valorificarea structurilor metalice pe măsura potențialului.

3.9 Concluzii

Așa cum evidențiază exemplele de utilizare a metalului ca element structural în arhitectură, formele structurale adaptate metalului par a fi nelimitate. Forma globală și de detaliu a componentelor și sistemelor structurale derivate din valorificarea proprietăților metalului, din adaptarea la procesele de producție, prelucrare și îmbinare ale acestuia, creșterea continuă a calității prin dezvoltarea tehnicilor de producție, prelucrare și îmbinare, au încurajat de-a lungul timpului materializarea celor mai diverse forme și soluții arhitecturale. Capacitatea de a răspunde deopotrivă celor mai diverse cerințe, de a se adapta celor mai diverse constrângeri, de a satisface cele mai diverse nevoi din domeniul spațial-formal, exprimă, se pare, adevăratul potențial al acestor structuri. În versatilitate și

capacitate de dezvoltare pare să rezide adevăratul lor potențial. Se poate vorbi atunci de condiționări impuse arhitecturii de structurile metalice? Pe măsura evoluției științei și tehnologiei condiționările s-au redus continuu, arhitectura devenind tot mai liberă de constrângeri structurale. Se mai poate vorbi atunci de expresie inevitabilă?

Analizând aceste rezultate prin prisma modelului de interdependență propus de Dooley, care ne atrage atenția asupra multitudinii de influențe care determină dezvoltarea formei structurale (Dooley, 2004: 49-115)[37], putem observa că eventuale condiționări legate de caracteristici structurale, de proprietăți ale materialului, de tehnologii de prelucrare, ajung să fie luate în considerare într-o fază avansată de luare a deciziilor, într-un moment în care limitele posibilelor configurații au fost stabilite deja în cadrul *tiparului funcțional* care sintetizează parametrii în care trebuie să se încadreze viitoarea structură. Deciziile esențiale privind parametrii spațial-formali ai *tiparului funcțional* se conturează de fapt înainte și mai ales în afara domeniului tehnic.

Ipoteza de lucru expusă la finalul capitolului anterior susținea că arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice este mai mult decât expresia inevitabilă a acestei utilizări. În condițiile în care, așa cum deducem din analiza rezultatelor de până acum, este greu de susținut ideea unei expresii inevitabile, condiționate de structură, în arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice, mai mult ajunge să însemne de fapt totul. În urma acestor observații, ipoteza de lucru se reformulează astfel: *arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice este cu totul altceva decât expresia inevitabilă a acestei utilizări*. Ce exprimă atunci arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice?

4. FACTORI CULTURALI, FACTORI ECONOMICI, ROLUL TEORIEI

Așa cum reiese din întrebările ridicate de studiile prezentate până acum, pentru a putea face orice fel de evaluări privind impactul structurilor metalice în arhitectură sau măsura dependenței schimbărilor din arhitectură de utilizarea structurilor metalice, este inevitabilă examinarea factorilor care determină deciziile în domeniul arhitecturii. Identificarea și definirea acelor influențe care generează schimbări în arhitectură, dar care nu au legătură cu utilizarea structurilor metalice în arhitectură, permite inclusiv o izolare a acelor schimbări din arhitectură care ar putea fi atribuite exclusiv utilizării structurilor metalice.

... mediul construit este [...] consecința fizică a deciziilor care determină cine decide ce se întâmplă, unde se întâmplă, cum arată, cum este făcută și cui îi servește.

observă Richard Solomon în prefața scrisă pentru volumul *Chicago Architecture: Histories, Revisions, Alternatives*, editat de Charles Waldheim și Katerina Rüedi Ray (2005)[168]. Vom căuta să deslușim mai exact conținutul acestei afirmații în cele ce urmează.

Care este necesarul de spații, cum ar trebui configurate, care sunt relațiile optime (van der Voordt, 2005)[160], care sunt dotările necesare, cum mă raportează la ceea ce există, care este materialul potrivit, care este sistemul constructiv adecvat ((Trebilcock, 2004: 2-4)[156], sunt doar câteva formulări punctuale ale nenumăratelor întrebări care ar trebui să își găsească răspuns înainte de definitivarea soluției și care, implicit, ar trebui să frământă pe cei implicați în domeniul edificării.

Dar ce anume generează aceste întrebări, ce anume generează însăși edificarea? Indiferent că vorbim de rolul de adăpost, suport sau expresie a construcției, există un numitor comun: nevoia. Nevoia este însă într-o permanentă schimbare: avem construcții pe care omul le-a folosit dintotdeauna, care satisfac nevoi bazice universale (locuința, edificiul de cult) și care au suferit de-a lungul timpului schimbări impuse de schimbările culturale și altele care au apărut datorită schimbărilor culturale, suferind la rândul lor modificări în timp. Este greu de izolat un anume factor care declanșează sau generează schimbări. În general factorii culturali duc la modificarea sistemelor de valori care determină la rândul lor reevaluări ale nevoilor ființei umane la nivel de individ sau grup. Cert este că aceste nevoi în schimbare impun în permanență noi sarcini mediului construit.

Ar fi fundamental să observăm că nevoile pe care trebuie să le satisfacă o construcție nu sunt stabilite de specialiști din domeniul construcțiilor, aceștia putând cel mult să participe la identificarea și interpretarea lor. Ele sunt impuse de individ și de societate, în acord cu diversele sale aspirații. Individul, societatea sunt cei care desemnează pe cei care stabilesc soluțiile corespunzătoare acestor nevoi (în general arhitecți) și mijloacele prin care pot fi materializate aceste soluții (în general ingineri) [290]. Interesant de remarcat că, mai ales în domeniul arhitecturii, problema celui desemnat să ofere răspunsuri la întrebări rezidă nu atât în justificarea științifică a soluțiilor, care poate lua în calcul diverși parametrii cuantificabili, rezultați din date statistice sau experimentale, cât în dificultatea

identificării sistemului de valori la care este oportun să se raporteze (Johnson, 1994: 25-29)[79].

4.1 Factori culturali

O variantă facilă de abordare, care permite aprecierea importanței elementului cultural în luarea deciziilor, o poate oferi scurta trecere în revistă a celor mai uzuale tipologii constructive, așa cum sunt ele prezentate în *Enciclopedia Britannica* [290] și sumara prezentare a câtorva factori ce pot fi considerați determinanți în apariția sau stabilirea modelelor și chiar a schimbărilor survenite de-a lungul timpului.

LOCUINȚA

Cerințele simple pe care le are la bază locuința, această funcțiune primordială ce își asumă rolul de a adăposti ființa umană, aveau să fie soluționate extrem de diferit în funcție de resursele avute la dispoziție, de conștientizarea avantajelor unui nivel mai ridicat de confort sau de varietatea de activități domestice care pot însoți locuirea în funcție de poziția socială a individului. A existat o evoluție de la soluții care satisfac nevoi bazice, la variante somptuoase care depășesc nevoile și uneori chiar aspirațiile beneficiarului, complexitatea funcțională fiind, de cele mai multe ori, urmată de o complexitate expresivă impusă de dorința, și chiar responsabilitatea, de simbolizare a puterii.

EDIFICIUL DE CULT

Spre deosebire de locuință, edificiul de cult, poate cea mai influentă construcție a comunității, poate avea ca bază de pornire nevoi foarte diferite ce depind în bună măsură de cerințele impuse de desfășurarea ritualurilor religioase. Dacă în religiile primitive templul avea rol de adăpost al relicvelor sau de reședință a divinității, accesul în spațiul propriu-zis fiind permis doar celor care oficiau ceremonialul religios, spațiul sacru modern era (și este) destinat participării comune la ritualuri. În timp ce nevoile diferite determină soluții diferite atât la nivel utilitar cât și expresiv, asemănările fac posibilă, dincolo de simbolistica folosită, utilizarea aceluiași tip de spațiu în cadrul diferitelor religii. La origini, acesta era determinat mai degrabă de mijloacele (sistemele constructive) care făceau posibilă protejarea unor spații suficient de largi pentru a cuprinde auditoriul ce trebuia orientat imperativ către punctul focal din care se oficia ritualul religios.

CLĂDIREA GUVERNAMENTALĂ

Deși clădirile guvernamentale au la bază, în cea mai mare măsură, funcțiuni similare în toate societățile, nevoile diferă în acord cu natura relației care există între guvernant și guvernat. În timp ce condițiile unei guvernări centralizate, de tip dictatorial permit exercitarea guvernării chiar din locuința conducătorului, acolo unde funcțiunile sunt împărțite și stabilite ca activități specializate, devin necesare structuri distincte. Dacă nu se poate vorbi de soluții formale bazice unanim acceptate pentru clădiri guvernamentale, putem vorbi de o distincție la nivel expresiv, ideologia diferitelor sisteme de organizare politică și tradițiile variatelor oficii guvernamentale fiind cele care impun un tip de abordare în detrimentul altuia.

CLĂDIREA RECREAȚIONALĂ

Clădirea recreațională a devenit necesară ca urmare a instituționalizării acestui tip de activități. Având în vedere constituția fizică a omului, satisfacerea nevoilor impuse de participanții activi și pasivi avea să genereze unele dintre cele mai consecvente forme, aproape independent de tipul de divertisment. Cu toate acestea, soluțiile oferite de-a lungul timpului aveau să difere: instalațiile temporare devin permanente în Grecia antică; evoluția sistemelor constructive din perioada imperiului Roman fac posibile abordări monumentale, panta terenului care susținea gradenele fiind înlocuită de structuri artificiale. Distincția economică și de clasă sunt cele care își pun amprenta pe clădirea de teatru începând cu perioada Baroc. Secolul XIX consacră apariția unor noi tipuri de clădiri recreaționale izvorâte din dorința de a pune la dispoziția marelui public cunoașterea și acumulările culturale de până atunci. Se deschid astfel muzee și biblioteci ale căror colecții impresionante și număr uriaș de vizitatori impun clădiri excepționale.

CLĂDIRI PENTRU EDUCAȚIE ȘI CLĂDIRI PENTRU SĂNĂTATE

Deși funcțiunile privind educația și sănătatea au fost oferite în mare parte de stat sau de biserică, având în vedere caracterul lor, în esență nici politic și nici religios, ele au ajuns să impună soluții arhitecturale independente mai ales în mediile urbane. Dacă în antichitate rareori au fost considerate necesare clădiri destinate sănătății și educației, în evul mediu târziu, odată cu separarea universităților din contextul pur religios, a ajuns să se dezvolte un concept de planificare care avea să influențeze arhitectura educațională până în zilele noastre. Renașterea marchează ulterior independența arhitecturală a spitalului. Nevoia ridicată de facilități educaționale și sanitare, apărută odată cu creșterea populației, generată de revoluția industrială, avea să ducă la o dezvoltare fără precedent a soluțiilor arhitecturale specializate.

ARHITECTURA COMERCIALĂ ȘI INDUSTRIALĂ

În trecut producția și comerțul se desfășurau în clădiri nespecializate, arhitectura domestică rezolvând, eventual prin adăugarea unor încăperi și creșterea în dimensiune, nevoile impuse de acestea. Revoluția industrială a fost cea care avea să afecteze profund atât tipologia cât și tehnicile folosite în construcții. Introducerea mașinii și producției de masă avea să scoată viața economică din mediul domestic. Apare o cerere pentru clădiri ultraspecializate. Chiar dacă putem vorbi în mare de două clase mari, funcție de gradul de interacțiune cu ființa umană, fiecare funcțiune nouă necesită soluții arhitecturale proprii. Este important de observat că acolo unde activitatea umană este principala preocupare nu au existat distanțări esențiale de expresia tradițională. În același timp halele care adăpostesc utilaje, linii de producție, lipsite de precedent și tradiții, au încurajat căutarea unor soluții adaptate cerințelor funcționale, mai mari, mai simple, mai flexibile, de multe ori eliminând în totalitate funcția expresivă, cele mai multe construcții de acest tip ieșind cu totul din domeniul arhitecturii.

Dacă ar fi să reluăm în puține cuvinte: nevoile ființei umane, la nivel de individ sau de grup sunt într-o permanentă schimbare, fiind dependente de sisteme de valori ce își au adânci rădăcini culturale. Astfel însăși mediul construit, care trebuie să se raporteze la aceste nevoi, are de suferit permanente modificări. Chiar în situațiile în care nevoile sunt foarte clar stabilite și formulate, identificarea soluțiilor care să satisfacă aceste nevoi, traducerea acestora în sarcini precise pe care trebuie să le îndeplinească viitorul edificiu, identificarea mijloacelor care să facă

posibilă îndeplinirea sarcinilor, rămân probleme de interpretare și decizie profund influențate de evoluția culturală.

4.2 Rolul teoriei arhitecturii

Materializarea unei idei în domeniul construcțiilor implică consensul unui număr mare de decidenți: clientul care acoperă finanțarea, proiectantul, sau cel care propune soluția, executantul care pune în operă proiectul și nu în ultimul rând societatea, publicul larg, având în vedere că orice construcție devine, pentru o perioadă de timp însemnată, parte a mediului ei de viață (Evers, 2003: 8)[40]. Situațiile în care clientul, executantul și proiectantul sunt una și aceeași persoană sunt extrem de rare și se regăsesc în general în construcțiile vernaculare. În toate celelalte situații pertinenta argumentare prealabilă a soluțiilor devine esențială.

Stabilirea și medierea sistemelor de valori, identificarea nevoilor prin prisma sistemelor de valori acceptate, traducerea nevoilor în sarcini pe care trebuie să le îndeplinească construcțiile, identificarea conceptelor și mijloacelor care să facă posibilă îndeplinirea sarcinilor, au fost și sunt probleme care ridică în permanență semne de întrebare. Răspunsul la aceste întrebări poate veni empiric, atunci când există precedent, sau în urma unor intuiții, care pot fi ulterior verificate cel mult prin intermediul reflecției intelectuale, atunci când precedentul lipsește. Justificarea răspunsului devine cu atât mai importantă cu cât numărul celor afectați, celor implicați în luarea deciziilor și durata de viață a subiectului supus deciziei, este mai mare. După cum susține Evers, abilitatea de a exprima clar factori relevanți într-o formă în care aceștia să poată fi transmiși, înțeleși și acceptați, în multe situații chiar de neprofesioniști, are o valoare substanțială (2003: 8)[40]. Este probabil unul dintre motivele pentru care arhitecții au simțit nevoia de a se exprima în scris „de mai mult de 500 de ani” (idem)[40]. Indiferent că este vorba de ghiduri de bune practici, manuale, portofolii sau tratate, scrierile din domeniul teoriei arhitecturii au căutat întotdeauna să ofere o formă de justificare soluțiilor propuse. Justificarea a devenit astfel o parte esențială a procesului creativ în arhitectură, clădirea ajungând să fie concepută, așa cum este remarcat în *Enciclopedia Britannica*, printr-o continuă dialectică intelectuală între imaginație și rațiune [290].

Atunci când a existat precedent, comparația a reprezentat metoda facilă de analiză și justificare. Experiența precedentului a oferit întotdeauna cea mai bună garanție, fiind modelul ancestral de evoluție al fiecărui domeniu din sfera activității umane. Așa cum este observat în *Enciclopedia Britannica*, chiar și din punct de vedere economic această abordare poate fi considerată în general preferabilă, experimentul și inovația presupunând întotdeauna costuri mai mari decât repetiția [290]. Au existat însă momente în istoria construcțiilor când, din diverse motive, modelele au lipsit, respectiv saltul dorit era atât de mare încât modelele existente nu puteau oferi soluții plauzibile.

Probabil cea mai importantă perioadă de acest fel din punctul de vedere al arhitecturii, în care s-a propus revoluționarea domeniului construcțiilor, a reprezentat-o renașterea. Însușirea unicului tratat de arhitectură rămas din perioada Antichității Clasice de către cărturarii secolului XIV avea să schimbe viziunea asupra mediului construit. Implementarea acestei viziuni nu se mai putea baza pe precedentul construit. Dacă modelele existente nu mai satisfăceau din punct de vedere expresiv, oferta antichității nu corespundea funcțional nevoilor societății contemporane. A fost necesară o adaptare, o reevaluare în cheie proprie a

modelelor. Această realitate avea să ducă la nașterea primului tratat de arhitectură din perioada modernă timpurie, cel al lui Leon Battista Alberti. În timp ce tratatul lui Vitruvius, prezentat sub forma unui manual de bune practici, încerca o abordare cât mai cuprinzătoare a provocărilor ridicate de domeniul construcțiilor, Alberti preferă formularea unui limbaj arhitectural supus unei forme de gramatici normative. Era momentul în care, în fața creșterii complexității problemelor ridicate de domeniul edificării, arhitectura decide o aprofundare a abordării din perspectivă umanistă, ridicând în primul rând problema adaptării mediului construit la nevoile ființei umane. Vorbim aici de o tendință de specializare pe domenii de interes ce avea să se accentueze în următoarele secole.

Luând în considerare modelul cultural pe care îl vizau arhitecții renașterii, cel al Romei imperiale, satisfacerea nevoilor ființei umane urma să rezide în construcții care ar împlini întocmai idealurile antichității clasice definite de Vitruvius în triada: firmitas, utilitas, venustas. Până în preajma anilor 1800, norma în arhitectură avea să fie dată de satisfacerea acestor idealuri, (Evers, 2003: 6)[40] diferențele rezultând din interpretarea acestora, respectiv a modului în care puteau fi împlinite. Dacă firmitas se raporta în antichitate la probleme de natură tehnică, având în vedere selecția terenului, a materialelor și a sistemului constructiv (idem)[40], de-a lungul perioadei scurse de la renaștere la baroc el avea să reprezinte mai degrabă un ideal estetic raportat la percepție - dincolo de importanța pragmatică a rezistenței și stabilității, importanța percepției ca atare este cea care crește semnificativ. Utilitas, privit ca o problemă de natură funcțional-utilitară, trece prin cele mai diverse interpretări, între care cea privind funcția simbolică a clădirii, cea de purtător de mesaj, capătă uneori (la sfârșitul secolului XIX) accente esențiale. Diversitatea maximă avea să fie dată de interpretarea normei estetice: dacă la început doctrina privind utilizarea corectă a ordinului, a proporției și canoanelor decorului (Evers, 2003: 6)[40] reprezentau o condiție incontestabilă, de-a lungul timpului diversificarea merge până la reinterpretarea proporțiilor și conceperea unor noi ordine, naționale.

Astfel, după trecerea prin cele mai variate forme de manifestare stilistică în care controversile nu au lipsit, mutând accentul de la universalitatea renașterii, distribuită prin intermediul cuvântului și imaginii tipărite (Carpo, 1998)[25], la abordări naționale, s-a ajuns în secolul XVIII la serioase semne de întrebare asupra originii modelelor doctrinare care au guvernat dincolo de toate lumea construcțiilor culte.

Apariția fontei, în a doua jumătate a secolului XVIII, în cantități mari pe piața materialelor de construcție a determinat primele încercări de utilizare a fierului ca material structural independent. Aceste prime încercări s-au întâmplat în afara oricăror dezbateri legate de stil. Diversele construcții ce înglobau structuri sau componente structurale metalice foloseau noul material imitativ. Arhitectura miza încă pe forme și spații ce aveau la bază modele istorice oferite de antichitatea clasică și perioada medievală. Deși radical diferite ca expresie, aceste modele reprezentau deopotrivă rezultatul rafinării estetice a unor sisteme portante de zidărie.

Substituirea unor elemente de piatră sau lemn, din motive utilitare sau economice, cu elemente de fontă sau fier forjat putea oferi soluții funcționale, dar adaptarea proporției acestora la proprietățile materialului afecta profund imaginea edificiului, scoțându-l din parametrii expresivi consacrați. Astfel, după unele experiențe de început considerate nereușite, metalul în arhitectură avea să fie ascuns în spatele unor soluții decorative care preluau proporția și ornamentația

specifice pietrei. Mai mult decât atât, în lipsa unei viziuni privind un potențial expresiv propriu noului material, majoritatea scrierilor teoretice din acea vreme ajung să îl ignore sau chiar să-l desființeze. În scrierile mijlocului de secol XIX din Anglia, însăși sistemul social generat de industria care făcea posibil noul material avea să fie pus la îndoială. Refuzul noului material, ca fiind dispensabil în realizarea construcțiilor reprezentative se impunea astfel ca un gest simbolic. Ca urmare, adevăratul potențial utilitar și expresiv al structurilor metalice mai putea fi observat doar în construcțiile ingineresti apărute în domeniul industrial și comercial. Era o atitudine care avea să împiedice serios abordarea la justa valoare a metalului în arhitectură.

Pare plauzibil ca ruptura dintre arhitectură și construcțiile utilitare cerute de societatea industrială să se fi petrecut pe fondul refuzului arhitecților de a accepta noua realitate. Scăparea din vedere a acestei realități, în fond, a căii ireversibile pe care societatea se îndrepta, nu a oprit dezvoltarea, dar a afectat profund evoluția de moment atât a mediului construit în general cât și a arhitecturii în special. Pentru că indiferent de acest refuz, noua societate era prezentă, construcțiile generate de nevoile ei proliferau în detrimentul mediului construit controlat de arhitectură. Așa cum remarca Springer în anul 1867:

First a factory is built, the chimneys begin to smoke, the wheels whirr, miserable workers' cottages are joined by the houses of shopkeepers and well-to-do traders the inn is joined by a school and a hospital, then comes the town villa of the independent burgher, and finally the palace of the rich factory-owner. It is usually a long while before a monumental church is erected (preluat din Kruft, 1985: 319)[87].

În domeniul teoriei arhitecturii, a doua jumătate a secolului XVIII reprezintă o perioadă în care dezbateră devine tot mai puțin unitară.

Alături de o reorientare către un stil clasic, normativ, exista o școală de gândire rousseauiană ce căuta să derive orice canon arhitectural din arhetipuri ce puteau fi justificate rațional. (Kruft, 1985: 274)[87]

Este perioada în care apar scrierile lui Lodoli sau Laugier despre conceptul de funcționalism structural. Conceptul este reluat de Durand în *Precis des leçons d'architecture* (1802), unul dintre cele mai semnificative tratate de arhitectură din prima jumătate a secolului, în care pune accent pe dependența formei de proprietățile materialului (Kruft, 1985: 274)[87]. Posibilitățile pe care sistemul modular propus în această lucrare le deschide, se pot vedea la Crystal Palace, pe care Kruft îl consideră „rezultatul practic al teoriilor lui Durand” (idem)[87]. *Traite theorique et pratique de l'art de batir* (1802-17) a lui Rondelet, „primul care întreprinde o analiză sistematică a utilizării fierului și a staticii structurilor de fier”, apare în aceeași perioadă. Așa cum observă Frampton, „Rondelet a documentat 'mijloacele' [...] Durand [...] 'scopurile'” (1980: 30)[48].

Același început de secol XIX este martorul primelor dezbateri legate de policromie în arhitectură, de controversa privind posibilitatea ca edificiile antice să fi fost sau nu colorate. Aceste dezbateri, susținute de lucrări precum cea a lui Hittorff și Wilhelm von Zanth (1827) *Architecture antique de la Sicile*, aveau darul să „rupă modelul Clasicist rigid” (Kruft, 1985: 279)[87] impus mai ales în cadrul programelor educaționale de la Ecole de Beaux-Arts. În acest context apar desenele lui Labrouste reprezentând o viziune inedită asupra templelor de la Paestum, privite în cadrul Ecole des Beaux-Arts, așa cum susține Kruft ca un „act de revoluție și erezie arhitecturală” (idem)[87]. Pentru Labrouste, dezbateră legată de policromie devine o pârgie utilă în deconstrucția

... 'legilor' arhitecturii Clasice standardizate; [...] el vedea clădirile ca răspunsuri regionale la existența unui material de construcție local și ca efect al unor condiții funcționale, istorice și culturale date. (Kruft, 1985: 279)[87]

Recunoașterea potențialului structurilor din fier este relevantă și de Traite d'architecture (1850-8) publicat de Reynaud, care conștientizează, așa cum remarcă Kruft, faptul că „noul material va genera forme noi [...] și influența acestora asupra cursului arhitecturii în viitor” (idem)[87], susținându-și ideile cu exemple oferite de construcțiile industriale sau chiar de Bibliothèque Sainte-Geneviève.

Funcționalism structural, policromie, idei cu impact puternic asupra dezbaterilor teoretice din acea vreme (idem)[87], aveau darul să submineze acel sistem de gândire dogmatic care împiedica atât satisfacerea deplină a nevoilor noii societăți, cât și preluarea creativă a noilor posibilități constructive. Schimbarea pe care Giedion o vedea ca esențială pentru ca o „nouă tradiție, relevantă pentru epocă” (1941: 183)[57] să se dezvolte, începea să se întrevadă: acel arhitect „lăsat izolat de cele mai importante mișcări care se petreceau în lumea din jurul său” a început să se împace cu „mediul schimbat” să recunoască „posibilități arhitecturale în metodele de construcție moderne” (idem)[57].

Probabil cea mai importantă controversă a mijlocului secolului XIX este cea dintre susținătorii stilului Gotic și susținătorii unui eclectism bazat pe renaștere. Dezbaterile se concentrau asupra principiilor care ar putea fi considerate mai potrivite pentru secolului XIX, cele ale goticului sau cele ale renașterii, tabăra susținătorilor Goticului producând, așa cum susține Kruft,

... argumente considerabil mai complexe, care puneau în discuție într-o manieră fundamentală întreaga cunoaștere a 'clasiștilor' privind arhitectura și teoria care rezulta din aceasta (1985: 281)[87].

Aceste argumente în favoarea unei arhitecturi bazate pe un sistem structural scheletal, ce se pretează mai degrabă punerii în valoare a metalului structural, pot fi considerate semnificative în influențarea gândirii conceptuale din următoarea perioadă. Remarcabilă în cadrul acestor argumente este insistența cu care era promovată ideea unor principii generatoare de forme în detrimentul formelor prestabilite, consacrate. Însăși ideea de Gotic era văzută ca un principiu, de aceea nu este întâmplător că susținătorii lui vedeau o legătură puternică între societate, nevoile ei, considerate a fi baza tuturor principiilor, și arhitectură.

Pe acest fundal apar scrierile lui Viollet-le-Duc, în care se regălesc, după opinia lui Kruft

... concepte funcționale apărute în secolul XVIII, implicând configurația interiorului, tehnicile constructive și sinceritate în utilizarea materialelor ... (Kruft, 1985: 283)[87].

În viziunea sa, arhitectura, ca „expresie directă a unei structuri sociale date”, ținea seama deopotrivă de factori tehnici, formali și socio-istorici (Kruft, 1985: 282)[87]. În ceea ce privește aderența sa la stilul gotic,

... el nu este preocupat cu imitarea stilului Gotic, ci cu abstractizarea principiilor sale raționale așa cum le vede el, un mijloc procedural care îi permite să interpreteze progresul tehnologic modern ca o virtuală continuare a goticului. Crezul său în progresul tehnologic [...] l-a făcut receptiv la noile metode de construcție și la utilizarea noilor materiale. (Kruft, 1985: 283)[87]

Spre deosebire de Rondelet și Reynaud, ambii susținători ai structurilor metalice, Viollet-le-Duc propune „reguli și estetică independente pentru structurile din fier”. (Kruft, 1985: 283)[87] Entuziasmul său pentru mecanizare, pentru expresia mașinilor, anticipează poziția exprimată în secolul XX de Le Corbusier. Așa

cum remarcă Kruft, Viollet-le-Duc reușește cu adevărat să deschidă „perspectiva unei noi arhitecturi [...] bazată pe premise funcționale, naționale și sociale” (Kruft, 284a)[87].

Poziția sa față de materiale și proces constructiv este perfect redată în *Entretiens sur l'Architecture* (1863). Dacă principiile adevărului

It [architecture] should be true to the programme and true to the building process ... (Viollet-Le-Duc, 1863: 451)[164]

îl apropie, așa cum remarcă Kruft de Lodoli și Laugier (1985: 285)[87], afirmații precum

... the materials employed reveal their function through the form that you give them (Viollet-Le-Duc, 1863: 472)[164]

sau

En effet, toute architecture procède de la structure, et la première condition qu'elle doit remplir, c'est de mettre sa forme apparente d'accord avec celle structure. (Viollet-Le-Duc: 1872: 3-4)[165]

anticipază deopotrivă poziția teoretică a Școlii Chicago de la sfârșitul secolului XIX (Kruft, 1985: 285)[87] a Art Nouveau-ului și, mai recent, a arhitectilor curentului High-Tech (Fallon, 2010: 1810)[41].

Poate fi considerată curtea acoperită cu oțel și sticlă a Oxford University Museum un prim ecou în Anglia al teoriilor lui Viollet-le-Duc, se întreba Henry Russel Hitchcock (1958; 176)[70]? Oricare ar fi răspunsul, asemenea ecouri vor apărea cu precădere la sfârșitul secolului XIX. Frampton observă influența ilustrațiilor din *Entretiens sur l'Architecture* (1863-72)[164][165] asupra stilului Art Nouveau: *École du Sacré Coeur* (1895) proiectată de Guimard a fost „o realizare aproape directă a faimoaselor ilustrații la *Entretiens*” (1980: 69)[48]. În opinia sa, raționalismul structural promovat de Le Duc a influențat în egală măsură arhitecți ca Gaudi, Horta, Guimard și Berlage (idem: 64-73)[48].

Principalul arhitect și teoretician din spațiul german la mijlocul secolului XIX, Gottfried Semper, vedea la rândul său o conexiune între arhitectură și structura socială și istorică. În viziunea sa, așa cum subliniază Kruft, arhitectura reprezenta un răspuns la nevoi (1985: 311)[87]. Chiar dacă afirmații precum:

... linear metal members lies infinitely further from monumental art than timber construction ... (Semper, 1863: 263)[145]

îl indică ca pe un opozant al structurilor metalice, punctele sale de vedere cu privire la folosirea materialelor aveau cu siguranță să inspire punerea în valoare a metalului:

Let materials speak for themselves and appear, undisguised in whatever forms and whatever conditions have been shown by experience and knowledge to be best suited to them. Let brick appear as brick, wood as wood, iron as iron, each according to the structural laws that apply to it (Semper, 1834: XI)[143].

Născută din aceeași dispută legată de policromie, care, în opinia lui Kruft avea să devină pentru Semper un sinonim pentru expresia artistică a formei democratice de guvernare (1985: 312)[87], *Die vier Elemente der Baukunst* (Semper, 1851)[144] poate fi considerată o piesă esențială în eșafodajul teoretic ce avea să permită punerea în valoare a metalului în cadrul sistemelor constructive ale școlii Chicago și în cadrul unora dintre cele mai interesante clădiri ale stilului Art Nouveau. Ideea exprimată în cadrul acestei lucrări, aceea a unei arhitecturi derivate din patru elemente de bază 'vatră', 'acoperiș', 'pereți de anvelopare' și 'terasamente'

definește în fond sistemul structural scheletal cu elemente independente de anvelopare și compartimentare. Spre deosebire de Le-Duc, care vede, așa cum accentuează Fallon, o coincidență între structură și spațiu (2010: 1810)[41], Semper insistă pe independența elementelor de definiție spațială. Viollet-Le-Duc și Semper sunt primii teoreticieni care creionează formule conceptuale consistente bazate pe o nouă viziune asupra construcțiilor. Vorbim aici de formule conceptuale care constituie foarte probabil cea mai importantă parte a bazei conceptuale a arhitecturii moderne și contemporane.

Goticul, în forma sa națională englezească" avea să fie susținut în spațiul britanic în lucrări precum cea a lui Thomas Rickman *Attempt to Discriminate the Styles of English Architecture* (1815). Numărul mare de lăcașe de cult construite în acest stil arăta interesul bisericii în arhitectura gotică (Kruft, 1985: 326)[87]. Bisericile proiectate de arhitectul Thomas Rickman împreună cu meșterul fierar John Cragg în urma unui decret parlamentar din 1818 ne prezintă o arhitectură gotică care, în încercarea de a reduce costurile de edificare la minim, oferă posibilitatea materializării câtorva exemple interesante de utilizare timpurie a structurilor metalice.

Distincția pe care o face Robert Willis (1800-1875) în lucrarea sa *Remarks on the Architecture of the Middle Ages, especially of Italy* (1835) „între structura 'mecanică' și cea 'decorativă'” așa cum ne atrage atenția Kruft, „un pas important înainte față de perspectiva Goticului pur funcțional” (1985: 327)[87], anticipează, chiar înaintea lui Semper, conceptele arhitecturale care aveau să formeze baza teoretică a clădirilor cu structură portantă metalică.

Din perspectiva lui Augustus Welby Northmore Pugin (1812-52), stilul Gotic, superior celor care i-au urmat, își avea rădăcinile în Catholicism. Dintr-o asemenea perspectivă, pentru ca o arhitectură de calitate să reapară, era necesară o reîntoarcere la catholicismul pur (Kruft, 1985: 328)[87]. Deși viziunea sa dogmatică asupra acelor principii ale funcționalismului francez care impuneau materialul ca determinant al formei construite implica refuzarea categorică a structurilor metalice în arhitectură, o privire degajată asupra raționalismului structural conținut în ideile lui Pugin putea și ea contribui la schimbări de atitudine față de noul material. Cu atât mai mult cu cât, așa cum remarcă Kruft, chiar Pugin, în a sa *An Apology for the Revival of Christian Architecture in England* (1843), „face concesii [...] utilizării utilajelor moderne și fierului în construcții” (1985: 29)[87].

Aceeași 'cauză gotică' era susținută și de Ruskin (1819-1900), pentru care „arhitectura forma doar o parte a unui complex social mult mai amplu.” (Kruft, 1985: 331)[87]. În viziunea sa, arhitectura deriva din obiceiurile legate de locuire, peisaj și climă.

There is no law, no principle, based on past practice, which may not be overthrown in a moment, by the arising of a new condition, or the invention of a new material. (Ruskin, 1849: 3)[136].

Fără a fi un susținător al metalului, el sesiza, așa cum accentuează Kruft, „imensul viitor” al acestuia (Kruft, 1985: 331)[87]:

The time is probably near when a new system of architectural laws will be developed, adapted entirely to metallic construction. (Ruskin; 1849: 33)[136]

Pentru a evita confuziile privind aplicabilitatea principiilor sale, Ruskin face o distincție între 'arhitectură' și 'construcție'. Construcția e considerată a servi nevoi pur utilitare, în timp ce arhitectura ar trebui să conțină "certain characters venerable or beautiful but otherwise unnecessary" (Ruskin; 1849: 7)[136]. Pentru o

asemenea arhitectură, Ruskin pretinde, așa cum observă Kruff „lizibilitatea sistemului constructiv, sinceritate în utilizarea materialului și utilizarea ornamentului organic, realizat manual” (1985: 332)[87].

Aceeași preocupare pentru evitarea confuziilor poate fi regăsită și în introducerea scrisă de James Ferguson (1808-86) la *Illustrated Handbook of Architecture*. Scriind despre o arhitectură care imită natura, el observă că

... it is generally assumed that in architecture we ought to copy natural objects as we see them, whereas the truth seems to be that we ought always to copy the processes, never the forms of Nature. (Ferguson; 1855: li)[43].

Viziunea progresivă a lui Ferguson poate fi observată în aceeași introducere:

...we should be exulting in our own productions, and proud in leaving to our posterity the progress we have made, feeling assured that we have paved the way for them to advance to a still higher standard of perfection. [...] As soon as the public are aware of the importance of this rule, and of its applicability to architecture, a new style must be the inevitable result; (Ibid.: lv)[43].

Se observă că, dincolo de discursul aparent, în care metalul era refuzat ca material adecvat pentru arhitectură, existau intuiții punternice legate de potențialul acestuia.

Aceste 'noi condiții' și 'noi materiale' văzute de Ruskin ca posibile generatoare a noi principii în arhitectură aveau să se regăsească deopotrivă la sfârșitul secolului XIX în orașul american Chicago. Clădirile și teoriile bazate pe asemenea principii, reunite de istoricii de arhitectură din secolul XX sub denumirea generică de Școala Chicago, aveau să influențeze decisiv evoluția arhitecturii. Baza teoretică care a dat încredere și legitimitate acțiunilor întreprinse de arhitecții Școlii Chicago pentru a contura o arhitectură a noii societăți americane, care să ia în calcul ineditele nevoi și resursele materiale avute la dispoziție, a venit de la „arhitecții și istoricii europeni Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc, James Ferguson, și Gottfried Semper” care, așa cum subliniază Merwood „au furnizat schema teoretică în cadrul căreia Chicago și-a înțeles propria operă” (Merwood, 2005: 5)[110]. „Ideile lui Viollet-le-Duc și Semper au fost utilizate pentru a susține evoluția unui nou stil American în vest (imaginat ca o nouă regiune etnografică) construită din materiale și cu procese constructive industriale” (idem: 7)[110]. În timp ce

... arhitecții din Chicago îi erau datori abordării comparative a lui Viollet-le-Duc, [...] ideile lui Semper erau apreciate [...] ca oferind modelul științific al dezvoltării arhitecturale bazate pe tipuri arhitecturale și rasiale și pe climatul pe care acestea îl populau ... (Merwood, 2005: 7)[110].

Sistemul structural scheletal cu închidere ușoară consacrat în arhitectură de Școala Chicago reușește în fapt eliberarea arhitecturii de constrângerile structurale. Masivul de zidărie care asigură rezistența și stabilitatea, dar și închiderea și compartimentarea clădirii este înlocuit, materializând ideile expuse în 'elementele' lui Semper, de componente portante liniare care susțin elemente de anvelopare și compartimentare ușoare. Ornamentul, cel mai important mediu de exprimare a esteticii arhitecturale până atunci, în forma sa rezultată din prelucrarea sculpturală a masivelor de zidărie devine acum superfluu. Din acest moment perspectiva adaptării mediului construit la nevoile ființei umane, obiectiv asumat de disciplina arhitecturii, primește o nouă deschidere mult mai largă, o deschidere care permite o mult mai exactă poziționare față de acele nevoi pe care Sullivan le considera de fapt determinantele funcțiunii.

Pentru a evidenția inerția care există la nivelul percepției maselor, merită remarcată revenirea în cel mai scurt timp la formulele decorative chiar în mijlocul curentului modernizator. Urmarea expoziției internaționale de la Chicago (1893) nu putea fi întâmplătoare: nevoia de reprezentare într-un mediu familiar, care oferea posibilitatea comparației cu ceea ce reprezenta încă modelul de cultură, poate chiar o doză de frustrare acumulată în raport cu această cultură, sunt tot atâtea posibile explicații asupra factorilor determinanți. Este probabil cel mai bun semn că omul, indiferent de viteza cu care tehnologia se dezvoltă, indiferent de iminența avantajelor pe care anumite soluții le oferă, are o uriașă inerție, că este nevoie de ample dezbateri, și nu în ultimul rând de educație, pentru a pune în mișcare dorința de schimbare radicală, dacă acest lucru poate fi efectiv posibil.

Probabil conștienți de această realitate, pentru a răspunde nevoii de reprezentare, Europa propunea prin intermediul arhitecturii Art Noveau o alternativă ornamentală neistorică. A fost dezvoltat astfel un nou limbaj ornamental, adaptat noului material, utilizând principiile care au generat modelele clasice: reinterprețarea detaliului structural. Dar dincolo de această abordare diferită, cea mai importantă contribuție pe care reprezentanții acestui stil aveau să o aducă arhitecturii rezidă, ca și la Școala Chicago, în exploatarea consecventă a potențialului sistemelor structurale scheletale, cele care eliberează spațiul de constrângerile structurale. Așa cum subliniază Giedion vorbind de Casa Tassel (1893) proiectată de Victor Horta (1861-1947): ea valorifică exact libertatea oferită de structura scheletală care face posibilă: „dispunerea liberă a încăperilor la diferite niveluri și independența compartimentărilor” (1941: 305)[57]. Probabil cel mai spectaculos în cadrul acestui stil este felul în care Antonio Gaudi (1852-1926) exploatează structura metalică pentru a crea forma unică a Casa Milà (1905) (vezi și 2.3.2), evidențiind într-o manieră absolut contemporană potențialul sistemului structural scheletal.

Utilizarea metalului ca material structural în domeniul construcțiilor a avut loc pe fondul unor dezbateri teoretice ce căutau să medieze între nevoi, așa cum erau ele interpretate de arhitecți în raport cu sistemele de valori vizate de societate, și soluții spațiale formale raportate la posibilități - reprezentate în special de mijloacele tehnice de care dispunea societatea la momentul respectiv. În cadrul acestei medieri putem distinge 5 etape succesive:

1. răspândirea conceptului de funcționalism structural;
2. analiza sistematică a utilizării fierului în construcții;
3. deconstruirea acelor dogme (teorii) care, având la bază sisteme de valori depășite, nu permiteau nici satisfacerea deplină a nevoilor noii societăți, nici preluarea creativă a noilor posibilități constructive;
4. creionarea unor prime formule conceptuale bazate pe o nouă viziune asupra construcțiilor;
5. reluarea și reinterpretarea primelor formule conceptuale și generarea unor teorii care consacră cadrul necesar pentru punerea în valoare a potențialului noilor posibilități constructive în scopul satisfacerii nevoilor noii societăți.

Rezultatul a fost o nouă deschidere a arhitecturii, devenită conștientă de potențialul utilizării structurii scheletale, posibilă între timp și din beton armat, și implicit reorientarea creativității dinspre zona ornamentală spre cea a relațiilor spațiale și compoziției volumelor, specifică arhitecturii moderne și contemporane. Deducem din cele prezentate în acest subcapitol că utilizarea dezinvolată a structurilor metalice în arhitectură a impus în primul rând reșezarea sistemelor de valori acceptate atât de specialiștii din domeniul arhitecturii cât și de societate.

4.3 Factori economici

Revoluția industrială, mijlocită în principal de economia capitalistă, nu a făcut decât să accentueze rolul factorului economic: investiția minimă pentru a obține profitul maxim avea să devină în scurt timp cel mai puternic motor al dezvoltării. Reducerea consumului de material, reducerea necesarului forței de muncă, reducerea timpului de execuție aveau un cuvânt greu de spus în evoluția tehnologiei. Indiferent de măsura în care cultura impune sau schimbă nevoile și de felul în care acestea sunt soluționate, factorii economici, mai ales în lipsa resurselor necesare, pot impune, prin mijloacele puse la dispoziție ajustări importante. În același timp, ca parte intrinsecă a culturii, economia însăși își poate spune cuvântul în schimbarea sistemelor de valori și, implicit, a nevoilor. Dacă factorii culturali au avut un rol determinant în impunerea arhitecturii ca disciplină separată în domeniul construcțiilor, factorii economici sunt cei care au contribuit decisiv la consacrarea ingineriei structurale, ca disciplină independentă în cadrul aceluiași domeniu.

4.4 Rolul Teoriei Structurii

În timp ce în cazul arhitecturii, preocupată de construcție ca întreg, de raportarea la ființa umană și societate, identificarea nevoilor care stau la baza edificării impune de multe ori ca principal obiectiv al dezbaterii sisteme de valori, prin ele putându-se motiva tipul de răspuns oferit, în cazul structurilor portante ținta urmărită este mult mai clară: asigurarea rezistenței, stabilității și funcționalității construcției în condiții de fezabilitate. Justificarea a fost concentrată întotdeauna pe probleme foarte pragmatice, scopul final fiind acela de a garanta comportamentul și mai ales performanța viitoarei structuri. Pe de altă parte, având în vedere consecința directă și de multe ori fatală a eventualelor soluții greșite, înțelegerea comportamentului care face posibilă anticiparea performanței devenea mai importantă în acest domeniu decât justificarea. Dacă precedentul care stătea la baza tuturor soluțiilor din trecut oferea și aici o doză de predictibilitate, nevoia de a depăși limitele existente, impusă de noi cerințe funcționale sau de apariția unor materiale noi, cu proprietăți diferite, necesita o înțelegere mai profundă a comportamentului elementelor constitutive și a structurii, respectiv construcției, ca întreg.

Nevoia de a anticipa avea să ducă la dezvoltarea teoriei structurilor, o disciplină științifică care, pe baze în egală măsură intuitive și experimentale, încearcă găsirea unor soluții de abstractizare, de aproximare verosimilă a realității complexe, care să permită modelarea și simularea comportamentului soluțiilor propuse. Stabilirea unor modele plauzibile avea să ofere posibilitatea consumării tuturor verificărilor la nivel teoretic sau cel mult pe componente sau machete la scară redusă. Dezvoltarea extraordinară a domeniului construcțiilor, din ultimii aproximativ 200 de ani, ar fi fost imposibilă fără această abordare teoretică care să permită cuprinderea intelectuală, rațională, a fenomenelor complexe care se consumă în cadrul structurilor portante.

Aprecierea lui Mainstone cu privire la începuturile domeniului construcțiilor, care ar fi fost marcate de nenumărate „încercări și eșecuri” în care „norocul pur” ar fi jucat un rol important (1975: 317)[101] pare una viabilă. Putem vorbi de o perioadă de căutare, am putea spune 'vernaculară' (aici în accepțiunea pe care o are cuvântul în sintagma arhitectură vernaculară), în care spațiile și formele (am spune

acum arhitectura) pot fi considerate rezultatul pur al sistemelor constructive dovedite de succes. Identificarea unor nevoi era însoțită de căutarea mijloacelor facile, a soluțiilor constructive imediate care să le satisfacă. Cizelarea, o detaliere mai atentă, schimbarea materialului cu unele mai durabile, încărcătura simbolică, etc. (cazul Greciei Antice, Renașterii-Barocului, etc.) pot fi considerate, evident strict din punct de vedere structural, simple faze inovative ale acestor soluții.

Ideea că edificiile din perioada inițială ar fi putut fi concepute doar prin intermediul unor intuiții bazice¹⁰⁶, care iau în considerare cel mult observarea intenționată a naturii și culegerea programatică a unor date considerate relevante, că asemenea intuiții ar fi fost foarte probabil suficiente pentru a realiza tot ce s-a construit până în perioada renașterii și chiar secolului XVIII, pare și ea plauzibilă, având în vedere că nu există surse care să confirme existența unor mijloace alternative. Chiar dacă pe măsura evoluției au apărut reflecții asupra echilibrului (Arhimede) și dacă există cazuri (Hagia Sophia) în care se poate afirma cu siguranță că proiectanții (academicieni de frunte ai imperiului Bizantin) aveau cunoștință despre aceste reflecții, se pare că singurul mijloc științific utilizat în proiectarea construcțiilor rămânea geometria, utilă mai ales în proporționarea relativă a elementelor și în transmiterea datelor. Avem astfel în vedere un mijloc atribuit esențialmente arhitecturii, dată fiind perceputa legătură a geometriei mai degrabă cu definirea spațiului și a formei, decât cu anticiparea rezistenței și stabilității elementelor de construcție. Geometria a fost incontestabil utilă în preluarea și transmiterea modelelor dovedite de succes atât în inginerie cât și în arhitectură. Trebuie menționat aici că în perioada de până la Renaștere nu se poate vorbi cu adevărat de o distincție între arhitectură și inginerie civilă structurală. Arhitectul (constructor șef) antichității, maestrul zidar, sau dulgher, al evului mediu, departe de accepțiunea de astăzi a arhitectului (care își are originea în Renaștere, în acea personalitate marcantă care a fost Leon Battista Alberti), era cel care stabilea în egală măsură soluțiile adecvate nevoilor și mijloacele de realizare, atribuțiile lui fiind inclusiv cele de punere în operă. Făcea în egală măsură ceea ce fac astăzi arhitectul, inginerul și executantul la un loc. Și chiar în aceste condiții, deși se bazau doar pe intuiție și geometrie, construcțiile din această perioadă aveau să fie marcate de realizări absolut excepționale în domeniul structurilor portante: trecerea de la sistemul trilitic la sistemul în arc, mai adecvat zidăriei, sau trecerea de la masivitatea romanului la scheletul gotic, sunt creații în egală măsură remarcabile, ce aveau să devină normă de referință mult înainte de consacrarea analizei structurale.

Perioada renașterii, glorioasă din punct de vedere arhitectural, avea să însemne variații nesemnificative la nivelul sistemului constructiv. Dincolo de construcția mării cupole Florentine, bazată în principiu tot pe intuiție, chiar dacă vorbim de intuiția extraordinară a lui Brunelleschi, și pe observarea modelelor anterioare, nu sunt consemnate realizări ieșite din comun. În ceea ce privește teoria, problema forțelor rămâne abordată tot în termeni pur geometrici (tratatul lui Alberti, mențiuni despre arcul în plin centru). În acest context, chiar dacă se poate vorbi de anumite inovații, realizările din domeniul structurilor s-au menținut sub nivelul celor de până atunci. Lipsa bazei teoretice valide (rămâneau doar reflecțiile lui Arhimede care tratau numai forțe care acționează vertical) poate fi considerată principalul impediment în calea dezvoltării. Dacă încercările lui Wren de a găsi o formulă de anticipare a comportamentului structurilor bazată pe principiile lui

¹⁰⁶ Mainstone le împarte în primare, împărțite la rândul lor în spațiale și musculare, și secundare (1975)[101]

Arhimede sunt considerate mai mult decât discutabile, căutările întreprinse de Leonardo da Vinci în această perioadă, legate de forțe ce acționează în direcții diferite, pot fi luate în calcul cel mult ca o primă abordare alternativă a subiectului.

Adevărata revoluție în domeniul teoretic avea să vină la sfârșitul secolului XVII odată cu definirea de către Newton a forțelor care pot acționa în orice direcție și a legilor echilibrului static între aceste forțe. Deși practica secolului XVIII nu avea să fie cu adevărat influențată de aceste teorii, primele analize structurale înregistrate în istorie, ce pot fi considerate germenul teoriei structurilor de astăzi, urmau să fie făcute în anii 1742-43 pornind de la ele. Cupola catedralei Sf. Petru din Roma, care suferise fisuri radiale importante ce puneau în pericol stabilitatea construcției, a fost supusă unei expertize, realizată de matematicieni de frunte aduși de Papa Benedict al XIV-lea. După estimarea modului în care ar putea ceda, aceștia au calculat forța necesară a fi preluată de eventuale inele perimetrice pentru a preveni acest lucru. Utilizarea analizei structurale ca bază de justificare a unui proiect nou avea să vină odată cu proiectul lui Soufflot pentru Pantheonul parizian (1757-8). Având în vedere neîncrederea determinată de îndepărtarea prea mare de practicile din structurile recente, a fost nevoie de justificarea soluției - aceasta avea să vină de la inginerul Gauthey, care nu doar a demonstrat stabilitatea cupolei, ci chiar a relevat, prin analize ulterioare, posibilitatea realizării ei într-o variantă și mai îndrăzneată (Mainstone, 1975)[101]. În cadrul structurilor consacrate, în care greutatea proprie avea de departe ponderea cea mai mare, îndepărtarea de practicile 'verificate' devenea posibilă datorită noilor teorii.

Introducerea grinzilor metalice, încărcările uriașe, substanțial mai mari decât cele proprii ce trebuiau suportate pe calea ferată, au ridicat în perioada revoluției industriale provocări complete noi. Proportționarea elementelor structurale de tip grindă, realizarea unor tipuri de structuri care necesitau luarea în considerare a eforturilor interne, sunt cerințe care impuneau o altă abordare. În prima fază soluția a fost revenirea la metodele intuitive. Dar problemele de economie ridicate mai ales de prețul mare al fierului, care înlocuia în multe situații lemnul, cereau eficientizarea utilizării materialului, găsirea unor secțiuni eficiente. Încărcarea de probă a tuturor componentelor înainte ca acestea să părăsească uzina de producție, practică standard în acele timpuri, menită să determine și să garanteze rezistența acestora, nu era suficientă. Acolo unde aprecierea cerințelor structurale nu era la fel de precisă ca și rezistența măsurată, cedarea structurii nu era o raritate, consecințele fiind uneori extrem de costisitoare. În aceste condiții, așa cum precizează Mainstone, se cerea redus numărul de eșecuri fără a încetini dezvoltarea (1975)[101]. Ca acest lucru să devină posibil, se impunea o mai bună înțelegere a rezistenței și rigidității necesare a fi satisfăcute de componentele structurale. În lipsa precedentului, metoda empirică nu mai era suficientă. Se impunea desfășurarea deliberată a unor teste, pentru ca înțelegerea să fie dusă mai departe. În urma acestor testări deliberate (Conway și Britannia) au rezultat diverse metode de apreciere teoretică. Aceste metode au dus chiar la modificări de soluții, astfel încât acestea să devină analizabile. Este interesant de remarcat aici că înțelegerea efectului continuității structurale a avut inițial un efect advers, proiectanții străduindu-se să realizeze, cu mare efort, structuri a căror legături să fie realizate exclusiv articulat, adică static determinate (singurele care puteau fi analizate prin calcule relativ simple). Abia în 1930 noua metodă a aproximărilor succesive avea să permită exploatarea potențialului elementelor continue în proiectarea clădirilor multietajate. Betonul armat a fost cel care a impus ulterior calculul pentru stabilirea necesarului de armare (Mainstone, 1975)[101].

Pe măsura trecerii timpului, profitabilitatea programelor de cercetare care înlocuiau rezolvarea punctuală a problemelor avea să le impună ca practică curentă. Acest mod de lucru a permis în timp eliminarea multor neajunsuri care au marcat proiectele de până atunci. Chiar cercetările efectuate pe clădiri executate și pe cazurile de colaps s-au dovedit utile: „eșecurile sunt indicatori ai nevoii de schimbare foarte valoroși” (Mainstone, 1975)[101]. Prin examinarea a ceea ce s-a întâmplat s-a ajuns la nivelul de înțelegere necesar pentru perfecționarea procedurilor și pentru luarea în calcul a cât mai multor factorilor relevanți - în timp problemele au devenit atât de complexe încât colaborarea între specialiști a ajuns să se impună de la sine.

Remarcăm în acest punct că o asemenea complexitate, coroborată cu o capacitate limitată de calcul, a avut pentru moment drept consecință limitarea drastică a inovației. Soluția în cazul acestui impas avea să fie dată de modelele fizice și de cele realizate pe calculator, care au oferit primele alternative calculului de mare complexitate. Dezvoltarea ulterioară a programelor computerizate, bazate pe metoda elementului finit, s-a dovedit esențială în evoluția variatelor forme structurale de mai târziu. Capacitatea și viteza de calcul a noilor computere, care oferă posibilități de modelare mult simplificată în raport cu modelele fizice, dar și posibilitatea de realizare fără dificultăți a modificărilor în cadrul modelului, le transformă în unelte extrem de valoroase chiar în faza conceptuală. Acestea reduc

... sarcina principală a utilizatorului la selectarea unor elemente potrivite și a unor rețele potrivite pentru a reprezenta structura reală ... și apoi atribuirea proprietăților potrivite pentru a reprezenta materialele ... (Mainstone, 1975)[101].

Reducerea realității complexe la un model teoretic implică și în acest domeniu o mare doză de creativitate. Observarea și extragerea acelor fenomene care se dovedesc a fi esențiale în determinarea comportamentului presupun intuiție (Barnes, 2000: 44)[9], aceeași intuiție care stă la baza soluțiilor ce urmează a fi verificate și care este profund marcată de experiența anterioară a individului. Putem spune fără să greșim că această transpunere a realității în simboluri abstracte care face posibilă analiza rațională reprezintă un act cultural prin excelență.

Privită simplist, teoria structurilor, datorită abordării științifice, oferă senzația că totul poate fi cuantificat, prevăzut, controlat. În realitate doar ceea ce există poate fi în totalitate apreciat, în lipsa precedentului neexistând repere. Soluțiile noi sunt în primul rând rod al intuiției, o intuiție cultivată prin experiență și cunoaștere profundă, acea cunoaștere interogativă care poate păstra vie creativitatea. Cunoașterea superficială, care oferă certitudini, devine inhibitorie. Acolo unde există certitudini creativitatea nu mai are loc, ea va lipsi cu desăvârșire pentru că nu mai este necesară.

Dacă în situațiile fericite teoria ne oferă posibilitatea de a evada din constrângerile precedentului, în situația în care ea devine scop în sine, există riscul ca raționamentul steril, bazat pe reducționism și raportare la normă, să înlocuiască realitatea. Simboluri numerice sau grafice autosuficiente ajung să fie comparate cu simboluri normative de aceeași factură. Este o situație foarte des întâlnită la cei care rezumă învățarea la teorie. Nereușind să se adapteze realității, aceștia evită o interogație profundă, rezumându-se la manipularea simbolurilor care de multe ori eludează adevărata problematică. Pentru a putea furniza soluții pertinente, proiectantul de structuri, ca și arhitectul, trebuie să înțeleagă structura ca pe o realitate, el nu se poate rezuma la reprezentarea simbolică a acesteia. Pentru că, așa cum remarcă Arthur Koestler, citat de Bryan Lawson în cartea sa *How Designers Think*,

Limbajul poate deveni un ecran între gânditor și realitate. Acesta este motivul pentru care, adevărata creație începe acolo unde se termină limbajul (Preluat din Lawson, 1980: 106)[90]

În ultimii ani, creșterea capacității de prelucrare a datelor a crescut substanțial complexitatea problemelor care pot fi soluționate la nivel teoretic, gradul de abstractizare a realității fiind mult diminuat. Dacă este folosită cu discernământ, recompunerea datelor în modele virtuale tridimensionale, în imagini sugestive care pot fi percepute intuitiv, poate deschide atât calea unei mai bune comunicări între specialiștii implicați în proiectare, cât și eficientizarea educației din domeniile ingineriei și arhitecturii.

Teoriile arhitecturii și structurii au avut, și au în continuare, un rol extrem de important în justificarea deciziilor, reprezentând, prin faptul că permit consumarea unei bune părți a dezbaterilor, și chiar a eșecurilor, la nivel intelectual, în afara mediului economic, un factor cheie în declanșarea ruperilor de ritm care au loc în domeniul construcțiilor. Indiferent că este vorba de arhitectură sau structură, evadarea din constrângerile trecutului a devenit posibilă tocmai datorită abordării teoretice, a intuiției creative ce putea fi urmată de analiza rațională.

Cu toate acestea, așa cum remarcam anterior cu privire la teoria structurilor, chiar dacă pare facilă, o abordare unilaterală, ținută poate avea loc doar în domeniul teoretic. Aici ne permite aprofundarea căutărilor și obținerea unor răspunsuri directe la probleme punctuale, sau reflecția intelectuală asupra unor realități virtuale, mai mult sau mai puțin utopice, care ar putea constitui baza unor dezvoltări ulterioare. Cum va arăta o construcție, care va fi forma, spațiul, cum se va raporta la mediul natural sau artificial existent, sunt întrebări a căror răspuns consistent este imposibil de obținut printr-o abordare unilaterală. Justețea soluțiilor adoptate nu poate fi stabilită decât în raport cu întregul complex de nevoi care impune edificarea. Idealul teoretic nu a reprezentat și nu reprezintă perfecțiunea, el se referă cel mult la idealul situației simplificate ce poate fi luată ca reper conceptual, un ideal care poate oferi cel mult termen de comparație, nicidecum un scop la care să aspiři.

Dat fiind faptul că dorința de a sistematiza și de a analiza rațional problemele ridicate de orice domeniu al activității umane impune o abstractizare, o reducere a complexului de probleme ridicate de situația reală la acele componente care sunt considerate esențiale pentru a face diferența între dezirabil și indezirabil, suficient de sintetice pentru a putea fi cuprinse de intelect, este foarte probabilă pierderea din vedere a realității. Dacă normele impuse prin teorie devin scop în sine, soluțiile care au în vedere doar respectarea lor rămân sterile. Faptul că preocupările arhitecturii se concentrează mai ales pe problemele estetice și funcționale ale clădirii nu reprezintă o catastrofă, faptul că uneori justificarea se mută complet în zona intelectuală, indiferent de scopul edificării, poate deveni problematic. Atunci când în realitate raportarea la idealuri, la simboluri, la cuvântul scris, interpretat sau nu, devine mai importantă decât construcția, adevăratul scop al acesteia rămâne greu de împlinit. Dacă avem în vedere structura de rezistență a construcției, este bine să remarcăm că nici eficiența structurală nu poate reprezenta un scop în sine. Faptul că cea mai eficientă cale de a descărca eforturile este linia dreaptă, este o realitate care contravine însăși ideii de spațiu. Ori tocmai spațiul este cel care impune clădirea, care necesită protecție, acea protecție pe care structura portantă o va susține. Astfel, preluarea structurilor metalice într-o construcție, gradul de utilizare a potențialului acestora, gradul de expunere la nivel

de ansamblu sau de detaliu, de preluare a formelor structurale, rămân decizii determinate în mare măsură de factori social-culturali și tehnico-economici ce ajung să se reflecte la rândul lor în teoriile arhitecturii și structurii corespunzătoare momentului.

Preocupările legate de sensul vieții și de formularea unor noi idealuri, analiza ființei umane în raport cu ceea ce o împlinește, preocupările legate de grup, analiza elementelor pozitive sau negative care influențează sentimentele, atitudinile și comportamentul, sunt componente tot mai des implicate în stabilirea nevoilor complexe asociate omului. Mediul construit se naște din aceste nevoi. Nu întâmplător teoria arhitecturii din ultimele decenii invocă argumente din zona antropologiei, filozofiei, psihologiei sau sociologiei. Indiferent de pragmatismul sau poetica scopului, rezultatul edificării exercită o influență asupra ființei umane atât la nivel de individ cât și la nivel de grup. Acest fapt trebuie luat în considerare indiferent de relația directă sau indirectă pe care ființa umană o are cu diferitele componente ale mediului construit. Mediul natural la care se raportează ceea ce construim devine cel puțin la fel de important, având în vedere că orice influență negativă poate avea impact pe termen lung asupra însăși existenței ființei umane.

4.5 Modelul constrângerilor propus de Lawson

Modelul constrângerilor propus de Lawson (1980: 106)[90] sintetizează atât complexitatea (McCleary, 2005-2: 215-224; Moe, 2008: 6-7)[107][114] problemelor la care trebuie să răspundă proiectarea în general, cât și dependența lor de factorul uman:

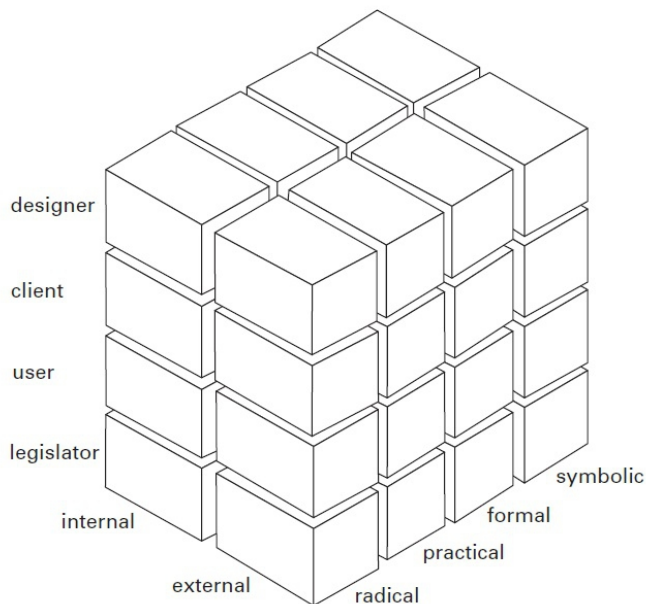


fig.4.5 Un model al constrângerilor în procesul de proiectare(Lawson, 1980: 106)[90]

Mai mult decât atât, întreaga teorie dezvoltată de Lawson în lucrarea *How Designer's Think*, apărută în cea de a patra ediție în 2005, insistă pe imposibilitatea definirii clare, de la bun început, a nevoilor, constrângerilor și problemelor pe care acestea le generează, pe interdependența inevitabilă dintre problemă și soluție în procesul de proiectare, pe importanța definirii unor soluții preliminare pentru ca întregul complex de probleme să poată fi relevat. Momentul în care ar apărea eventuale *tipare funcționale* care să impună limitele formelor structurale se consideră a fi dependent în totalitate de proiectant, de personalitatea lui, de sistemul de valori personal al acestuia (Lawson, 1980: 159-180)[90].

4.6 Concluzii

O arhitectură cu structură metalică a devenit posibilă doar atunci când societatea și cei desemnați să ia decizii în numele ei au fost dispuși să accepte o astfel de arhitectură. Ea a putut să apară doar pe măsură ce în domeniul arhitecturii a ajuns să fie cunoscut și intuit potențialul noilor structuri metalice de a satisface nevoi imposibil de satisfăcut cu materialele clasice, pe măsură ce astfel de nevoi, dată fiind dezvoltarea, schimbarea societății, a sistemului de valori asociat ei, s-au arătat tot mai stringente, pe măsură ce arhitecții au ajuns să fie interesați de valorificarea aceluși potențial. La baza interesului, a cunoașterii, a stat dezvoltarea potențialului structurilor metalice în cadrul clădirilor industriale și comerciale. Pentru ca o arhitectură cu structură metalică, care să caute punerea în valoare a potențialului acesteia, să poată apărea, a fost necesară îndeplinirea câtorva condiții:

- *reșezarea sistemului de valori al societății* - mediată de dezbaterile teoretice din domeniul arhitecturii;
- *dobândirea capacității de anticipare a comportamentului* - facilitată de teoria structurilor.

Odată îndeplinite aceste condiții, cei implicați în luarea deciziilor privind arhitectura au trebuit să hotărască, intuitiv, pe baza experienței și cunoașterii, forma în care utilizează structura [291]. Scopul arhitecturii rămânea același, satisfacerea nevoilor ființei umane în toată complexitatea lor. În condițiile unui cost relativ ridicat al structurilor metalice, pentru a menține soluțiile în limite fezabile, interesul decidenților trebuia să se îndrepte deopotrivă asupra satisfacerii nevoilor complexe ale ființei umane și a valorificării la maxim a potențialului structurilor metalice. Putem deduce de aici că arhitectura modernă cu structură metalică nu este altceva decât expresia felului în care decidenții desemnați de o societate aflată în schimbare profundă, au hotărât că ar trebui să arate arhitectura cu structură metalică, astfel încât să pună în valoare potențialul structurilor metalice în beneficiul satisfacerii nevoilor complexe asociate ființei umane.

Ipoteza noastră de lucru se confirmă și aici: deși, așa cum rezultă din capitolul (3.), cea mai mare parte a schimbărilor de expresie din arhitectura cu structură metalică nu se puteau realiza fără utilizarea structurilor metalice, acestea nu sunt consecințe directe, inevitabile, condiționate de utilizarea structurilor metalice în arhitectură. Reformulată și completată în urma ultimelor rezultate, ipoteza de lucru va deveni:

Arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice este expresia formei în care responsabilii cu luarea deciziilor au intuit că poate fi valorificat cel mai bine potențialul structurilor metalice de a soluționa problemele ridicate de adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

5. IMPACTUL STRUCTURILOR METALICE ÎN ARHITECTURĂ

Prin prisma ipotezei de lucru formulate la finalul capitolului anterior, pe baza rezultatelor obținute din studiile prezentate în primele patru capitole, acest capitol definește impactul structurilor metalice în arhitectură, examinează felul în care a avut loc acest impact și prezintă un model al procesului prin care impactul a ajuns să producă efecte în arhitectură.

5.1 Repoziționarea arhitecturii față de structura portantă

Așa cum se arată în capitolul 2., metalul a fost utilizat ca material structural din cele mai vechi timpuri. Până în secolele XVIII-XIX însă, această utilizare se rezuma la un rol auxiliar, nesemnificativ în determinarea formei construcțiilor. Participarea sa ca element portant putea fi intuită cel mult în schimbările de proporție și depășirea limitelor obișnuite de gabarit. Schimbări notabile aveau să vină odată cu industrializarea proceselor de producție și implicit disponibilitatea unor cantități mari de materiale feroase pe piața materialelor de construcție.

Sfârșitul de secol XVIII este cel ce marchează apariția primelor construcții care, mizând pe componente structurale independente și chiar sisteme structurale de ansamblu din fontă și fier forjat, materializează realități spațiale și formale inedite (Hitchcock, 1958)[70]. Asemenea spații și forme, apar mai degrabă ca o consecință a soluționării pragmatice a problemelor utilitare ridicate de construcțiile industriale și comerciale (Mignot, 1983)[111]. Proiectarea lor, având la bază intuiția și experimentul (Mainstone, 1975)[101], cădea de cele mai multe ori în sarcina inginerului, a specialistului, a celui care controla mijloacele și rațiunile noului sistem constructiv. Stilurile istorice, care marcau arhitectura vremii, au continuat în covârșitoare majoritate regulile limbajului (Summerson, 1963)[152] formal consacrat de construcțiile de zidărie, arhitecții nefiind interesați de punerea în valoare a noului material. Exemplele remarcabile de preluare și expunere a structurii metalice în arhitectură rămân foarte rare. Sinteză excepțională între gândirea rațională și cea senzorială, asemenea exemple sunt axate pe intuirea, înțelegerea și dorința de valorificare, deopotrivă, a potențialului structural și expresiv al metalului. Rod al creației unor personalități cu preocupări pluridisciplinare, ele pot fi atribuite aceluiași tip de abordare pragmatică, dezinhibată, caracteristică construcțiilor utilitare. Deși meritul de a fi creat un precedent este incontestabil, aceste exemple reprezentau încă excepții nesemnificative cantitativ. Astfel, la mijlocul secolului XIX putem vorbi cel mult de o existență și o dezvoltare a structurilor metalice în paralel cu arhitectura. Gesturi relevante de acordare a unui rol în definirea stilistică aveau să se facă observate câteva decenii mai târziu.

Pe măsura consolidării în cadrul construcțiilor utilitare a sistemelor constructive cu schelet structural metalic, arhitectura se repoziționează față de acestea. Primele încercări consistente de a stabili soluții expresive care să permită o punere în valoare a noului material apar deja la sfârșitul secolului XIX. Ele au loc în

zona construcțiilor comerciale, unde dincolo de cerințele utilitare nevoia de reprezentare joacă un rol de o tot mai mare importanță - Școala Chicago. Dat fiind primatul structurii portante în realizarea noii tipologii constructive, zgârie nor, ce caracterizează Școala Chicago, scheletul metalic conceput de ingineri primește rolul ordonator (Condit, 1952)[31]. Atenția arhitecților se va concentra asupra punerii în valoare a acestuia, respectiv asupra tratamentului de suprafață a elementelor de închidere. Clădirile de excepție ale școlii Chicago pot fi considerate rezultatul unei reușite colaborări între ingineri și arhitecți. Nu întâmplător firmele de succes ale școlii Chicago sunt în majoritate asociații între ingineri și arhitecți. În Europa, încercarea de a da stil structurii metalice s-a materializat într-un limbaj ornamental adaptat noului material. Acest limbaj ornamental, caracteristic curentului Art-Nouveau, avea în vedere calitățile de maleabilitate și ductilitate ale metalului și caracterul liniar al componentelor sistemului structural scheletal. Construcția de zidărie se conturează de cele mai multe ori în jurul unor soluții structurale scheletale ce permit o mare libertate spațiului și formei (Giedion, 1941)[57].

Asemenea mișcări de re poziționare aveau să primească consistență începând cu secolul XX, odată cu nașterea propriu-zisă a arhitecturii moderne (Banham, 1960; Frampton, 1980; Curtis, 1982)[8][48][35]. Exploatând sistemul structural scheletal, realizat de cele mai multe ori din beton armat, dar mizând încă pe principiile scheletului metalic, arhitectura modernă pare să descopere adevăratul potențial al structurilor metalice în libertatea oferită elementelor de definiție spațială. Punerea în valoare a acestui potențial avea să se facă printr-o concentrare a energiilor creative asupra formei anvelopei și compartimentărilor, asupra raportării acestora la scheletul structural, și nu în ultimul rând asupra formei detaliilor structurale și constructive acolo unde ele urmau să fie expuse.

Începând cu a doua jumătate a secolului XX, arhitectura modernă și contemporană profită la maxim de tot ce înseamnă evoluție la nivelul științei și tehnologiei, spulberând practic limitele imaginabile ale limbajului spațial-formal (Jencks, 2002; Puglisi, 2008)[75][128]. Indiferent că vorbim de domeniul proiectării, producției industriale sau execuției, soluțiile arhitecturale adoptate, unele aparent împotriva oricărei rațiuni, oferă noi și noi provocări, contribuind din plin la susținerea și motivarea continuării evoluției.

5.2 Impactul structurilor metalice în arhitectura modernă

Așa cum relevă rezultatele studiilor privind rolul teoriei din domeniile arhitecturii și structurii, prezentate pe larg în capitolul anterior, putem spune că schimbările din arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice au fost, în primul rând, consecința interesului celor responsabili cu luarea deciziilor din domeniul arhitecturii de a găsi acele soluții mai bune de adaptare a mediului la nevoile complexe ale ființei umane, ce se întrevădeau a deveni posibile prin punerea în valoare a noilor resurse disponibile.

În ce măsură se poate vorbi atunci de un impact al structurilor metalice în arhitectură ?

Prezentarea sintetică a rezultatelor de până acum, făcută în subcapitolul anterior, atrăgea atenția asupra unei schimbări radicale a poziției arhitecturii față de structura portantă apărută pe măsura consolidării sistemelor constructive cu schelet structural metalic. Până la preluarea structurilor metalice, forma structurală și forma arhitecturală se confundau într-o măsură semnificativă. Creația arhitecturală

se manifesta cu precădere la nivelul suprafeței componentelor structurale, punând accent pe expresivitatea obținută prin tratarea decorativă a acestora. Pe măsura extinderii utilizării structurilor metalice, a adoptării sistemului structural scheletal, se poate observa mutarea graduală a interesului creației arhitecturale asupra elementelor de anvelopare și compartimentare care își dobândeau treptat independența. Ca o încununare a acestui parcurs, creația în arhitectura modernă, profitând din plin de independența acestor elemente cu rol esențial în definiția spațial-formală, se manifestă în modelarea profundă a formei și spațiului. Soluția raportării elementelor de definiție spațială la sistemul structural scheletal, devine subiect al creației în sine.

Poate fi considerată această schimbare fundamentală din arhitectură o consecință a impactului structurilor metalice ?

Concluziile examinării mai în detaliu a structurilor metalice (vezi 3.) evidențiază clar unele caracteristici ce pot fi considerate definitorii pentru structurile metalice. Forma reticulată, eficiența structurală, capacitatea de a rezista celor mai diverse încărcări (întindere, compresiune, încovoire și forță tăietoare) atât la nivel de element cât și de îmbinare (Blanc, 1993; Eggen, 1995; Schulitz, 1999)[14][38] [141] sunt toate derivate în primul rând din natura materialului. Exploatarea acestor caracteristici face posibile construcții inedite, de o remarcabilă transparentă, ce pot prelua în egală măsură deschideri și înălțimi colosale sau forme anterior de neimaginat. Dacă proprietățile superioare de rezistență la compresiune, la întindere și, implicit, la încovoire, maleabilitatea sau incombustibilitatea, sunt cele care au impus fonta, fierul forjat și, mai apoi, oțelul în foarte multe cazuri ca unică soluție posibilă, tot ele au determinat forme structurale globale și de detaliu specifice. Preluarea deliberată, mai mult sau mai puțin alterată, a acestor forme a dus la construcții ce relevă realități spațial-formale extrem de diferite de cele prezente în construcțiile realizate cu materiale clasice.

Pot fi considerate aceste forme consecințe ale impactului structurilor metalice în arhitectură ? În ce măsură ?

Așa cum evidențiază capitolul (4.), dincolo de componenta portantă, deciziile din domeniul construcțiilor au fost, și sunt în continuare, influențate de un complex de factori între care cei social-culturali au o pondere foarte însemnată. În definitiv, influențați sau nu de factori tehnico-economici, ei sunt cei care impun edificarea. Soluțiile oferite trebuie astfel să țină seama, dincolo de satisfacerea nevoilor inerente, de toate consecințele pe care noul edificiu le poate avea asupra celor afectați: individ, societate, mediu construit, mediu natural. Astfel, deciziile din domeniul formei și spațiului trebuie argumentate în primul rând în raport cu sistemele de valori acceptate de societatea căreia i se adresează. Aici intervine probabil cel mai important rol al teoriei din domeniul arhitecturii, cel de mediator între sistemele de valori și soluțiile formal-spațiale oferite. Nu mai puțin importante sunt mijloacele avute la dispoziție, decisive pentru ca edificiul considerat necesar să devină realitate. Rolul teoriei structurilor în aceste condiții, este acela de a asigura deopotrivă fezabilitatea economică, cea latura fezabilității care depinde de factorul economic, de forța economică a societății în cauză, la care inevitabil trebuie să se raporteze și fezabilitatea constructivă a edificiului (Kurrer, 2008)[88]. Dar cel mai important rămâne acel rol al teoriei structurilor de a asigura societatea de viabilitatea soluțiilor structurale propuse.

Tocmai diversitatea problematicii ce se are în vedere atunci când se iau decizii privind forma unei construcții explică gradul ridicat în care este alterată de cele mai multe ori acea formă structurală care ar putea fi considerată ideală de

știința ingineriei structurale. Dacă la construcții a căror dimensiune și utilizare depind esențial de componenta structurală, există șanse mari ca forma rezultată din optimizarea structurii să primească un rol de referință în definirea formei arhitecturale, pe măsură ce dependența de forma structurală scade, fie datorită dimensiunii și utilizării construcției, fie datorită evoluției tehnico-științifice, în căutarea soluțiilor care răspund optim nevoilor ființei umane, raportarea la soluții structurale predefinite, ce pot limita gândirea conceptuală, ajunge uneori să fie evitată intenționat. În aceste din urmă cazuri, componenta social-culturală devine mediator esențial al impactului structurii în arhitectură.

Accentuând rolul factorilor culturali, exemplele oferite de arhitectura modernă și contemporană scot în evidență forța pe care determinanții veniți din afara sferei economico-utilitare o au în modelarea imaginii clădirilor și, implicit, în constrângerea formei structurale. Realitate pe care o putem observa în cadrul celor mai diverse abordări, de la monumentalizarea clipei de glorie a semifabricatelor obținute la scară industrială prin laminare, caracteristică lui Mies van der Rohe, la detașarea intenționată de orice determinări structurale specifică lui Frank Gehry, sau arhitecturii free-form. Diversitatea acestor exemple certifică uriașa libertate spațial-formală devenită posibilă în arhitectură pe măsura punerii în valoare a potențialului structurilor metalice. Ceea ce leagă aceste exemple, ceea ce reprezintă numitorul comun, este tocmai acea dependență de caracteristicile specifice prin excelență structurilor metalice.

Schimbările din arhitectură au fost și sunt rezultatul unui complex de factori a căror importanță este dificil de apreciat cantitativ. Dar dincolo de orice evaluări cantitative, importanța deosebită a structurii metalice în declanșarea schimbărilor ar fi greu de contestat. Așa cum a arătat studiul nostru, potențialul, atât pozitiv cât și negativ, relevant de construcțiile utilitare a reprezentat unul din factorii decisivi în subminarea 'confortului' oferit arhitecturii de un sistem constructiv cu tradiție milenară, ce ajunsese să fie nu doar intuit, ci chiar previzibil ca și comportament structural prin intermediul legilor lui Newton. Pe de altă parte, importanța deosebită a structurii portante în cadrul acelor factori care pot determina schimbări este dată de statutul ei de principal mijloc al edificării. Iar preluarea structurii metalice în arhitectură nu a însemnat altceva decât însăși schimbarea esențială a acestui principal mijloc al edificării. De aici se trag, atât forța de a declanșa și produce schimbări semnificative, cât și aceea de a inspira creația spațial-formală.

Între clădirile importante care utilizează structuri metalice, mai ales cele care lasă să se intuiască această utilizare, numărul celor în care creația arhitecturală mizează pe forme, alterate sau nu, rezultate din valorificarea proprietăților structurale ale metalului este preponderent. De aici apare acea primă și puternică tentație de a asocia, sau chiar echivala, arhitectura modernă cu structură metalică cu imaginea utilitară a structurilor industriale. Privind dincolo de această aparență, prezenta lucrare evidențiază o altă realitate, fundamental diferită: arhitectura modernă cu structură metalică nu înseamnă imagini predefinite, înseamnă libertate, impactul structurilor metalice, cel care a marcat fundamental și deopotrivă atât arhitectura modernă cât și cea contemporană, nu trebuie căutat în imagini caracteristice structurilor metalice, în constrângeri sau determinări formale impuse de acestea, ci tocmai în libertatea oferită arhitecturii. Studiul nostru arată clar că odată cu depășirea etapelor de preluare utilitară sau negare a structurilor metalice în arhitectură, specifice perioadei de mijloc a secolului XIX, gesturile de ascundere, exprimare și chiar ignorare a acestora s-au transformat în gesturi deliberate. Acolo unde structura metalică este prezentă, schemele conceptuale și căutările de limbaj

presupun, alături de punerea în valoare a spațiilor și formelor devenite posibile tocmai datorită utilizării structurilor metalice, conștientizarea și exploatarea deliberată a acelei uriașe libertăți oferite, inițial de sistemul structural scheletal și mai apoi de formele devenite posibile, pe măsura evoluției științei și tehnologiei, prin exploatarea la limită a proprietăților metalului. Această libertate față de vechile constrângeri structurale, consecință indiscutabilă a sistemului structural scheletal dezvoltat în relație cu structurile metalice, reprezintă schimbarea esențială, însăși baza conceptuală a noii arhitecturi. Astfel, structura metalică nu determină și nu constrânge, ea oferă opțiuni, ea a fost și continuă să fie un perpetuu catalizator al inovației, al tot ceea ce înseamnă dezvoltare dezinhibată în domeniul spațial-formal.

Chiar dacă, așa cum am argumentat anterior, acele schimbări apărute în arhitectura care utilizează structuri sau componente structurale metalice nu au fost consecința inevitabilă a respectării unor constrângeri insurmontabile impuse de utilizarea structurilor metalice, ele ar fi fost, așa cum evidențiază capitolul (3.), imposibil de realizat cu materiale clasice. Această evidență a unui impact al structurilor metalice în arhitectură este absolut incontestabilă. Dificultatea definirii lui indubitabile constă în faptul că acest impact nu a fost unul direct, ci unul mediat. O mediere făcută de cei pe care i-am numit anterior, generic, responsabili cu luarea deciziilor în domeniul arhitecturii și dependentă în totalitate de capacitatea, abilitatea, am putea spune arta lor, de a intui potențialul încă neexploatat al structurilor metalice.

Dar cine sunt, mai exact, mediatorii în cazul arhitecturii cu structuri metalice?

Am arătat că pentru a fi preluat în arhitectură, potențialul spațial-formal dezvăluit de structurile metalice utilizate în cadrul clădirilor industriale și comerciale a trebuit să trezească interesul arhitecților. Interesul arhitecților de a căuta soluții mai bune de adaptare a mediului la acel complex de nevoi asociat ființei umane care stă, cel puțin de la renaștere încoace, la baza creației de arhitectură. Astfel, unul dintre mediatorii se dovedește a fi, inevitabil, arhitectul. Dar valorificarea acestui potențial impunea, așa cum ne-o relevă atât capitolul 3. privind caracteristicile structurilor metalice, cât și studiul rolului teoriei structurilor, o bună cunoaștere și înțelegere a structurilor metalice. O cunoaștere și înțelegere care să permită cel puțin menținerea soluțiilor structurale în limite economice fezabile, dat fiind costul relativ ridicat al materialului. Apare aici celălalt mediator extrem de important, cel care putea controla suficient de bine această cunoaștere, inginerul. Astfel, pentru a putea gestiona întregul complex de probleme ridicate de dorința de a valorifica potențialul structurilor metalice în beneficiul ființei umane, a devenit imperativă o relație de colaborare între arhitecți și ingineri. Chiar dacă nu se regăsește direct în expresia arhitecturală, această impunere a proiectării colaborative în arhitectură este primul și poate cel mai important impact al structurilor metalice în arhitectură.

Felul în care funcționează relația de colaborare devine și ea determinantă în medierea impactului. Avem astfel un al treilea mediator, la fel de important, relația dintre arhitect și inginer. Am enumerat aici doar mediatorii din domeniul proiectării, pornind de la ideea că inginerul și arhitectul sunt decidenți ultiți, reprezentanți desemnați de indivizi și societate să le reprezinte interesele. Deciziile acestor mediatorii, așa cum este evidențiat în modelul lui Lawson prezentat în capitolul anterior, pot fi influențate la rândul lor fundamental de sistemul de valori al societății, care stă la baza tuturor constrângerilor venite din partea celor pe care Lawson îi denumește generic 'generatori de constrângeri', întruchipați, pe lângă proiectanți, de client, utilizator și legiuitor (Lawson, 1980: 83-111)[90]. Dar, luând

în considerare rezultatele studiului privind rolul teoriilor din domeniul structurii și arhitecturii, am considerat aici că prin intermediul lor, cei desemnați să ia decizii, au posibilitatea medierii între constrângerile impuse de sistemul de valori și soluțiile posibile prin exploatarea resurselor disponibile.

S-a evidențiat deja că interesul arhitecților pentru punerea în valoare a aceluși potențial spațial-formal dezvoltat de exploatarea structurilor metalice în construcțiile utilitare a contribuit major la punerea sub semnul întrebării a limbajului formal consacrat în arhitectură. De aici se deduce un al doilea impact uriaș al structurilor metalice, la fel de lipsit de consecințe directe, ușor generalizabile în expresia arhitecturală, ca și cel enunțat anterior: scoaterea arhitecturii de pe orbita dogmatică a istorismului.

Cele două consecințe definite până în acest moment, au avut roluri esențiale în creșterea treptată a capacității arhitecturii de a valorifica uriașul potențial de dezvoltare al structurilor metalice, putând fi considerate din această perspectivă cele mai importante efecte ale impactului structurilor metalice în arhitectură.

S-a mai arătat anterior că, odată cu dezvoltarea științei și tehnologiei, care a dus la o adevărată explozie a formelor structurale posibil de realizat din componente structurale metalice, s-a ajuns la o creștere fără precedent a libertății arhitecturii față de constrângerile structurale. Acest fapt permite definirea celui de-al treilea impact major al structurii metalice: eliberarea arhitecturii de constrângeri structurale.

Dacă avem în vedere o exprimare punctuală a rezultatelor de până acum putem afirma că *impactul structurilor metalice* a avut trei consecințe majore în arhitectură:

1 - *scoaterea arhitecturii de pe orbita dogmatică* a istorismului și declanșarea mecanismului modernizării

2 - *proiectarea colaborativă a arhitecturii*

3 - *eliberarea arhitecturii de constrângeri structurale*, care a determinat re poziționarea treptată a arhitecturii față de structura portantă.

Cele trei consecințe majore au determinat consecințe formale în arhitectură, ce pot fi definite astfel:

A - *tipare spațiale noi* derivate din utilizarea sistemului structural scheletal - planul liber, în jurul căruia s-a conturat inițial arhitectura modernistă, reprezintă o preluare, mai mult sau mai puțin alterată, a spațiilor funcționale impuse și dezvoltate de construcțiile industriale și comerciale realizate pe structură metalică în secolul XIX;

B - *limbaje formale ce au la bază forme structurale adaptate metalului* derivate din formele globale și de detaliu ce pot fi considerate specifice structurilor metalice - *parte din arhitectura modernistă, dar mai ales arhitectura high-tech*, au la bază recunoașterea potențialului estetic al structurilor utilitare, al formelor structurale dezvoltate prin intermediul științelor ingineresti începând cu secolul XIX, și mizează pe preluarea și punerea în valoare a acestora;

C - *forme și spații amorfe* derivate atât din libertatea oferită de sistemul structural scheletal cât și din exploatarea la limită a proprietăților metalului - tot mai prezentă în *arhitectura contemporană*, 'forma liberă' este încurajată de calitățile extraordinare ale oțelului și ale sistemelor structurale continue obținute prin îmbinarea sudată a componentelor metalice, de capacitatea noii industrii de a modela cele mai diverse forme, dar și de capacitatea de a anticipa comportarea unor asemenea forme la solicitări devenită posibilă odată cu dezvoltarea explozivă a sistemelor de calcul computerizat.

5.3 Preluarea și punerea în valoare a potențialului structurilor metalice

Deși vorbim aici de un impact al structurilor metalice, așa cum se arată în capitolele dedicate analizei utilizării metalului ca element structural în arhitectură (vezi 2.) și factorilor care influențează deciziile în arhitectură (4.), apariția structurilor metalice nu a avut drept consecință schimbări imediate la nivelul arhitecturii. În miezul tăvălugului inovator declanșat de revoluția industrială, uriașa inerție caracteristică dogmatismului estetic al timpului, manifestată mai ales în construcțiile reprezentative, avea să împiedice preluarea creativă a structurilor metalice în clădirile de prestigiu timp de peste jumătate de secol. Au fost necesari zeci de ani de experiență în domeniul utilitar, tratate de arhitectură care să pună în discuție însăși fundamentul teoretic, schimbări sociale importante și chiar o anumită detașare de centrele academice pentru ca o schimbare de atitudine în raport cu structurile metalice să devină posibilă. Preluarea creativă, ce stă la baza utilizării dezinvolve a structurilor metalice în arhitectura modernă și contemporană, este rezultatul unui proces, început cu mai mult de 200 de ani în urmă, marcat în egală măsură de factori social-culturali și tehnico-economici (vezi 4.).

Declanșat ca urmare a disponibilității materialelor feroase furnizate în cantități tot mai însemnate de noua industrie siderurgică, a căror calitate au inspirat preluarea în componente structurale și chiar structuri metalice autonome, acest proces a avut ca punct de pornire o utilizare imitativă în care metalul înlocuia pur și simplu lemnul sau piatra (Mainstone, 1975; Dooley, 2004)[101][37]. Construcțiile realizate astfel au scos în evidență atât potențialul materialului cât și problemele acestui tip de abordare, probleme ce derivau tocmai din tratarea imitativă, simplistă, care nu ținea seama de toți factorii relevanți.

Eșecurile din domeniul structurilor portante, cauzate în principal de slaba înțelegere a rezistenței materialelor și a comportării acestora la solicitări, au stat la baza dezvoltării ingineriei structurale (Mainstone, 1975)[101]. Intuiția potențialului neexploatat al noilor materiale motiva din plin căutările. Dorința de a reduce numărul eșecurilor, fără a încetini ritmul progresului, a dus la apariția și consolidarea Teoriei Structurilor (Mainstone, 1975; Addis, 2007; Kurrer, 2008)[101][4][88].

Dacă în domeniul structurilor portante eșecurile au dus la progres, în domeniul arhitecturii, un domeniu deja așezat, cu sisteme de valori și limbaje normative consolidate, eșecurile au dus în primă fază la un refuz vehement, materializat atât în scrieri critice cât și în respingerea utilizării structurilor metalice în clădiri de prestigiu (Kruft, 1985; Evers, 2003)[87][40]. Acest refuz poate fi pus pe seama desconsiderării factorilor din zona social culturală de către covârșitoarea majoritate a celor care pot fi numiți pionierii construcțiilor din fontă. Avem aici în vedere în primul rând ignorarea limbajului normativ și implicit a sistemelor de valori pe care le reprezintă, dar și folosirea acelor mijloace de producție ce erau considerate, prin prisma sistemelor de valori consacrate, a avea consecințe inacceptabile asupra ființei umane și a societății. Așa cum semnalăm deja în subcapitolul anterior, această atitudine a împiedicat pentru mai multe decenii un raport constructiv între arhitectură și structură.

Impulsionată de nevoi imediate venite din zona industrială și comercială, puțin preocupată de vechile sisteme de valori, în afara clădirilor de prestigiu, ingineria structurală progresează continuu, își stabilește norme de referință, crescând în permanență potențialul structurilor metalice atât la nivel utilitar cât și expresiv. Odată cu înțelegerea mai profundă a tipurilor de solicitări, a comportamentului

materialului feros la aceste solicitări, progresul înregistrat la nivel de formă structurală care exploatează conștient proprietățile materialului a fost urmat îndeaproape de progrese importante la nivelul tehnologiei de producție și prelucrare a materialului feros, industria siderurgică căutând să se adapteze, să rezolve cât mai bine cerințele structurale. Pe măsura creșterii potențialului, a extinderii industriei și comerțului, dar mai ales a creșterii numărului construcțiilor aferente scăpate de sub control estetic, arhitectura, prin câțiva reprezentanți ai săi, care au dovedit deschidere atât față de actualitatea social-culturală cât și față de noile mijloace de punere în operă, devenea conștientă de faptul că noua realitate, dezvoltarea haotică asociată ei, era iminentă, implacabilă și că, dacă arhitectura dorește să devină utilă, să joace un rol, să se implice în adaptarea acestei realități la nevoile ființei umane, trebuia să o accepte. Doar acceptarea realității, a nevoilor impuse de această realitate, avea să permită conștientizarea incapacității vechilor sisteme constructive de a oferi soluții, sau potențialul celor bazate pe structuri metalice de a face. Pentru a prelua creativ potențialul structurilor metalice, pentru a le putea adapta nevoilor ființei umane, având în vedere contradicțiile evidente între ceea ce rezulta din utilizarea pragmatică a sistemului constructiv și sistemele de valori acceptate, era necesară o reevaluare a acestora din urmă și implicit a limbajelor normative consacrate. Această reevaluare s-a consumat în ani lungi de dezbateri și justificări în care s-a pus la îndoială, pe lângă fundamentele doctrinare, însăși ideea construcției la nivel de concept (Kruft, 1985; Evers, 2003)[87][40]. Puținele exemple realizate și reflecțiile teoretice din perioada respectivă, sunt cele care au constituit baza noilor abordări. Cunoașterea și interpretarea creativă a acestor informații disparate, a căror recompunere era posibilă datorită informației difuzate prin text și imagine tipărită, a fost esențială pentru a deschide calea preluării creative de mai târziu.

Primele căutări de o relevanță consistentă, care aveau să consacre sistemul structural scheletal și să evidențieze posibila independență a elementelor de definiție spațială față de sistemul structural portant, cele ale școlii Chicago, luau în calcul, prin reprezentanții din ambele domenii, deopotrivă evoluțiile din inginerie și arhitectură. Motivația colaborării era dată atât de necesitatea soluționării unor cerințe utilitare inedite, care aveau să impună o nouă tipologie constructivă, cât și de conștientizarea importanței adaptării mediului construit la nevoile ființei umane (Condit, 1952)[31].

Direcția alternativă de căutare, materializată în stilul Art-Nouveau, în care influența teoriilor și a realizărilor din domeniul construcțiilor industriale din perioada anterioară, sunt de asemenea evidente (Giedion, 1941)[57], va fi motivată tocmai de dorința de exploatare a potențialului expresiv al structurii metalice, care primește aici valoare simbolică.

Prin adoptarea sistemului constructiv scheletal, arhitectura modernă, punctul culminant al acestui proces, avea să consacre libertatea elementelor de definiție spațială față de structura portantă, relevată de zgârie norii Școlii Chicago.

De la imaginile funcționale ale primelor structuri industriale, la formele libere din arhitectura contemporană, toate au devenit posibile datorită libertății de a alege oferită de structurile metalice. Dar, așa cum am accentuat deja, ele nu au fost nicidecum consecințe directe sau inevitabile ale utilizării structurilor metalice în arhitectură. Ele au fost toate expresii ale formei în care responsabilii cu luarea deciziilor au intuit cea mai bună cale de a valorifica potențialul structurilor metalice în beneficiul ființei umane.

Scoaterea arhitecturii de pe orbita dogmatică a istorismului și proiectarea colaborativă a arhitecturii, cele două consecințe majore ale impactului structurilor metalice în arhitectură, au fost ambele esențiale pentru ca noua arhitectură, modernă, să apară. Dar dincolo de acest prim impact, capacitatea arhitecturii de a valorifica uriașul potențial de dezvoltare a structurilor metalice a fost obținută doar în urma unui lung și chinuitor proces de preluare și punere în valoare, în cadrul căruia dezvoltarea, cunoașterea, intuiția și creația au fost deopotrivă importante.

Pe scurt, având în vedere distincția existentă în raporturile dintre structura metalică și arhitectură, se poate vorbi de cel puțin patru etape ale procesului de preluare și punere în valoare:

etapa I, de dezvoltare a potențialului structurilor metalice, ce a avut loc în afara domeniului arhitecturii, în cadrul construcțiilor ingineresti. Această utilizare a structurilor metalice în afara domeniului arhitecturii, dată fiind complexitatea relativ redusă a problemelor ce se cer a fi soluționate, a oferit mediul propice dezvoltării potențialului structural al metalului, permițând proiectanților să se concentreze pe problemele ridicate de nevoile structurale și tehnologice.

etapa a II-a, utilitară, în care, în paralel cu dezvoltarea construcțiilor ingineresti, structuri sau componente structurale metalice sunt preluate (înglobate, mai mult sau mai puțin expus) din motive utilitare și în clădirile reprezentative. Este etapa în care se înregistrează și primele exemple de adaptare stilistică a structurii metalice. Este vorba de o etapă care a permis creșterea nivelului de cunoaștere și înțelegere a potențialului structurilor metalice, mai ales din perspectiva satisfacerii nevoilor complexe pe care le ridică arhitectura. Pentru a gestiona problematica ridicată de utilizarea structurilor metalice în arhitectură, devine necesară consultarea specialiștilor din domeniu și chiar colaborarea.

etapa a III-a, de căutare, corespunzătoare Școlii Chicago și Art Noveau, în care se încearcă o abordare a arhitecturii în raport cu noile realități spațiale și formale preluate din construcțiile ingineresti cu structură metalică. Apare deja un număr semnificativ de construcții care dezvoltă felul în care arhitecții au ajuns să intuiască punerea în valoare a potențialului structurilor metalice în vederea satisfacerii, nu doar a nevoilor utilitare, ci a întregului complex de nevoi ale ființei umane. La structuri mai complexe, colaborarea devine obligatorie.

etapa a IV-a, creativă, începută odată cu modernismul, în care arhitectura profită din plin de libertatea oferită de sistemul structural scheletal consacrat de structurile metalice. Indiferent de momentul și nivelul implicării diverselor specializări, în proporție covârșitoare, arhitectura este de acum rodul colaborării.

Dacă ar fi să sintetizăm sarcinile asumate de inginerie și arhitectură în cadrul procesului de preluare și punere în valoare a structurilor metalice, putem spune că:

– rolul inginerului, ca reprezentant al zonei tehnico-economice, a fost acela de a exploata la maxim și a pune la dispoziție potențialul noului material, de a găsi forme structurale adaptate și mijloace de anticipare a comportamentului acestora, de a stabili normele de referință absolut necesare celor care decid să exploateze acest potențial;

– rolul arhitectului, ca reprezentant al zonei socio-culturale, a fost acela de a identifica nevoile cărora li se adaptează cel mai bine noile forme structurale, de a selecta formele structurale cele mai potrivite și de a le adapta nevoilor complexe, de a contura soluții care să ia în considerare la potențial maxim noile posibilități și de a formula gramatici normative care să ordoneze un limbaj formal adecvat;

– rolul relației, consecință inevitabilă a separării pe specialități, a fost aceea de a facilita o abordare cuprinzătoare, care să permită atingerea în întregime a problematicii tot mai complexe ridicate de industria construcțiilor.

S-a arătat în capitolul (4.) că motivația procesului de preluare și punere în valoare a potențialului structurilor metalice a fost întreținută de factori puternici veniți atât din zona social-culturală cât și din cea tehnico-economică: nevoile complexe alimentate de marile schimbări începute în perioada iluminismului sau impuse de industrializare, ce nu puteau fi satisfăcute cu soluții constructive clasice, și potențialul uriaș neexploatat pus la dispoziție de producția industrială. Deloc neglijabil a fost și rolul potențialului negativ relevat de dezvoltarea explozivă, necontrolată a mediului construit. Posibili factori inhibitori pot fi identificați în ignoranța (consecință probabilă a lipsei de informare și chiar a incapacității de a cuprinde o problemă tot mai complexă) și autismul sau chiar aroganța (ce pot rezulta din reacția firească de apărare a celui 'confort intelectual' pe care îl oferă ceea ce este consacrat, verificat) ce se manifestă atât în raport cu realitatea, cu nevoile complexe asociate acesteia, cât și în raport cu potențialul unor soluții alternative de a rezolva aceste nevoi. Asemenea factori au împiedicat în cazul majorității construcțiilor industriale și comerciale soluții desăvârșite, iar în cazul clădirilor de prestigiu, a arhitecturii, cu precădere în prima etapă, motivația necesară implicării în procesul de modernizare.

Ca o concluzie generală privitoare la cei implicați în stabilirea soluțiilor din domeniul arhitecturii sau ingineriei, putem spune că, indiferent de nivelul la care se profesază, conștientizarea deplină a nevoilor și potențialului, este decisivă pentru a oferi motivație unei poziții active, interrogative. O poziție care, indiferent că vorbim de arhitectură sau inginerie, este singura capabilă să valorifice creativ cunoașterea și experiența. Conștientizarea nevoilor în toată complexitatea lor (de la cele utilitare, pragmatice la cele legate de expresie și simbol) și a adevăratei valori a potențialului, este esențială pentru a dobândi capacitatea de a propune soluții optime. Prin optim nu ne referim aici la ceva în esență cuantificabil, cum ar fi eficiența economică, avem în vedere cea mai bună corespondență cu toate interesele urmărite: o satisfacere a întregului complex de nevoi, pe măsura importanței acestora, folosind la maxim potențialul resurselor disponibile (cu referire deopotrivă la resurse materiale și intelectuale). Abia în măsura în care conștientizăm complexitatea nevoilor și încercăm să întrevădem adevărata valoare a potențialului tot mai vast pus la dispoziție de evoluția științei și tehnologiei, putem sesiza cu adevărat incapacitatea de a le cuprinde și gestiona în cadrul unei singure specializări, indiferent de cât de pluridisciplinar ar fi interesul acesteia. Devine astfel evidentă motivația colaborării: este singura cale de a cuprinde în profunzime și a gestiona pe măsură complexitatea problemelor ridicate de industria modernă a construcțiilor.

5.4 Dezvăluire, cunoaștere, intuiție, creație - un model al procesului

Pe baza observațiilor asupra procesului de preluare și punere în valoare a potențialului structurilor metalice în arhitectură, se poate defini natura relației dintre dezvoltarea structurii și dezvoltarea arhitecturii și se poate schița un model al procesului, care să evidențieze rolul fiecărei etape în dobândirea capacității de a valorifica structurile metalice pe măsura potențialului în arhitectură:

DEFINIȚIA NATURII RELAȚIEI DINTRE DEZVOLTAREA STRUCTURII ȘI DEZVOLTAREA ARHITECTURII

Natura relației dintre dezvoltarea structurii și dezvoltarea arhitecturii este una de strânsă interdependență.

Dacă dezvoltarea structurilor metalice, și în mod cu totul special potențialul dezvoltării, are un rol absolut esențial în deschiderea orizonturilor, în inspirarea și materializarea creației de arhitectură, de dezvoltarea arhitecturii, de capacitatea ei de a dezvălui potențialul dezvoltării structurilor metalice depinde măsura valorificării structurilor metalice.

UN MODEL AL PROCESULUI DE PRELUARE ȘI PUNERE ÎN VALOARE A POTENȚIALULUI STRUCTURILOR METALICE ÎN ARHITECTURĂ

DEZVĂLUIRE - esențială din primele faze pentru a conștientiza potențialul dezvoltării structurilor metalice de a oferi răspunsul care satisface optim nevoile care au stat la baza edificării.

CUNOAȘTERE - esențială pentru a evalua potențialul dezvoltării structurilor metalice de a se adapta la constrângeri, pentru a canaliza acest potențial.

INTUIȚIE - esențială pentru a media problemele ce rezultă din constrângeri divergente.

CREAȚIE - esențială pentru a valorifica la maxim potențialul structurilor metalice de a oferi răspunsuri care satisfac optim nevoile care au stat la baza edificării.

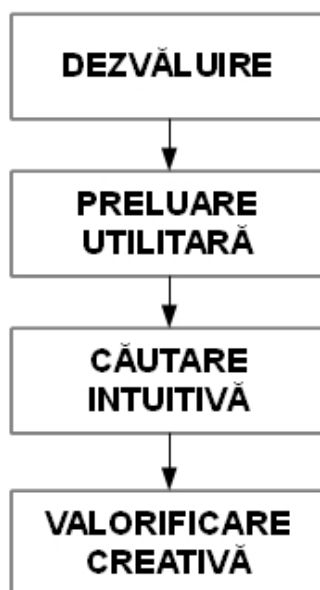


fig.5.4 Un model al procesului de preluare și punere în valoare a potențialului structurilor metalice în construcții

5.5 Concluzii

Capacitatea arhitecturii de a valorifica uriașul potențial de dezvoltare al structurilor metalice este dependentă, așa cum s-a mai observat pe parcursul studiului, de intuiție. Un concept neclar, după cum susține Dooley (2004: 106)[37]. Suficient de clar totuși pentru a putea observa, așa cum o face de altfel și Dooley, că depinde de experiență și cunoaștere (idem)[37]. Experiență și cunoaștere care depind la rândul lor de dezvoltare. Ținând cont de aceste relații de dependență, putem spune că: măsura valorificării potențialului structurilor metalice depinde de măsura dezvoltării potențialului dezvoltării structurilor metalice. Deducem de aici că pentru a valorifica la maxim potențialul structurilor metalice în arhitectură, este necesară dezvoltarea totală a potențialului dezvoltării structurilor metalice.

Dar care este scopul final al valorificării potențialului structurilor metalice în arhitectură?

Așa cum releva deja capitolul dedicat factorilor care determină deciziile în domeniul arhitecturii (vezi cap. 4.), scopul final al valorificării potențialului structurilor metalice în arhitectură este adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

În ce constă atunci, din perspectivă arhitecturală, potențialul dezvoltării structurilor metalice, cel care ar trebui dezvoltat? În capacitatea de a soluționa la cel mai înalt nivel (vezi cap. 3.) problemele ridicate de complexul de constrângeri divergente (vezi cap. 4.) pe care le implică adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane. În inspirația pe care o pot oferi asemenea soluții.

Se poate deduce de aici că pentru a valorifica la maxim potențialul structurilor metalice în arhitectură este necesară dezvoltarea capacității structurilor metalice de a soluționa la cel mai înalt nivel problemele ridicate de complexul de constrângeri divergente pe care le implică adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

Cum s-ar putea defini în aceste condiții arhitectura care valorifică la maxim potențialul structurilor metalice?

O DEFINIȚIE DE LUCRU A ARHITECTURII CAPABILE SĂ VALORIFICE LA MAXIM POTENȚIALUL STRUCTURILOR METALICE

Arhitectura care valorifică la maxim potențialul structurilor metalice este o arhitectură care folosește acele forme structurale care soluționează la cel mai înalt nivel problemele ridicate de complexul de constrângeri divergente pe care le implică adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

Pornind de la această definiție, putem defini valorificarea la maxim a potențialului structurilor metalice în arhitectură astfel:

Valorificarea la maxim a potențialului structurilor metalice în arhitectură înseamnă folosirea acelei forme structurale care soluționează la cel mai înalt nivel problemele ridicate de complexul de constrângeri divergente pe care le implică adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

Dooley, definește forme structurale care soluționează holistic problemele construcției ca fiind adaptate materialului (2004)[37]. Reformulând definiția din această perspectivă:

Valorificarea la maxim a potențialului structurilor metalice în arhitectură înseamnă folosirea acelei forme structurale adaptate metalului care oferă cel mai bun răspuns global problemelor ridicate de adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

Dacă se reformulează din aceeași perspectivă condiția valorificării la maxim a potențialului structurilor metalice în arhitectură enunțată anterior, vom avea:

Pentru a valorifica la maxim potențialul structurilor metalice în arhitectură este necesară dezvoltarea acelei forme structurale adaptate metalului, care oferă cel mai bun răspuns global problemelor ridicate de adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

Se poate deduce de aici următoarea ipoteză:

IPOTEZA FINALĂ

O soluție de creștere a măsurii valorificării potențialului structurilor metalice în arhitectură ar fi crearea cadrului necesar dezvoltării acelei forme structurale adaptate materialului care oferă cel mai bun răspuns problemelor ridicate de adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

Dincolo de intuiție, care indiferent de contestările lui Dooley (2004: 28)[37] va rămâne, așa cum susține Mainstone (1975: 332)[101], principala sursă de inovație în domeniul formei structurale, de valorificare creativă a potențialului resurselor avute la dispoziție, un proces de proiectare care să aibă în vedere programatic dezvoltarea acelei forme structurale adaptate metalului care oferă cel mai bun răspuns global problemelor ridicate de adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane, ar putea crește măsura valorificării potențialului structurilor metalice în arhitectură.

În ce măsură este plauzibil un proces de proiectare care să creeze cadrul necesar dezvoltării acelei forme structurale adaptate materialului care oferă cel mai bun răspuns global problemelor ridicate de adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane, respectiv în ce măsură oferă soluții structurale mai bune un asemenea proces, sunt întrebări la care vom căuta răspunsul în capitolul care urmează.

6. EXEMPLE REMARCABILE

Prin prisma ideilor formulate până acum, vom analiza în continuare câteva dintre cele mai importante construcții ale perioadei de maturitate a structurilor metalice, respectiv anii de după cel de-al doilea război mondial. Se vor avea în vedere: cerințe funcționale și deziderate expresive; forma în care este utilizată structura metalică în cadrul construcției; în ce măsură utilizarea formelor este directă sau mediată și raportul dintre concepția arhitecturală și cea structurală sau, în măsura în care am dispus de informațiile necesare, cum s-a născut conceptul structural în cadrul procesului de proiectare.

Imposibilitatea de a cuprinde într-o lucrare de mică amploare extrem de vasta creație din domeniu, m-a obligat să selectez doar câteva din nenumăratele exemplele pe care le-am considerat relevante pentru susținerea tezei. Pornind de la premiza că unele repere ale arhitecturii moderne și contemporane nu puteau lua formă în lipsa noilor soluții constructive, am ales în special acele lucrări în care structura metalică a jucat un rol crucial nu doar datorită expunerii sale ci mai degrabă datorită importanței pe care a avut-o în materializarea anumitor soluții spațial-formale. Selectarea unor exemple în detrimentul altora nu a fost determinată în mod necesar de considerații critice legate de calitatea arhitecturii sau a structurii ci, mai degrabă, de disponibilitatea materialului bibliografic.

6.1 CROWN HALL, IIT, CHICAGO, ILLINOIS

Proiect: 1950

Construcție: 1956

Arhitectură: Mies van der Rohe

Structură: Frank J. Kornacker

Considerată o capodoperă a artei construirii, eminent proporționată și compusă, de la detaliile clare și rafinate, la ansamblul plin de forță, Crown Hall (Cohen, 1994: 118-124)[30], *Planșa 1*, reprezintă din punct de vedere arhitectural una dintre cele mai semnificative clădiri ale mișcării moderniste din secolul XX.

Situată în punctul central al campusului universitar, construcția adăpostește Facultățile de Arhitectură și Design ale Illinois Institute of Technology (Schulze, 2005: 48-53)[142]. Forma rectangulară de 220×120×24 picioare (aprox.36,5×67×7,5m), bine echilibrată, este împărțită pe două niveluri: un demisol scufundat, format din spații convenționale compartimentate conform celulelor structurale din beton armat, ce adăpostește facultatea de design și anexele necesare unei bune funcționări a ansamblului, și un 'piano nobile' de tip hală cu o singură deschidere, ridicat peste nivelul solului, având o înălțime liberă de cca. 5,5m, gândit pentru facultatea de arhitectură. Un spațiu liber, dedicat celor mai variate activități didactice, pornit de la ideea de a permite perceperea și înțelegerea procesului de concepție-proiectare ca întreg.

Structura de oțel expusă, elegant articulată, este compusă din patru grinzi lungi de cca. 37m și înalte de cca. 1,8m, formate din table groase de oțel sudate,

care susțin grinzile secundare ale planșeului de cca.67×37m. Acestea sprijină pe stâlpi din table groase sudate, dispuși la exterior pe latura lungă a clădirii, ce descarcă pe structura de beton a nivelului subteran. Cele patru cadre rigide astfel formate sunt amplasate la un interax de cca.18m lăsând ambele capete ale planșeului în consolă cca.6m. Suprafețele vitrate ale anvelopei sunt fixate între profile „I” dispuse la exterior, ce se extind de la nivelul solului până la partea superioară a planșeului de la acoperiș. Pe lângă funcția de montant principal, acestea au rolul de ritmare a fațadei, asemenea coloanelor angajate din perioada renașterii. Sticla lăptoasă, prevăzută ca închidere până la cca.3,4m înălțime, oferă intimitate, în timp ce sticla transparentă de deasupra accentuează senzația de plutire a acoperișului.

Atunci când vorbim de formă determinată de funcțiune în lucrările lui Mies van der Rohe, avem în vedere o abordare a clădirii din perspectiva de adăpost universal, accentul fiind pus pe exprimarea scopului tectonic al componentelor, nicidecum pe transpunerea în trei dimensiuni a unor cerințe utilitare de moment. Miza este o construcție care să își poată extinde durata de viață dincolo de schimbările funcționale impuse de dinamica societății moderne. Răspunsul oferit schimbărilor rapide este flexibilitatea pe care o poate da un spațiu total. Acest tip de abordare universală focaliza interesul pe găsirea unui sistem constructiv ideal, controlat prin proporții atât la nivel de ansamblu cât și detaliu. Un sistem constructiv care să ofere, valorificând la maxim mijloacele momentului, răspunsul perfect la cerințele contemporane, o arhitectură pe care Mies o vedea ca fiind produsul eminent al spiritului timpului. Ceea ce părea atunci a fi compromisul perfect între consumurile de material, manoperă și tehnologie, raportate la capacitățile momentului și cerințele economice, avea să devină modelul ultimativ pentru construcțiile similare din următoarele două decenii.

Este evident că la Crown Hall arhitectura se construiește pe o intuiție privind calitățile expresive ale structurii metalice. Rezultatul, deși incontestabil din punct de vedere expresiv, avea să fie contestat în timp atât în raport cu nevoile complexe ale ființei umane, pe care era departe de a le satisface întru totul (Blaser, 2001: 6-25, Moe, 2008: 112-117, Schulze, 2005: 52)[15][114][142], cât și din punct de vedere tehnic, ținând cont că expunerea structurii metalice nu reprezintă o soluție optimă nici din punct de vedere al protecției metalului la coroziune (Underwood, 1998: 23) [159], nici din cel al anvelopei termice.

6.2 SEAGRAM BUILDING, NEW YORK

Proiect: 1954

Construcție: 1958

Arhitectură: Mies van der Rohe, Philip Johnson

Structură: Severud-Elstad-Krueger

Clădirea de 38 de etaje și cca.160m înălțime, *Planșa 2*, amplasată pe Park Avenue între 52rd Street și 53rd Street, avea să exercite o influență de neegalat asupra zgârie-norului modern, fiind creditată de criticul, teoreticianul și istoricul de arhitectură William J. R. Curtis, în cartea sa *Modern Architecture Since 1900*, drept „una din lucrările seminale ale perioadei post-război în definirea unei imagini de prestigiu pentru clădirile de birouri” (1982: 149)[35].

Comandată de compania multinațională Joseph E. Seagram and Sons (Cohen, 1994: 141-145)[30] cu ocazia celebrării a 100 de ani de existență, noua clădire, ce trebuia să exprime încrederea proprietarului într-o economie în plină expansiune, a fost concepută să adăpostească birourile și sediul central al firmei. În căutarea soluției care să respecte prevederile regulamentului de urbanism din New York, și să păstreze în același timp eleganța formei construite, turnul principal avea să fie retras de la Park Avenue. Piațeta astfel obținută avea să fie considerată unul din cele mai frumoase spații urbane din New York. Pentru a compensa spațiul pierdut prin această retragere, Mies avea să completeze clădirea cu câteva construcții suplimentare, ce aveau să contribuie atât la obținerea suprafeței utile preconizate, cât și la rigidizarea sistemului structural. Ansamblul astfel format poate fi descris ca două construcții în formă de „T”: un turn principal, ce împreună cu "coloana vertebrală" de pe fațada estică formează un „T” în plan, la care se lipește o construcție de 10 niveluri, cu două aripi de câte patru niveluri de o parte și de alta, care formează un „T” în secțiune verticală. Nivelul de acces are cca. 8,5m înălțime, de două ori cea a unui nivel curent. Închiderea, retrasă aici cu o travee spre interior, oferă un efect de plutire, accentuând în același timp elementele structurale.

Structura metalică în greutate totală de 13.500t este formată din cadre rigide așezate la interax de 8,5×8,5m. În plan, construcția principală, turnul, are o proporție de 3×5 travei. La ea se adaugă traveea coloanei vertebrale de 1×3 travei, ce merge pe toată înălțimea, corpul de 10 niveluri de 3×3 travei și cele două aripi adiacente de câte 2×3 travei. Componentele structurale sunt pentru prima oară îmbinate cu buloane, evitând astfel zgomotul produs de procesul de nituire și scurtând timpul de execuție cu cca. 3 săptămâni. Încărcările laterale din vânt sunt preluate de două diafragme din zona miezului, care se continuă și pe fațadele laterale ale "coloanei vertebrale", ce devin astfel opace. La preluarea forțelor horizontale pe direcția est-vest contribuie și corpul de clădire de 10 niveluri, ce completează turnul pe latura estică. Pentru a le proteja la foc, elementele structurii metalice sunt turnate în beton finisat cu plăci din tablă groasă. La conceperea sistemului constructiv s-a pus accentul pe repetabilitatea elementelor care puteau fi prefabricate industrial, făcând posibilă o economie semnificativă de resurse. O economie care a făcut posibilă o alocare extraordinară de resurse finisajelor. Fațada, așezată la fața exterioară a structurii portante, expune profile „dublu T” din bronz, ce urcă pe toată înălțimea clădirii și formează montanții verticali ce susțin sticla de 6mm grosime și tabla de 3mm care acoperă zona de planșeu. Grila fațadei se suprapune strict pe grila structurală, generând un tipar vertical uniform, ce devine însăși imaginea clădirii. O imagine ce se schimbă în funcție de unghiul de privire și de incidența luminii, transformând compoziția perfect proporționată într-o realitate dinamică. Pentru a păstra rigoarea grafică a fațadei, jaluzelele interioare au doar trei puncte fixe de operare: deschis, jumătate închis, închis.

"Conceptul meu și abordarea Seagram Building nu au fost diferite de orice altă clădire pe care aş putea-o construi. Ideea mea, sau mai bine spus 'direcția', spre care tind este aceea a unei structuri și construcții clare - aceasta se aplică nu doar unei singure probleme ci tuturor problemelor arhitecturale pe care le abordez. Sunt, de fapt, oponentul ideii că o clădire specifică trebuie să aibă un caracter individual - mai degrabă un caracter universal ce a fost determinat de totalitatea problemelor pe care arhitectura se străduiește să le rezolve." (Mies în Cohen, 1994: 142)[30] Accentele verticale ce ritmează fațada, soluțiile de detaliu ce expun stâlpii

structurali în colțurile clădirii, eleganța proporției, sunt mărturii incontestabile ale reușitei acestui demers.

Accentul pus pe conținător, a cărui expresie poate fi perfect controlată prin rigoarea proporțiilor, este evident în toată gândirea conceptuală a maestrului Mies van der Rohe. Controlul acestei expresii reprezintă pentru Mies soluția universală la totalitatea problemelor pe care arhitectura se străduiește să le rezolve. Astfel totul ajunge să se supună acelei imagini considerate a fi expresia clară a felului în care este structurată construcția. Avem de a face aici cu construcția unui limbaj arhitectural normativ, un limbaj a cărui gramatică se intuiește a fi cea mai bună cale de a media relația dintre potențialul resurselor și nevoile ființei umane.

Acest mod de abordare, ce pleacă de la ideea unei arhitecturi bazate pe cel mai evoluat sistem constructiv al momentului, pe care caută să îl exploateze la maxim, inclusiv din punct de vedere expresiv, ar putea fi considerat probabil cel mai potrivit pentru valorificarea potențialului structurilor metalice în construcții. Succesul pe care l-a avut pentru o foarte lungă perioadă de timp acest mod de abordare a clădirii înalte ne confirmă acest lucru. Rezultatul reprezintă cu siguranță un produs eminent al spiritului acelor timpuri. Un spirit care încă nu avea capacitatea de a intui și controla la nivelul zilelor noastre complexul de probleme pe care trebuie să îl adreseze industria construcțiilor.

Pe de altă parte, analizând detaliile, devine evident că deja de atunci imaginea rezultată din aplicarea gramaticii normative intuite de maestru se suprapunea pe o realitate esențialmente diferită. În primul rând pentru că nevoia de protecție la foc și anvelopă termică, fac imposibilă coincidența dintre ceea ce se dorește a fi exprimat și aparență. Astfel, această anvelopă slăvită în istoria arhitecturii, ar putea fi considerată acum una oarecare între toate cele care aveau să îi urmeze în construcția clădirilor înalte. Singura ei legitimare a fost credința oarbă într-o industrie producătoare de profile laminare, a căror imagine s-a considerat a reprezenta ideal spiritul acelor timpuri.

6.3 OLYMPIAPARK, MÜNCHEN

Proiect: 1967

Construcție: 1972

Arhitectură: Behnisch & Partners

Structură: Frei Otto, Leonhardt und Andra

Devenită posibilă datorită conjuncturilor politico-economice din cea de a doua jumătate a anilor 60', într-o țară reconstruită după război, cu o economie în plină expansiune, care simțea puternic nevoia reabilitării internaționale, această uriașă construcție dedicată jocurilor olimpice *Planșa 3*, expresie a reorientării politice și intelectuale a Germaniei, avea să reprezinte baza celor mai noi tendințe din domeniul structural și arhitectural.

Importanța simbolică uriașă a fost elementul crucial în realizarea, într-un timp relativ scurt, a unui proiect inovator de o asemenea amploare. Prin proiectul de concurs inițiat cu ocazia desemnării orașului München ca organizator al celei de-a XX-a olimpiade, se cerea un ansamblu deschis, informal, lipsit de impuneri axiale și de clădiri monumentale, într-o totală opoziție față de manifestarea de forță a olimpiadei naziste din 1936 de la Berlin, care să redea umanismul și liberalismul democratic al noii germanii. Urma să fie olimpiada în aer liber, în verdeață, o

olimpiadă a muzelor și sportului, o regăsire a spiritului olimpic (Spieker, 2005: 111) [149]. Soluția câștigătoare, prezentată de Behnisch & Partners, avea să cucerească prin abordarea inedită: în locul unui ansamblu de clădiri se propunea un peisaj arhitectural, care ia naștere în valuri de pământ, într-o simbioză perfectă cu vegetația, traseele de mișcare și punctele de loisir. În această transpunere în practică a utopiilor de la începutul anilor 60', în care tehnologia devenea mijlocul de rezolvare a problemelor comunității, se oferă o infrastructură cu rol de generator al interacțiunilor sociale pozitive. Stadion, sală de gimnastică, bazin olimpic, sunt toate preluate în marea sculptură tridimensională ce refăcea peisajul un teren devastat, loc al fostului aeroport militar regal ce devenise deponie pentru molozul rezultat din demolările de după bombardament. În acest context, al spațiului generat prin manipularea terenului, soluția de acoperire, necesară ca protecție împotriva ploii și vântului, avea să devină elementul de completare a definiției spațiale, cel care leagă laolaltă cele trei arene sportive care reprezintă 'inima' centrului olimpic. Structura de pământ generează spațiul în timp ce structura de acoperire îi oferă limită.

Soluția structurală a acoperișului propus prin concurs, inspirat de pavilionul de la Montreal (vezi 3.6.5), avea să fie adoptată după îndelungi dispute privind posibilitățile de realizare. S-a decis folosirea unei rețele de cabluri cu ochiuri de 75×75cm, determinate de cerințele unei execuții fără schele suplimentare și economia de material. Având în vedere slaba rezistență a membranelor, ce ar fi trebuit să suporte eforturi de pretensionare importante, rețeaua de cabluri reprezenta în acel moment unica variantă de preluare în structuri tensionate a deschiderilor foarte mari.

Necesitatea rezolvării în timp scurt a problemelor inedite ce aveau să apară în fiecare domeniu al ingineriei structurale (proiectare structurală, detalieri structurale, aplicație computerizată, știința și tehnologia materialelor, prefabricarea, tehnologia sudării, execuție) a pus în mare dificultate echipele de proiectare (Spieker, 2005) [149]. Aproape toate soluțiile adoptate aveau să fie inovative. Depășirea costurilor de peste 10 ori era o consecință firească a acestei experimentări la limită. Pentru a complica și mai mult situația, geometria structurală autodeterminată a sistemelor tensionate fixate în puncte trebuia adaptată cerințelor arhitecturale. Acest lucru era posibil doar printr-un lung și chinuitor proces de optimizare, într-o perioadă în care singurele instrumente de proiectare avute la dispoziție pentru formele ce nu puteau fi definite utilizând ecuații matematice simple, erau metodele experimentale puse la punct de Otto Frei. Deși pare a fi proiectată liber, geometria rezultă în urma unui proces de căutare a formei care satisface cel mai bine forțele statice și condițiile impuse de material, prin generarea unei stări naturale de echilibru. Având în vedere că fiecare mică schimbare la nivelul geometriei sau a încărcărilor determină o schimbare la nivelul formei, este imposibil de urmat o cale convențională a prestabilirii formei, urmată de analiza comportării statice. Selectarea subiectivă este înlocuită în mod necesar de o determinare obiectivă. Obținerea prin această metodă experimentală a dimensiunii componentelor ce urmau să fie prefabricate se putea face doar prin analize fotogrametrice pe modele fizice la scară. Toleranțele relativ ridicate față de cerințele foarte stricte (o eroare de 5mm la o lungime de cablu de 25m afecta cu 30% forțele de tensionare, având consecințe directe asupra întregului ansamblu) și timpul scurt alocat proiectării, avea să determine introducerea în premieră a calculului computerizat în proiectarea structurală - metoda elementului finit, sprijinită de tehnologia informatică care oferea posibilitatea rezolvării simultane a mii de ecuații

interdependente, a făcut posibilă o abordare analitică a problemei care să permită analiza structurală, determinarea lungimii cablurilor și descrierea geometrică a plăcilor de acoperire.

Toate aceste procese de optimizare și căutare a formei au generat o soluție care desface structura inițială, ce trebuia să acopere unitar arenele olimpice și spațiile intermediare, în secvențe alăturate, folosind o structură principală de piloni ancorați și cabluri de margine, care urmează să determine suprafețe cu dublă curbura în formă de șa, și o structură secundară cu rețea de cabluri care acoperă interspațiile - am putea spune că s-a ajuns la un hibrid între structura tensionată în puncte și structura tensionată pe contur. Întregul ansamblu este menținut în poziție de forțe de pretensionare uriașe. La acea vreme, convertirea informației din proiectul inițial în desene de execuție a trebuit să fie făcută împreună cu firmele de execuție care și-au adus aportul esențial prin dezvoltarea noilor tehnologii de fabricație și execuție. Acoperirea structurii, realizată cu plăci din plexiglas de cca.3×3m, era fixată în puncte de nodurile rețelei. Pentru a obține confortul termic necesar în spațiile climatizate, sala de gimnastică și bazinul olimpic, au fost agățate membrane suplimentare sub rețeaua de cabluri. Fațadele uriașe din sticlă transparentă, fără pretenții arhitecturale, preluau doar rolul de menținere a parametrilor de confort în spațiile interioare.

Ceea ce putea să lipsească, în viziunea lui Behnisch (preluat din Spieker, 2005: 112) [149], dacă clima nu ar fi deranjat activitățile umane, marele acoperiș transparent susținut de rețele de cabluri suspendate de piloni înalți, avea să devină unul din simbolurile arhitecturii moderne și contemporane. Această arhitectură numită de Behnisch 'situaționistă', în care forma și spațiul se 'autogenerază', în urma unor 'constelații' de forțe (invariabile și variabile), prin soluționarea optimă a problemelor ridicate de o situație anume, avea să reprezinte de fapt cel mai important pas în eliberarea arhitecturii de constrângerile structurale. Dacă până în acel moment singura posibilitate de a obține ceva nou, plauzibil, în structură și arhitectură, era experimentul pe machete (modele fizice) care permiteau studiul la scară a comportării naturale, legile naturii fiind utilizate pentru a obține echilibrul natural al formei, respectând natura, preluarea pentru prima dată a calculelor impuse prin metoda elementului finit de sistemele computerizate avea să permită utilizarea metodelor analitice pentru a pătrunde dincolo chiar de natura lucrurilor. Discretizarea, făcută la orice scară, limitată eventual de puterea de calcul a computerului, avea să permită rezolvarea oricărui tip de formă sau idei formale preconceptuate.

La Olympiapark arhitectura s-a construit pe o intuiție inspirată de forma structurală dezvăluită de pavilionul Germaniei de la Montreal. O intuiție bazată pe o cunoaștere foarte limitată a arhitectului Günter Behnisch. Colaborarea cu inginerul Frei Otto, singurul care avea experiența și cunoștințele necesare conceperii unei asemenea structuri de rezistență a generat mari controverse, Frei Otto considerând că rezultatul final este foarte departe de ceea ce s-ar putea numi optim din punct de vedere structural (Spieker, 2005: 131) [149].

6.4 CENTRE POMPIDOU, PARIS

Proiect: 1971

Construcție: 1977

Arhitectură: Richard Rogers, Renzo Piano

Structură: Ove Arup & Partners

Clădirea care câștiga concursul pentru noul centru cultural Parizian, *Planșa 4*, descrisă de Renzo Piano, după mulți ani, ca un exercițiu mai degrabă artizanal decât 'High-Tech', avea să marcheze deschiderea unui nou front de căutări în domeniul expresiei arhitecturale.

Ideea care a stat la baza temei program, era un centru multifuncțional, cu o suprafață de 90.000mp, dedicat în totalitate artei contemporane. Spațiile oferite trebuiau să poată găzdui cele mai diverse activități, de la muzeu, bibliotecă și galerii de artă, la săli de cinema, teatru și concert (Silver, 1997: 1-34; Von Naredi-Rainer, 2004: 174-177)[146][166].

Chiar dacă expresia clădirii ce caută să ofere răspuns acestui complex de cerințe, este una absolut inedită, conceptul arhitecților Richard Rogers și Renzo Piano, care a stat la baza proiectului câștigător, nu diferă fundamental de conceptul care a generat cu două decenii în urmă Crown Hall, a lui Mies van der Rohe. Și aici, ca și la Crown Hall, cea mai mare parte a spațiilor utilitare, sau având o definiție clară, au fost rezolvate sub nivelul solului. Diferența esențială este dată de pavilionul multifuncțional, ce se multiplică la Centrul Pompidou pe mai multe niveluri. O soluție care oferă un plus uriaș de valoare socială amplasamentului (Pizzi, 2003: 66-68)[123], permițând ca jumătate din terenul alocat să fie conservat și redat orașului. Acest lucru se face sub forma unei piețe, ușor înclinată spre fațada principală a noii clădiri, ce se dorește a fi o extensie a spațiului interior, în care viața orașului să se poată întrepătrunde cu arta. Ca și la Mies, cea mai mare parte a preocupărilor arhitecturale au fost dedicate conținătorului supateran. Alcătuirea sa trebuia să ofere flexibilitatea maximă. Pentru a obține această flexibilitate, toate elementele funcționale, structură, instalații și circulații verticale au fost mutate la exterior, astfel încât să nu obstrucționeze uriașele spații (166,4×44,8m, cu înălțimi ce variază între 7 și 10,5m) devenite disponibile pe fiecare nivel. Mai mult decât atât, conceptul inițial prevedea și posibilitatea deplasării elementelor interioare de definiție spațială:

Technically, the proposed solution involved many movable components such as partitions, cladding and floors. However, Rogers had to abandon the attempt to find a technical solution to the problem of the movable floors. (Lawson, 1980: 117)[90].

Este foarte probabil ca tocmai această aspirație neîmplinită să fi reprezentat baza idealică a viitoarei forme structurale, care seamănă mai degrabă cu un uriaș mecanism.

În fond, structura metalică a pavilioanelor suprapuse este formată dintr-un sistem de cadre metalice contravântuite, pe care descarcă planșee prefabricate din beton armat. Cadrele sunt compuse din stâlpi cu secțiune circulară, ce se extind pe înălțimea a șase niveluri și grinzi cu zăbrele, de 48m deschidere. Ineditul structurii rezidă în primul rând în felul în care elegantele grinzi cu zăbrele, îmbinate sudat în noduri turnate din oțel, sunt preluate de stâlpi. Această preluare se face prin intermediul unui sistem de pârghii (Gerberette) fixate articulat, astfel încât să nu încarce excentric stâlpii, și menținute în poziție orizontală de tiranți din bare de oțel laminat de 200mm diametru, ancorați în fundații. Gerberette-le de 8,2m lungime și

cântărind 9,6t fiecare, realizate din oțel turnat, o tehnologie absolut inedită la acea vreme, atât în ceea ce privește scara componentelor cât și domeniul de aplicare, sunt fixate excentric pe stâlpi, la o distanță de 1,6m spre interior, unde susțin grinzile principale, și 6,6m spre exterior unde sunt ancorate. Stâlpii continui, de 850mm diametru și având o grosime a peretelui variabilă, sunt la rândul lor montați pe articulații sferice. Structura secundară, ce susține planșee prefabricate din beton armat cu dimensiunea de 6,4×3,2m și 110mm grosime, este formată din profile IPE 500, amplasate pe grinzile principale la interax de 6,4m. Stabilitatea longitudinală este asigurată de diagonale amplasate în planul sistemului de ancorare. O soluție ce impune adoptarea suplimentară a unor contravânturi în formă de "K" în plan orizontal, pentru a lega sistemul vertical de contravântuire cu planșeele. Contravântuirea transversală este rezolvată la cele două capete, unde grinzile standard sunt legate astfel încât să formeze o fermă unică pe cele cinci niveluri superioare. Pentru a nu obstrucționa circulația, la nivelul solului contravântuirea transversală este poziționată în afara stâlpilor (Schulitz, 1999: 302)[141].

Date fiind cerințele de siguranță la foc, grinzile cu zăbrele au fost în cele din urmă protejate cu tencuială stropită și vată minerală, și finisate în tablă de oțel inoxidabil, iar stâlpii au fost umpluți cu apă. Sisteme de sprinklere, gaz inert și o permanentă monitorizare atentă, asigură în completare o protecție la foc activă (idem: 302)[141].

Așa cum menționam deja, Centrul Pompidou preia în esență principiul pavilionului multifuncțional cu o singură deschidere și îl multiplică pe mai multe niveluri. Pentru a obține o maximă flexibilitate în utilizarea spațiilor rezultate, elementele funcționale care asigură stabilitatea, microclimatul și conexiunile necesare, sunt deplasate la exterior, materializând acea soluție de principiu care avea să domine imaginea celor mai multe clădiri ale curentului 'high-tech': tehnologie expusă, ce dă scară și detaliu, jucând rolul principal în expresia ansamblului construit.

Impactul clădirii Centrului Pompidou în conștiința societății este fără îndoială unul colosal. Imaginea iconică a tehnologiei expulzate din spațiul util nu poate lăsa impasibil trecătorul, indiferent că vorbim de satisfacție sau repulsie. Se poate spune astfel că scopul principal al acestei construcții faraonice, cel simbolic, a fost atins. Dacă toate celelalte probleme pe care le ridică adaptarea mediului la nevoile ființei umane ar putea fi ignorate, în ideea că prin flexibilitate, spațiul rezultat oferă răspunsul perfect și universal valabil pentru soluționarea acestora, abordarea din cadrul acestui proiect ar trebui să fie considerată absolut exemplară. Dar chiar în condițiile în care o asemenea abordare și-ar putea dovedi în anumite situații specifice viabilitatea, rămâne deschisă o altă întrebare: în ce măsură o formă structurală care se naște în baza unui concept care mizează pe deplasarea planșeeleor, poate oferi cel mai bun răspuns problemelor, de cu totul altă factură, pe care le ridică o soluție structurală statică, cum este cea adoptată la final? Adică o soluție structurală clasică, care scade substanțial gradul de flexibilitate prin care conceptul inițial promitea să soluționeze complexul de probleme divergente ridicate de program, și care ar fi putut probabil, dată fiind simplificarea cerințelor inițiale, să fie rezolvată în condiții mai bune de valorificare a potențialului resurselor disponibile.

6.5 SAINSBURY CENTRE FOR VISUAL ARTS, NORWICH, UK

Proiect: 1974

Construcție: 1978

Arhitectură: Norman Foster

Structură: Anthony Hunt Associates

Considerată una dintre cele mai importante lucrări ale arhitecturii britanice din cea de a doua jumătate a secolului XX, Sainsbury Centre, *Planșa 5*, aduce un nivel superior de rafinament în explorările inițiale din domeniul structurilor ușoare.

Mai mult decât o galerie de artă tradițională, centrul integrează spații pentru expunere, facilități pentru recreație, învățământ și cercetare, într-un singur conținător inundat de lumină [292]. În cadrul marelui container, elementele structurale, instalațiile și spațiile servante sunt înglobate într-o coajă dublă, ce formează anvelopa exterioară. Această anvelopă oferă protecția necesară unei secvențe de spații fluide ce găzduiesc recepția, cafe-barul, zonele de expunere, facultatea de arte frumoase, cancelaria și un restaurant. Cele două capete, vitrate complet, transformă peisajul înconjurător în fundal al spațiilor publice. Atmosfera interioară este controlată de grila longitudinală a jaluzelelor de aluminiu comandate de senzori, care oferă un sistem flexibil de reglaj al luminii naturale și artificiale.

Structura este compusă din stâlpi și grinzi cu zăbrele tridimensionale, cu secțiune triunghiulară, dispuse cu două tălpi la exterior și una la interior. Dimensiunea de 2,4m a acestor elemente structurale este dată mai degrabă de considerente arhitecturale decât structurale, fiind necesară pentru a încorpora diverse echipamente și mici spații servante. Pentru a reduce eforturile de încovoiere la nivelul îmbinării dintre stâlpi și grinzi, acestea au fost legate printr-un sistem articulat, astfel încât încărcarea să fie transferată doar la partea superioară a stâlpului. Stabilitatea este asigurată prin încastrarea stâlpilor la partea inferioară. Cadrele obținute sunt alăturate astfel încât să nu mai fie necesară o structură secundară, rezultând la nivelul întregului ansamblu o rigiditate uniformă, suficient de mare pentru a prelua fără probleme finisajul modular. Structura se autocontravântuiește pe direcție transversală, în timp ce, pentru contravântuirea pe direcție longitudinală, câte două ferme adiacente sunt legate între ele la nivelul tălpii interioare atât la cele două capete ale clădirii, cât și în zona rosturilor de dilatare.

Finisajul exterior, conceput special pentru această clădire, pornește de la aceeași idee a flexibilității - plăci detașabile ce pot fi ușor repositionate pentru a satisface cerințele schimbătoare ale interiorului. O primă utilizare a unui sistem de panouri interschimbabile într-o clădire civilă (Brookes, 1985: 117)[19] Elementele cu dimensiunea de 1800×1200mm sunt de două feluri, opace și transparente, cu o variantă curbată special pentru a face trecerea de la perete la acoperiș. Fixarea cu buloane se realizează direct pe sistemul structural principal.

Ca o bună ilustrare a naturii relației dintre arhitectură și inginerie în arhitectura modernă târzie, structura se naște aici în urma unui concept ce are la bază, pe lângă flexibilitatea maximă, o imagine coerentă a unui conținător neutru, care să nu influențeze negativ spațiile protejate. Astfel, s-a impus o structură cu o aparență uniformă, care pentru a respecta grosimea cerută de funcțiunile cuprinse între straturile anvelopei, intră în conflict cu realitatea funcțională a sistemului structural. Dacă rezultatul la care s-a ajuns nu reprezintă optimul structural, rezolvările de detaliu și gândirea integrată par să fi generat per ansamblu o soluție economică.

Fără a pune în discuție calitățile arhitecturale indiscutabile ale acestui proiect, dată fiind supunerea docilă a structurii la cerințele conceptului arhitectural, fără a lua în considerare alternative de o mai mare eficiență structurală, este greu de apreciat dacă soluția rezultată valorifică la maxim potențialul structurii metalice.

6.6 INMOS MICROPROCESSOR FACTORY, NEWPORT, WALES

Proiect: 1980

Construcție: 1982

Arhitectură: Richard Rogers Partnership

Structură: Anthony Hunt Associates

În cazul acestei construcții utilitare, *Planșa 6*, imaginea arhitecturală este justificată, în cea mai mare parte, de rațiuni funcționale, aparența exterioară fiind marcată de elementele structurale expuse, care au în vedere o reducere a forțelor de încovoiere și implicit a consumului de material.

Clădirea comandată de compania INMOS urma să adăpostească, într-un spațiu de maximă flexibilitate, o linie de producție pentru micro-cipuri, birouri, un restaurant și spații auxiliare (Schulitz, 1999: 308)[141]. Tema pornea de la necesitatea unui spațiu operațional mare, fără stâlpi intermediari, perfect deservit funcțional, cu un spațiu central ca loc de întâlnire, și care să ofere posibilitatea unei extensii liniare simple în viitor. Răspunsul a fost dat de o construcție pe un singur nivel, având o structură repetitivă cu schelet portant extern, care susține pe lângă încărcările acoperișului și finisajul închiderilor perimetrice, o platformă centrală multietajată care preia tot sistemul de instalații și echipamente necesare acestui tip de industrie. Circulația centrală, o veritabilă 'coloană vertebrală' de 106×7,2m, împreună cu coridoarele de serviciu, devin astfel scheletul funcțional al clădirii. Pornind de la această configurație, sectorul de producție, sensibil la praf, este dispus pe aripa nordică, în timp ce birourile, restaurantul și curtea interioară ce le separă, ocupă aripa sudică [293].

Sistemul structural are la bază grinzi tridimensionale cu zăbrele, așezate pe o deschidere de 38m, dispuse la interax de 13m și suspendate la câte o treime de pilonii înalți de 25m ai structurii centrale. Substructura acoperișului este în formă de rețea de bare susținute de grinzile principale și secundare. Acoperirea este formată din panouri sandwich de tablă cutată cu izolație termică, ce preiau deschiderea de 6m, etanșate cu cinci straturi de membrană hidroizolatoare. Pereții exteriori se bazează pe un sistem standardizat riglă și montant, care poate adopta diverse tipuri de închidere: sticlă simplă, dublă, panouri translucide sau opace (Schulitz, 1999: 308)[141].

Pornită de la aceeași nevoie de flexibilitate cerută de societatea modernă, regăsită mai ales în domeniul tehnologiei de vârf, a cărei cerințe sunt în continuă schimbare, această soluție asigură funcționarea spațiului total prin 'coloana vertebrală' ce deservește flexibil cele două aripi libere de elemente portante. Amplasarea exterioară a echipamentelor permite o intervenție fără perturbarea activității în condițiile unei funcționări non stop a liniei de producție. Folosind la maxim tehnologia modernă, ansamblul este conceput ca un set de elemente ce pot fi, în cea mai mare măsură, prefabricate, permițând o desfășurare a construcției travee cu travee.

În acest exemplu, tipic high-tech, observăm o arhitectură bazată eminamente pe expresivitatea unei structuri de rezistență optimizate la maxim. Deși pare soluția ideală de abordare, ea este departe de a valorifica la maxim potențialul structurilor metalice. Ea valorifică într-adevăr potențialul, dar absolut unilateral, ținând cont aproape exclusiv de eficiența utilizării materialului structural. Amplasamentul [293], consumul tehnologic, întreținerea unei astfel de structuri, uniformitatea imaginii repetitive, sunt doar o parte din problemele ignorate de acest tip de abordare a arhitecturii.

6.7 HONGKONG AND SHANGHAI BANK HEADQUARTERS, HONG KONG

Proiect: 1979

Construcție: 1986

Arhitectură: Foster Associates

Structură: Ove Arup & Partners

La finalizarea ei în 1986, clădirea de cca. 100.000mp (Treiber, 1992: 64-89) [157], având 47 niveluri și 180m înălțime, *Planșa 7*, a devenit noul reper pentru sediile centrale ale marilor corporații.

Încă din tema program se propunea proiectarea celei mai bune clădiri bancare din lume. Având în vedere suprafața uriașă ce se dorea a fi construită într-un timp cât mai scurt, s-a sugerat un nivel ridicat de prefabricare, care să includă un număr cât mai mare de module finisate complet în uzină. Aceeași dorință de a grăbi construcția a generat și ideea unui proces de execuție care să aibă loc simultan de jos și de sus, foarte probabil ideea care a avut contribuția decisivă în adoptarea soluției de megastructură cu elemente suspendate.

La nivel global, avem o clădire cu un profil în trepte, formată din trei turnuri lipite, de 29, 36, respectiv 47 de niveluri, care generează planuri cu adâncimi diferite și permit amplasarea unor terase grădină. Ceea ce distinge însă aparența acestei clădiri, este uriașa structură portantă expusă la exterior. O structură care face posibilă o mișcare radicală inclusiv în organizarea interiorului. Față de tipologia consacrată de clădirile înalte de birouri, miezul serviciilor este deplasat pe perimetrul clădirii. Spațiile astfel obținute se dovedesc suficient de adânci pentru a permite ca zona de contact cu publicul să poată fi organizată în jurul unui atrium uriaș, dezvoltat pe 10 niveluri, în care lumina naturală este adusă prin intermediul unor oglinzi uriașe (Abel, 2004: 79-80)[1]. Datorită aceleiași soluții structurale, parterul s-a putut transforma într-o veritabilă piață publică. Legătura clădirii cu piața se face prin intermediul a două lungi escalatoare, ce urcă liber exact în miezul marelui atrium. Etajele superioare găzduiesc birouri organizate pe sistemul planului liber. În zona grinzilor de transfer sunt intercalate zone de recepție-distribuție cu înălțime dublă de nivel, ce au rolul de a reduce scara clădirii atât din punct de vedere vizual cât și social.

Structura portantă metalică se bazează pe un sistem de piloni și grinzi colosale de care sunt suspendate pachete de mai multe niveluri. Încărcările verticale date de nivelurile suspendate sunt transferate prin intermediul grinzilor la pilonii exteriori, în timp ce încărcările orizontale rezultate din această suspendare sunt neutralizate de elemente comprimate. În acest fel, momentele de încovoiere din piloni rămân relativ mici. Fiecare pilon este compus din patru stâlpi tubulari,

conectați rigid la fiecare nivel, în așa fel încât să lucreze ca niște grinzi Vierendeel verticale. Raportul dintre diametrul și grosimea peretelui fiecărui stâlp variază de la 1400:100 la nivelul solului la 800:25 la ultimul nivel. Contravântuirile orizontale dispuse la fiecare nivel se opun torsiunii. Grinzile de transfer au o deschidere de 33,6m și console de 10,8m de fiecare parte. În timp ce grinzile interioare încorporează un element comprimat la partea superioară, acestea sunt omise din fațade din motive expresive (Schulitz, 1999: 384)[141]. Modulele cu echipamente și scări de evacuare sunt amplasate în spațiul rămas între elementele în consolă. Contravântuirea transversală este obținută prin intermediul unor diagonale pe două niveluri, amplasate la nivelul fermelor, și a unor diagonale pe trei niveluri dispuse în zona marelui atrium. Contravântuirea longitudinală este asigurată de interacțiunea dintre elementele structurale, care acționează ca o fermă rigidă.

Măsurile anticorozive constau în 18mm de amestec de nisip și ciment polimerizat armat cu fibră de oțel inoxidabil. Protecția la foc este asigurată de o saltea de fibră ceramică pe plasă de sârmă de inox. Finisajul structurii este realizat din aluminiu, ca și profilele pereților cortină (Ford, 1996: 387-395)[47].

Cerințele economice și pragmatismul, ce stăteau și stau și acum de cele mai multe ori la baza deciziilor privind forma clădirilor medii și înalte, duc aproape inevitabil la soluții rectiliniare monobloc. În asemenea condiții, manipularea masei construite rareori ajunge să fie luată în considerare pentru a contribui pozitiv la calitatea expresivă a țesutului urban. Soluția expunerii elementelor structurale pe fațadă a ajuns să fie considerată la acea vreme alternativa ideală pentru atingerea unui asemenea deziderat. Mai mult decât atât, ea răspunde cu succes cerințelor inerente de reprezentare. "Dacă structura acestei clădiri ar fi fost acoperită de fațadă, una din cele mai cunoscute clădiri comerciale din lume nu ar mai fi fost recognoscibilă" (Charleston, 2005: 51)[28].

O structură colosală face posibilă transformarea unui prețios amplasament, de cca. 68x75m, dintr-o zonă urbană ultraaglomerată într-un oraș bancar vertical (Bachman, 2003: 383)[7], cu o suprafață de 10ha de spațiu climatizat. Forma acestei structuri, devenite principal mijloc al expresiei arhitecturale, se dorește a fi perfect adaptată cerințelor portante și constructive extrem de pretențioase pe care le impunea satisfacerea nevoilor clientului, în condițiile în care aceste cerințe par să se fi schimbat radical pe parcursul proiectării (Charleston, 2005, 51-52)[28]. Dincolo de contestabilitatea unei soluții oferite ca răspuns la o problemă a cărei date s-au schimbat ulterior stabilirii soluției, discutabilă rămâne și aici, ca și în cazul tuturor clădirilor a căror bază conceptuală pleacă de la premiza că satisfacerea nevoilor complexe ale ființei umane este implicită atunci când construcția respectă cerințele funcționale, tocmai premiza conceptului. În ce măsură tehnologia de ultimă oră poate soluționa fără probleme toate contradicțiile ce pot apărea din cauza unor asemenea abordări ? În ce măsură un spațiu ce impune, prin gabarite și configurație rezultate din considerente în primul rând constructive, un control artificial aproape total al atmosferei interioare (Abel, 2004: 79-80)[1], reprezintă cea mai bună soluție de satisfacere a nevoilor celor care ajung să îl populeze ? Sunt doar o parte din multiplele întrebări care pot pune la îndoială succesul pe care o asemenea abordare îl poate avea în valorificarea la maxim a potențialului structurilor metalice de a oferi cel mai potrivit răspuns global problemelor ridicate de adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane.

6.8 HYSOLAR INSTITUT, STUTTGART

Proiect: 1986

Construcție: 1987

Arhitectură: Behnisch & Partner

Structură: Schlaich, Bergermann & Partner

Îndrăzneță în diluarea formei și încadrată perfect în tiparul deconstrucției, această clădire, *Planșa 8*, este reprezentativă pentru ceea ce avea să fie considerată de unii 'arhitectura haosului'.

Comandată de Universitatea din Stuttgart, noua construcție urma să ofere spațiile necesare experimentării în domeniul stocării și utilizării energiei solare. Se cereau a fi create spații pentru funcționarea a două instituții: IPE, care urma să se ocupe de cercetarea din domeniul semiconductorilor necesari pentru electroliză și DFVLR, ce primea viitoarea sarcină de optimizare a procesului de electroliză. Obiectul cercetării: extragerea hidrogenului din apă, soluție care ar putea să ofere un răspuns problemei de stocare și transport a energiei electrice obținute din energie solară. Deși tema ar putea fi considerată oarecum prozaică, pentru a marca importanța și ineditul acestui proces de cercetare, beneficiarul își dorea un produs arhitectural de excepție (Spieker, 2005: 235) [149].

Pornind de la ideea cercetării ca proces în desfășurare, a cărui rezultate nu pot fi din start controlate, răspunsul a fost dat de o construcție cu aparență haotică, neterminată, de colaj din elemente prefabricate disponibile în industrie, alese și dispuse parcă la întâmplare. Peste containere așezate decalat, care rezolvă în cea mai mare parte cerințele spațiale pur utilitare ale celor două instituții de cercetare, acoperișul cu aspect improvizat devine element definitoriu în stabilirea imaginii. În timp ce exteriorul relevă aparența șocantă a formei rezultate din acest demers creativ, interiorul oferă adevărata măsură a dinamicii spațiale: containerele, cele mai importante elemente de definiție, sunt așezate de o parte și de alta a spațiului intermediar, oferind, datorită decalării, „locuri” de interes de mare diversitate atât dedesubtul cât și deasupra lor. Pe acoperișul containerelor de jos apar zone de stat sau de circulație. Legăturile dintre acestea, realizate prin rampe, pasarele și trepte de oțel, datorită poziției și caracterului individualizat, dau spațiului o dinamică extremă. Deschiderile de la nord și sud, care formează din anumite unghiuri fundalul componentelor dinamice, pun spațiul interior într-o puternică relație cu exteriorul.

Structura portantă are la bază structura internă a containerelor prefabricate, dispusă la interax de 2,4m, ce descarcă pe fundații continue. Încărcările statice inegale ale diverselor părți de container au fost stabilite separat de către proiectanții de rezistență cu ajutorul unui program de calcul computerizat. Din aceste determinări au rezultat profilele și elementele scheletale necesare preluării încărcărilor și rigidizării. Traveile rezultate nu sunt repetitive, existând diferențe atât la nivelul înălțimii cât și a adâncimii spațiilor. Acoperirea spațiului intermediar este susținută de un sistem de coaste în formă de 'L', de diferite lungimi, care sprijină pe cadrul containerelor superioare. Partea mai lungă suportă elementele fixe de acoperire din tablă cutată și sticlă, în timp ce partea scurtă, mai înclinată, are ochiuri de sticlă mobile, care permit ventilarea naturală. Profilul roșu circular, în formă de arc, ce crește din pământ și străpunge ansamblul, deși aparent inutil din punct de vedere structural, susținând doar mica porțiune nordică, nefuncțională, a acoperișului prin intermediul unor bare de oțel vopsite în alb, și ajutând, conform

spuselor arhitectului, la rigidizarea longitudinală, are în cadrul compoziției arhitecturale un rol formal extrem de important: fixat la nord într-o fundație de beton, trecând prin fațadă, subtraversând coastele acoperișului, străpungând fațada sudică și terminându-se abrupt în dreptul instalației solare, el devine acel 'conector' ce poate oferi părților aparența unui ansamblu structurat (Spieker, 2005: 236-238) [149].

Închiderile la sud și nord ale spațiului intermediar, aproape în totalitate vitrate, au montanți ce merg pe toată înălțimea, dispuși uneori oblic, și rigle horizontale așezate decalat. Panourile de închidere sunt din sticlă, plexiglas sau aluminiu. Planșeele sunt realizate cu tablă cutată și suprabetonare. Închiderile nivelurilor superioare și ale galeriei sunt realizate cu structură ușoară, respectiv rigle de lemn așezate pe console din profile 'T'. Pereții multistrat, compuși din plăci de fibrociment, au la exterior acoperire de aluminiu. La nivelul solului, placa este din beton armat finisată cu asfalt.

Separat de corpul principal apare o construcție mică, realizată din beton armat din motive de securitate. Ea adăpostește depozitul de hidrogen și instalația de electroliză. Instalația de ventilație rămâne la rândul ei la exterior, așezată pe unul dintre containerele inferioare. Generatorul solar bazat pe celule fotovoltaice este montat pe o schelă independentă de clădire, pentru a beneficia la maxim de radiația solară (Spieker, 2005: 237) [149]. Toate aceste componente funcționale, lăsate în puritatea imaginii lor tehnologice, aduc o contribuție importantă la poetica generală.

O clădire care dă cu adevărat senzația unui laborator, ba chiar mai mult, a unui experiment. Elemente disparate sunt adunate laolaltă într-un aranjament aparent haotic, având în fapt logica intrinsecă impusă de cerințe funcționale. Demersul poate fi asimilat muzicii de Jazz, care dincolo de senzația de improvizație liberă, este perfect controlată de reguli, experiență și artă creativă. Deși abordările nu sunt ușor de justificat, caracterul dinamic este fără îndoială excitant. Haosul planificat apare ca expresie a încrederii în forța inspirației, verificată aici experimental într-o construcție scara 1:1. Putem observa cum produsul industrial își începe căutările de eliberare din constrângerile pur funcționale.

În arhitectura deconstructivistă forma impusă caută înapoi să provoace dezvoltarea, să deconstruiască, mai întâi de toate, blocajele mentale. Este clar că procesul de proiectare vizează programatic acest lucru. Colaboratorii sunt chemați să ofere soluții, de cele mai multe ori extreme, la ceea ce se consideră, pur intuitiv, că dezvoltarea tehnologică va face cumva posibil.

6.9 GUGGENHEIM MUSEUM, BILBAO

Proiect: 1991

Construcție: 1997

Arhitectură: Frank O. Gehry & Associates

Structură: Skidmore, Owings & Merrill

Unic nu doar ca imagine, ci și ca proces de proiectare (Lindsey, 2001: 42-47; Szalapaj, 2001: 190)[94][153] și execuție, Muzeul Guggenheim din Bilbao, *Planșa 9*, a presupus o activitate de pionierat atât în soluționarea inovativă a sistemelor structurale pentru suprafețele cu dublă curbură, cât și în utilizarea și distribuirea informațiilor generate de calculator între arhitecți, ingineri, producători și executanți.

Ambițiosul proiect, selectat în urma unui concurs internațional, urmărea, pe de o parte crearea unui nou și spectaculos peisaj arhitectural pentru Bilbao, metropola țării Bascilor atinsă de declinul economic (Rosenblatt, 2001: 124-137) [135], pe de altă parte un cadru potrivit expunerii colecțiilor pe care fundația Guggenheim le prezintă în lumea întreagă. Clădirea, de un imens dramatism, apare ca o masă de forme asimetrice în dezechilibru, în care volumele principale neregulate, a căror profile se schimbă cu fiecare schimbare a poziției privitorului, par o aglomerare de elemente prăbușite sau în curs de colaps. O grupare de forme organice pe care Gehry le numește 'floarea metalică' încoronează întreg ansamblul. Placarea fațadelor cu piatră de calcar și titan, ce își modifică culoarea în funcție de starea vremii, oferă în plus exteriorului un caracter absolut aparte. Interiorul muzeului este dominat de un atrium vitrat, de 50m înălțime. Uriașul spațiu servește ca punct focal pentru cele trei niveluri de galerii convergente. Ecranele, bolțile și volumele prezente în această secvență de spații free-form, aparent lipsite de greutate, plutesc și fuzionează unele cu altele, ghidate doar de jocurile de umbră și lumină.

Structura 'integrată' a cojilor curbate, dezvoltată de inginerul Hal Ingar de la SOM (Kolarevic, 2003: 159)[84], este rezolvată pe trei niveluri succesive: nivelul primar, care folosește elemente rectiliniiare din profile laminate zincate, nivelul secundar, din bare zincate care descriu curbura orizontală, și nivelul terțiar, din profile 'C', care stabilește curbura verticală. Concepția se bazează pe un sistem cu aplicabilitate universală, ce face posibilă materializarea oricărui aranjament geometric. Pentru a descrie forma, este concepută o țesătură structurală din elemente finite, care pot fi prefabricate cu ajutorul mașinilor cu comandă numerică, permițând astfel atingerea celui nivel maxim de toleranță care să facă posibilă asamblarea. Pentru a construi în cele din urmă acest complicat eșafodaj structural, nu s-a recurs la măsurători clasice. Fiecare componentă a primit un cod de bare încă din procesul de prefabricare, un cod care îi permitea atât identificarea, cât și poziționarea corectă în spațiu (Annette LeCuyer in Brawne, 2003: 59)[18]. Echipamentele de supraveghere cu laser, conectate la modelul CATIA (Szalapaj, 2001: 195)[153], dădeau posibilitatea ca fiecare piesă să fie amplasată cu precizie în poziția definită pe calculator.

Ca suport al finisajului, pe stratul terțiar a fost fixată o tablă galvanizată de 2mm grosime, pe care este așezată termoizolația și o membrană hidroizolatoare. Foile de titan de 0,3-0,4mm grosime (Lyons, 1997: 206)[97], care reprezintă principalul material de finisaj, identice în proporție de 80%, sunt fixate cu ajutorul unor ancore din oțel inoxidabil. Finisajul cu piatră de calcar, ale cărui elemente diferite au fost frezate piesă cu piesă după datele transmise de calculator, a necesitat dezvoltarea unui sistem de prindere special, care să facă față greutateii relativ mari și vânturilor puternice din zonă. Înainte de execuție, foile de sticlă au fost măsurate piesă cu piesă după desene tipărite la scară mare. Datele culese au fost reintroduse în calculator, astfel ca decuparea formelor de mare diversitate să poată fi făcută tot pe utilaje cu comandă numerică. Tehnologia informatică a avut un rol esențial în toate fazele, de la proiectare până la execuție.

Adaptat unei realități extrem de complexe, sistemul de lucru folosit aici dovedește pe deplin potențialul tehnologiei moderne. Și totuși, deși tehnologia este cea care face posibilă o asemenea arhitectură, ne aflăm la extrema opusă abordărilor high-tech, în cadrul căreia eficiența structurală, adică ceea ce am putea numi 'idealul' structural, joacă rolul de generator al expresiei, ignorând programatic cerințele foarte specifice, ce pot fi considerate rezultatul interpretării subiective a

nevoilor ființei umane. Generatorul expresiei este în cazul muzeului Guggenheim din Bilbao tocmai interpretarea subiectivă a acestor nevoi. Conceptul rezultat din această interpretare devine 'idealul' arhitectural, pe care tehnologia se străduiește ulterior să îl materializeze.

Valorificarea potențialului structurilor metalice presupune aici exploatarea acestora la extrem. Putem considera că avem de a face cu un proces de cercetare în proiectare, în care se caută dezvoltarea potențialului structurilor metalice de a soluționa cerințe aparent imposibil de soluționate. O cercetare în proiectare în care expresia arhitecturală este abordată independent, fiind ignorate în primă fază toate problemele pe care le-ar putea genera. Tehnologia de ultimă oră este chemată să facă posibilă soluționarea acestora.

Chiar dacă am putea fi tentați să considerăm clădirea muzeului Guggenheim din Bilbao o incontestabilă realizare a previziunilor începutului de secol XIX, conform căreia apariția fierului va face posibilă orice construcție, chiar și absurdă, per ansamblu ea reprezintă o realizare absolut fascinantă. Dezordinea ei, aparența proiectării întâmplătoare și dezechilibrul pe care îl creează, o plasează perfect în agenda Deconstructivistă. Dar nu forma, ce poate fi considerată arbitrară, a acestei clădiri este cea care ar putea oferi un model inspirațional arhitecților contemporani, ci realitatea pe care o dezvoltă acest mod de abordare a proiectării (Gehry, 2004: 19-35)[55]. Muzeul Guggenheim din Bilbao ne dovedește că este aproape imposibil ca 'idealul' arhitectural, chiar absurd, să nu poată fi materializat, chiar în limite acceptabile economic, în condițiile tehnologiei contemporane. Unica problemă a valorificării la maxim a potențialului tehnologiei contemporane, implicit a potențialului structurilor metalice, în construcțiile ce rezultă în urma unui asemenea proces de proiectare, rămâne tocmai definirea acestui 'ideal'.

6.10 SWISS RE, LONDRA, UK

Proiect: 1997

Construcție: 2004

Arhitectură: Foster + Partners

Structură: Arup

Printre cele mai dramatice puncte de reper din Londra, turnul de 179,8m înălțime comandat de compania Swiss Re, unul din liderii mondiali în domeniul asigurărilor, se dorește a fi prima clădire înaltă ecologică din capitala Britanică (Hyatt, 2004: 12; Binder, 2006: 144)[73][13] *Planșa 10*.

Construcția de 41 de niveluri oferă o suprafață de 76.400mp pentru birouri și spații auxiliare necesare funcționării acestora: parcaj, spații tehnice și de depozitare la subsol, galerie comercială accesibilă din piața urbană nou creată la parter, și un club restaurant la ultimul nivel, ce oferă o panoramă spectaculoasă de 360 de grade asupra orașului.

Generată de un plan radial cu perimetru circular, clădirea crește cu 3,5m în diametru până la nivelul 16, după care descrește treptat până la vârf. Forma distinctivă se dorește a fi răspunsul optim la constrângerile impuse de amplasament: apariție mai zveltă decât un bloc rectangular de dimensiuni echivalente; reflecții reduse și ameliorarea transparenței; reducerea diametrului către bază, pentru a crește spațiul alocat publicului la nivelul parterului. Mai mult decât atât, o astfel de formă reduce cantitatea de vânt deviată către sol, comparativ

cu un turn rectiliniar de aceeași dimensiune, menținând confortul pietonilor la nivelul străzii (Hyatt, 2004: 14; Kolarevic, 2005: 210-211)[73][85]. Tot prin intermediul acestei forme se obțin și diferențele de presiune necesare funcționării optime a sistemului inedit de ventilare naturală. Amplasarea structurii diagonale la nivelul anvelopei exterioare a permis obținerea unor planuri complet libere de elemente verticale și o fațadă puternic vitrată, care face posibilă deschiderea completă a spațiilor utile către lumină și peisaj. Atriumurile ce parcurg în spirală clădirea pe toată înălțimea, formează o serie de spații intermediare distinctive, care devin locuri de întâlnire sau absolut necesare puncte de recreație și relaxare pentru angajați. Funcționarea lor, ca un veritabil plămân care distribuie în tot interiorul clădirii aerul proaspăt ce pătrunde prin ochiurile mobile ale fațadei, reduce substanțial dependența clădirii de aerul condiționat, astfel încât, împreună cu celelalte măsuri de ecologizare, să se poată obține o reducere a consumului de energie convențională cu până la 50% față de turnurile de birouri tradiționale (Binder, 2006: 144)[13].

Structura metalică presupune un miez central cu stâlpi verticali și o structură perimetrală diagonală cu centuri la fiecare nivel, legate laolaltă prin intermediul grinzilor principale radiale. O structură diagonală esențială pentru a permite descrierea fără probleme a acelei suprafețe cu dublă curbură, care din punct de vedere conceptual reprezintă elementul cheie al acestei clădiri. Hotărâtoare în dezvoltarea structurii diagonale sunt nodurile tridimensionale, realizate din plăci de oțel sudate laolaltă la unghiuri diferite, astfel gândite de proiectantul de rezistență, încât să simplifice și să optimizeze la maxim execuția. Elementele structurale diagonale sunt realizate din secțiuni tubulare de oțel, de la 508mm diametru la bază la 273mm diametru la vârf, cu grosimi ale peretelui variind între 40 și 32mm, care se intersectează în noduri din două în două niveluri, formând împreună cu centurile perimetrare cadre asemănătoare cu litera "A". Grinzile radiale din oțel laminat și planșeele de legătură din tablă cutată cu suprabetonare asigură rigiditatea orizontală a ansamblului. Dată fiind diversitatea tuturor acestor componente structurale, utilizarea modelării 3D a fost determinantă atât în dimensionarea structurii cât și în gestionarea și coordonarea proiectului în ansamblu.

Fațada preia nemijlocit geometria diagonalelor structurale. Vitrajul pe toată înălțimea este subdivizat în elemente rombice și triunghiulare prefabricate din rame de aluminiu cu rupere de punte termică și sticlă termoizolatoare. Având în vedere forma diferită, controlul computerizat a fost necesar și la acest nivel în absolut toate fazele: proiectare, producție, livrare și montaj.

Conceptual acest turn dezvoltă o idee explorată de Norman Foster împreună cu Buckminster Fuller cu ani în urmă la proiectul Climatroffice, în care erau sugerate noi posibile raporturi între natură și locul de muncă și soluții mai eficiente de anvelopare, prin rezolvarea pereților și acoperișului într-o singură coajă triangulată. Preluată tot mai des în clădirile contemporane, această abordare a structurii integrate tinde să înlocuiască sistemul cu cadre și plan liber.

Ca și în cazul celorlalte exemple proiectate de Norman Foster, creația arhitecturală se concentrează pe definirea conținătorului, un conținător care să ofere o suprafață cât mai mare de spațiu neutru, bine controlat climatic. În plus față de exemplele anterioare, relevând un spirit al noilor timpuri, acest conținător caută să integreze programatic în configurația spațial-formală răspunsuri la nevoile de protecție a mediului, tot mai clar conștientizate de societatea contemporană. Fie că vorbim de economia de resurse convenționale utilizate pentru controlul climatic, fie de microclimatul generat în proximitatea unei asemenea construcții, ce poate afecta

serios calitatea mediului de amplasare, ele și-au găsit un loc important în agenda conceptuală.

Dacă soluția structurală la care s-a ajuns în cadrul acestui proiect poate fi considerată ideală pentru rezolvarea cerințelor impuse de arhitectură, măsura în care conceptul arhitectural care a impus respectivele cerințe, și implicit această formă globală, reprezintă răspunsul 'ideal' la complexul de nevoi asociate ființei umane, rămâne la fel de discutabilă ca la oricare alt concept care vizează satisfacerea nevoilor ființei umane prin conținătoare generice supertehnologizate.

6.11 NATIONAL SWIMMING CENTER, BEIJING

Proiect: 2003

Construcție: 2007

Arhitectură: PTW Architects, CSCEC

Structură: Arup, CSCEC

Fără îndoială o nouă inovație a artei construirii, clădirea National Swimming Center, sau "The Watercube", *Planșa 11*, poate fi considerată o realizare remarcabilă a ingineriei structurale din ultima perioadă.

Situată pe partea vestică a axului central al parcului construit pentru Olimpiada 2008 din Beijing, vizavi de marele stadion 'Bird's Nest', ea adăpostește centrul competițional de natație. Imaginea exterioară prezintă un volum paralelipipedic, pe bază pătrată de 177m × 177m, cu înălțime de 31m (Fu et al, 2006: 21)[51], decupat parcă dintr-o mare de spumă uriașă. Forma, relativ rigidă, avea să rezulte în urma unui proces de creație atipic pentru proiectele ce participă la concursurile de arhitectură: luând în calcul determinanții impuși de inginerii de la Arup pe baza experienței acumulate în proiectarea unor importante construcții similare, arhitecți de la PTW au determinat o suprafață necesară pentru adăpostirea funcțiunilor, ce ocupa aproape întreg situl rectangular pus la dispoziție. Din acoperirea acestei suprafețe avea să rezulte un paralelipiped regulat, justificat cultural de tradiția și mitologia chineză, în care forma primară a casei este pătratul, și relația de dualitate (Yin-Yang) ce avea să se nască în raport cu stadionul lui Herzog & de Meuron, la care Arup oferea consultanță pe partea de inginerie. Spațiul interior, ce adăpostește pe o suprafață de 70.800mp cele 5 bazine, patinoar artificial, sală de sport, cinematograful și funcțiuni auxiliare, este decupat din paralelipipedul de spumă pe baza impunerilor funcționale. Rezultatul este o atmosferă dominată de linii structurale, ce par a delimita bule ca de săpun, și lumină pătată parcă de umbre punctuale în mișcare, asemănătoare cu cele din apele adânci.

Având în vedere așteptările extraordinare pe care trebuia să le satisfacă un proiect de concurs la asemenea nivel, soluția structurală a formei regulate, prestabilite, nu putea fi decât extraordinară. Banalitatea unei structuri triangulate, suprapuse peste volumul riguros, nu putea oferi o soluție convingătoare din punct de vedere expresiv. Căutările pornite de la componente cilindrice orizontale și verticale, care nu oferă racorduri satisfăcătoare între pereți și acoperiș, au ajuns în cele din urmă în domeniul fizicii. Răspunsul dorit avea să fie dat de soluția cuplului Weaire-Phelan din 1993, la problema Kelvin de subdivizare a spațiului în volume, folosind cea mai mică suprafață de contact (Aste, Weaire, 2000: 101-103)[6]. Decupată sub un anumit unghi (Fischer 2005: 231-232, Fu et al, 2006: 22)[44][51],

această 'spumă' avea să ofere acea aparență neregulată, organică, a „condiției naturale ce se supune condiției culturale”, a ansamblului structural rigid. Structura metalică propriu zisă preia acele linii de intersecție dintre planele de separare într-un număr de 22.000 de componente tubulare de oțel, care se intersectează în 12.000 de noduri sferice. Ceea ce pare a fi un uriaș mecanism, este transformat în structură portantă prin rigidizarea nodurilor. Spre deosebire de zonele cu seismicitate redusă, soluția componentelor supuse la încovoiere se dovedește optimă pentru disiparea energiei într-o zonă seismică. Determinarea dimensiunii componentelor, a poliedrelor, a unghiului dintre matricea structurală și planul de tăiere, aveau să fie rezultatul proceselor de optimizare realizate cu ajutorul programelor de calculator (Fu et al, 2006)[51].

Închiderea la suprafața interioară și exterioară a structurii cu cele 4.000 de perne din folie ETFE, în suprafață totală de 100.000mp (Pohl, 2007: 21)[124], pune în practică principiul dorit, al serei, în care structura, ce permite pătrunderea unor mari cantități de lumină, este cuprinsă între suprafețe protectoare. Aspectul convex al acestor perne translucide, ce permit preluarea deschiderilor relativ mari fără structură secundară, completează ideal imaginea uriașelor bule de săpun.

Putem vorbi de melanjul perfect dintre arhitectură și structură. Arhitectura ia naștere în structura infinită prin "eliminarea surplusurilor" pentru a rezolva cerințe funcționale, spațiale și de imagine. Decoratia, departe de a mai fi un tabu, vine aici din interior, dintr-o abordare inclusivă, controlată de însemnătatea limitelor care definesc spațiul și conturează forma. Contrar aparențelor, nevoia de 'joacă' a culturii occidentale, regăsită în volumul ce respectă 'rigoarea' tradiției orientale, este satisfăcută cu ajutorul unei matrici structurale perfect organizate, care reduce prin optimizare numărul componentelor diferite. Vorbim de un sistem structural autoorganizat, generat de calculator, de soluții algoritmizate, de interdependență și optimizare realizată prin milioane de operațiuni de calcul. Modelul tridimensional care oferă toate datele necesare proiectării, simulării, comunicării interdisciplinare și execuției, devenit de mult standard de operare la asemenea nivel, este determinant în obținerea succesului.

Rezultat eminent al proiectării totale promovate de Ove Arup, această construcție are la bază un proces de conceptualizare extrem de deschis. Având în vedere ponderea structurii de rezistență în cadrul unei asemenea clădiri, s-a căutat intenționat cuprinderea ei în programul expresiv (Rappaport, 2006: 95-105)[129], cel care putea să facă diferența în cadrul concursului de arhitectură. Chiar dacă baza conceptuală a fost definitivată înaintea conturării soluției structurale, ea a fost menținută suficient de flexibilă pentru a permite dezvoltarea potențialului structurii metalice de a răspunde deopotrivă cerințelor structurale și expresive care se doreau a fi satisfăcute de viitoarea construcție.

6.12 CENTRAL CHINESE TELEVISION CCTV, BEIJING

Proiect: 2002
Construcție: 2008
Arhitectură: OMA
Structură: Arup

Controversatul proiect (Koolhaas, 2007: 342)[86] pentru sediul central al televiziunii naționale chineze (CCTV), desemnat în urma unui concurs internațional

la care au luat parte nume mari, printre care Dominique Perrault, KPF, SOM sau East China Design Architectural Institute of Shanghai (Xue, 2005: 43)[175], avea să participe la redesenarea siluetei urbane a noului centru de afaceri al Beijingului, alături de alte 300 de turnuri planificate a fi ridicate în perioada imediat următoare. Refuzând căutarea unei noi expresii a verticalității, sau lupta pentru unicitate în termenii înălțimii, propunerea laureatului premiului Pritzker pentru arhitectură din anul 2000, Rem Koolhaas, și a biroului său OMA, avea în vedere o nouă abordare: imaginea simbol a obiectului tridimensional *Planșa 12*.

Urișa construcție cu o suprafață de 450.000mp (Carrol, 2005: 4)[26], avea să adăpostească toate spațiile necesare procesului de producție TV (administrație, producție și difuzare) sub același acoperiș, într-o singură 'buclă' de activități interconectate. În acest scop, două structuri înclinate născute dintr-o platformă comună ce adăpostește producția, una dedicată difuzării programelor, cealaltă serviciilor, cercetării și educației, se unesc la vârf pentru a crea o uriașă consolă ce adăpostește cartierul general al conducerii. Relevând o parte din suportul principal al clădirii, fațada prezintă într-o rețea diagonală neregulată, expresie a elementelor de contravântuire, matricea dinamică a forțelor ce descarcă prin structura tubulară.

Deși un turn de numai 250m înălțime poate fi susținut fără probleme de miezul interior, pentru a oferi suport formei arhitecturale deosebite, a fost necesară utilizarea fațadei ca element structural, astfel încât să poată fi format un sistem tubular continuu. Soluția cu tub rigid a fost singura modalitate de a menține la o proporție acceptabilă elementele necesare pentru preluarea uriașelor forțe generate de forma înclinată frântă, supusă la încărcări seismice sau datorate vântului puternic. Structura tubulară are la bază o rețea regulată de stâlpi perimetrali de oțel, turnați în beton, grinzi perimetrale și contravântuiri diagonale de oțel intersectate la două niveluri, conform necesităților funcționale impuse de studiourile de producție (Carrol, 2005: 5)[26]. Rețeaua de bază a fost optimizată prin adăugarea sau înlăturarea diagonalelor și schimbarea grosimii plăcilor pentru a satisface rezistența și rigiditatea cerute în proiect. Planșeele sunt susținute de un miez rigid și de o rețea de stâlpi verticali. Nefiind posibilă continuarea stâlpilor pe toată înălțimea, a fost necesară introducerea unor structuri de transfer care se extind pe înălțimea a două niveluri, adăpostind și parte din spațiile tehnice necesare. Aceste structuri de transfer se regăsesc la jumătatea înălțimii turnurilor și la marea consolă unde preiau stâlpii ce susțin planșeele ultimelor niveluri (Carrol, 2005: 8-9) [26]. Unul din punctele critice ale proiectării structurale a fost conceperea nodurilor care leagă structura elevației de diafragmele orizontale. Problema consta în rezolvarea lor în așa fel încât articulațiile plastice să se formeze în zona contravântuirilor, pentru a disipa energie seismică și a evita eforturi suplimentare în stâlpii și așa foarte solicitați (Carrol, 2005: 8)[26]. Transmiterea încărcărilor la sol se face printr-un radier de 7,5m grosime, care se extinde în afara celor două turnuri înclinate, în așa fel încât centrul de greutate să fie apropiat de cel al turnurilor. Radierul descarcă la rândul său pe piloți de 1,2m diametru și lungime de 52m (Carrol, 2005: 5)[26]. Pentru a determina dimensiunea și dispunerea elementelor, structura principală a fost modelată pe calculator și supusă încărcărilor reprezentative. Pornirea s-a făcut de la o rețea diagonală uniformă care a permis dimensionarea corectă a stâlpilor, după care, prin investigarea distribuției forțelor în interiorul contravântuirilor, s-a ajuns la o optimizare a acesteia. Structura static nedeterminată a obligat multiple simulări și studii succesive, deoarece fiecare schimbare a grilei diagonale ducea la o redistribuire a forțelor atât în interiorul stâlpilor, cât și a grinzilor de margine și a diagonalelor. Pentru a putea controla

vizual rezultatul, a fost realizată o desfășurată a grilei de eforturi din structură (Carrol, 2005: 6)[26].

Proiectarea și execuția unei asemenea clădiri nu putea fi concepută fără ajutorul tehnologiei informatice (Carrol, 2005; 2008; Green, 2005)[26][27][60]. Modul de lucru testat de Gehry la Bilbao, devine standard: modelul 3D ajunge personajul principal - el centralizează informația și permite extragerea datelor necesare execuției. Pentru a putea gestiona execuția și montajul, multitudinea de elemente diferite impune codarea, care identifică poziția și orientarea lor în viitoarea 'machetă' 1:1.

În proiectarea clădirii pentru sediul central al televiziunii naționale chineze s-a avut în vedere un proces de proiectare care să permită eventuale dezvăliri ale potențialului structurilor metalice. Totuși, dezvăluirile se pot întâmpla doar între limite foarte constrângătoare, astfel că rezultatul, expus sau nu, este greu de catalogat drept valorificare la maxim a potențialului. El se rezumă la a exploata în desenul fațadei expresia liniilor de descărcare a eforturilor din structura de rigidizare, în timp ce supune la grele încercări structura printr-o formă globală ce poate fi considerată absolut arbitrară.

O 'buclă' excentrică frântă ca alternativă la turnul bidimensional, deja previzibil ... Arhitectura în căutarea spațiului ideal? Nicidecum, scopul în sine este unicitatea, imaginea simbol. Coerența, organizării, lanț al interdependenței ce promovează solidaritatea, sunt pure teorii care justifică abordarea. În sine, spațiul mai contează cel mult la scara obiectului, care este foarte departe de cea umană. Funcțiunile își găsesc locul printre tonele de oțel, țesute ca elemente structurale, care subdivid obiectul în mii de celule. Ideea formei care urmează funcțiunea, de această dată structurală a rețelei diagonale, enunțată la nivel de desen al fațadei, este exploatată cel mult ca imagine fascinantă și jucăușă ce ritmează exteriorul.

6.13 Concluzii

Examinarea celor câteva exemple remarcabile de utilizare a structurilor metalice în arhitectură, prezentată sintetic în acest capitol, ne întărește convingerea că un proces de proiectare care să creeze cadrul necesar dezvoltării acelei forme structurale adaptate materialului care oferă cel mai bun răspuns global problemelor ridicate de adaptarea mediului la nevoile complexe ale ființei umane, reprezintă o soluție de îmbunătățire a valorificării potențialului structurilor metalice în arhitectură.

Mai mult decât atât, în urma rezultatelor acestor examinări, se poate afirma că analiza procesului de proiectare și de luare a deciziilor reprezintă singurul instrument viabil de evaluare critică a măsurii valorificării potențialului structurilor metalice în arhitectură.

7. STRUCTURĂ METALICĂ ÎN ARHITECTURĂ, UN EXEMPLU PERSONAL

Ideea unei profunde dependențe a valorificării potențialului structurilor metalice de impuneri arhitecturale își are germenii în experiența personală a unei colaborări extrem de interesante din anii 2000-2005. Tema acestei colaborări a fost corpul de legătură al ansamblului hotelier Savoy, (*fig.7.*), proiectat de firma de arhitectură Andreescu & Gaivoronski în colaborare cu firmele de inginerie structurală HI Struct și Mighera, și ingineria instalațiilor Cărămidariu și Capabil. Un proiect distins cu nominalizări la bienala de arhitectură București 2006 și la festivalul de arhitectură Arhitext Design de la Sibiu, din anul 2007.



fig.7. Ansamblul hotelier SAVOY

Coautor al proiectului Hotel Savoy, autorul tezei a fost principalul responsabil tehnic din partea firmei de arhitectură pe tot parcursul proiectării și execuției. Contribuțiile sale la acest proiect, ce au avut în vedere o strategie de ansamblu gândită de arhitectul Vlad Gaivoronschi, autorul principal al proiectului, se regăsesc în cea mai mare parte a soluțiilor arhitecturale de detaliu, indiferent că vorbim de reconfigurarea spațială a interiorului clădirii existente, de volumetria, spațialitatea sau fațadele noilor construcții, de detalii de finisaj sau de signalectică.

În ceea ce privește aportul pe care autorul tezei îl aduce prin intermediul contribuțiilor sale la proiectul Hotel Savoy domeniului ingineriei civile, mai exact ingineriei structurale, acesta este legat în mod special de structura metalică a holului 'atrium' (vezi 7.4), cel care joacă rolul de corp de legătură în cadrul ansamblului hotelier. Dat fiind nivelul de expunere pe care urma să îl aibă structura de rezistență în cadrul acestui corp de clădire și implicit cerințele expresive care se impuneau a fi satisfăcute în aceste condiții, contribuția autorului tezei la deciziile privind soluțiile structurale a fost hotărâtoare. În lipsa elementelor de anvelopare și compartimentare, adică acele elemente de definiție spațială care se constituie de cele mai multe ori în principalul subiect al creației arhitecturale, creația s-a concentrat aici în primul rând pe elementele structurale, înțelegând prin asta în special selectarea formei și calibrarea expresivă a dimensiunii componentelor și configurarea detaliilor de îmbinare dintre acestea. Astfel, pe baza formelor de ansamblu și de detaliu intuite, concepute și proiectate de autorul tezei, în urma unei

deosebite relații de colaborare cu inginerii proiectanți de structuri de la firma HI Struct, ce s-au dedicat cu mare deschidere și creativitate înțelegerii comportamentului configurațiilor structurale inedite ce au rezultat pe baza acestor forme, validării corespondenței acestor comportamente cu cerințele normative, aveau să se contureze unele detalii de îmbinare structurală absolut originale.

7.1 Abordarea conceptuală a proiectului la nivel de ansamblu

Ansamblul hotelier Savoy este situat în zona centrală, istorică a municipiului Timișoara, pe malul stâng al canalului Bega, în imediata apropiere a intersecției splaiului Tudor Vladimirescu cu bulevardul Mihai Viteazu (fig.7.1a).

Din punct de vedere morfo-tipologic, zona este tipică pentru urbanizarea rapidă ce a avut loc la începutul secolului XX în zone intermediare, aflate între cartierele mai vechi – Cetate și Elisabetin – fronturile nu sunt continue și nu sunt aliniate la stradă, spațiile devin 'negative' reziduale, parcelele mai păstrează grădini în spate, iar casele din zonă sunt imobile de apartamente relativ luxoase, amintind de vechea burghezie timișoreană. (Gaivoronschi, 2001: 134)[52]

În anul 2000, când au început discuțiile legate de proiectul acestui ansamblu hotelier, imobilul, situat la numărul 2 pe splaiul Tudor Vladimirescu, era format din 3 parcele, ce însumau în total 1130mp, o construcție D+P+3, ridicată în perioada interbelică, cu o suprafață construită desfășurată de 1567mp, ce adăpostea 12 apartamente, și o construcție parter, fără valoare arhitecturală.

Așa cum susține arhitectul Vlad Gaivoronschi într-un prim articol dedicat acestui proiect, publicat în anul 2004 în volumul simpoziunilor zilelor academice timișene 2001, 2003,

Timișoara nu este foarte bogată în clădiri interbelice aparținând mișcării moderniste ... (Gaivoronschi, 2001: 133)[52].

Într-o Timișoară a cărei principale piese de patrimoniu sunt cetatea barocă sau cartierele Sezession, arhitectura interbelică s-a dezvoltat

... în zone poroase, în interstiții, manifestându-se stilistic diferențiat, de la ecourile târzii ale școlii budapestane (cu influențe de tip Arts and Crafts sau Școala de la Amsterdam), trecând prin perioada intermediară specifică operei lui Dulliu Marcu și mergând până la cele foarte rare cubiste de diferite nuanțe (Rafiroiu, etc.). (idem) [52]

Construcția "cubistă cu nuanțe art-deco" (Gaivoronschi, 2006)[53] de pe splaiul Tudor Vladimirescu nr.2, proiectată și construită de arhitectul Constantin Purcariu în anul 1934, este unul dintre puținele exemple din această ultimă categorie (idem)[53]. Mai mult decât valoarea patrimonială, ținând cont că nu este o clădire clasată ca monument istoric, oportunitatea pe care o oferea valoarea ambientală a acestei clădiri, a făcut ca salvarea ei să devină o temă principală a viitorului proiect conceput de arhitectul Vlad Gaivoronschi, stilul ei urmând să marcheze decisiv atmosfera interioară, care și-a propus

să amintească de burghezia interbelică timișoreană căreia și arh. Purcariu îi aparține. (idem)[53].

Prin tema program, ce avea în vedere proiectarea unui ansamblu hotelier de 4 stele, s-au propus la început un număr de 40 de unități de cazare, cu băi proprii, echipate pe cât posibil cu căzi de baie. Acest număr avea să fie extins ulterior la 55,

din motive legate de amortizarea investiției. Serviciile ce se cereau pentru buna funcționare a unităților de cazare au fost: hol principal de primire, recepție, foyer posibil de utilizat ca sală de recepție/conferințe, bar, salon de mic dejun, restaurant, bucătărie, vestiar pentru personal, grupuri sanitare, centrală termică proprie, parcaj.



fig.7.1a Ansamblu hotelier SAVOY - plan de situație și imagine dinspre splai

Strategia avută în vedere de arhitectul Vlad Gaivoronschi pentru a răspunde cerințelor contradictorii ridicate de adaptarea valorosului amplasament la nevoile impuse de complexul program hotelier și de contextul extraordinar dat, miza pe păstrarea și consolidarea corpului de clădire D+P+3 existent, resistemizarea întregii parcele, construirea unui corp nou în partea din spate a parcelei și legarea spațiilor rezultate prin intermediul unui hol 'atrium' care să faciliteze relațiile funcționale verticale și orizontale (fig.7.1b,c). Punctual, soluțiile prin care adaptarea imobilului cu 12 apartamente la nevoile unui ansamblu hotelier de 4 stele trebuia să devină posibilă aveau să fie definite de arhitectul Vlad Gaivoronschi astfel:

a) consolidarea casei interbelice în condițiile:

- fluidizării spațiului și eliberării sale de elemente tectonice la parterul înalt și demisol, acolo unde urmau să se amenajeze zonele publice;
- supraetajării cu un penthouse deschis către splai și catedrală;
- încadrării în standardele și normele de calcul antisismic specifice programului hotelier, mai severe decât cele pentru locuințe;

b) resistemizarea verticală a întregii parcele, construirea unor corpuri de clădire noi și reorganizarea corpului existent, astfel încât:

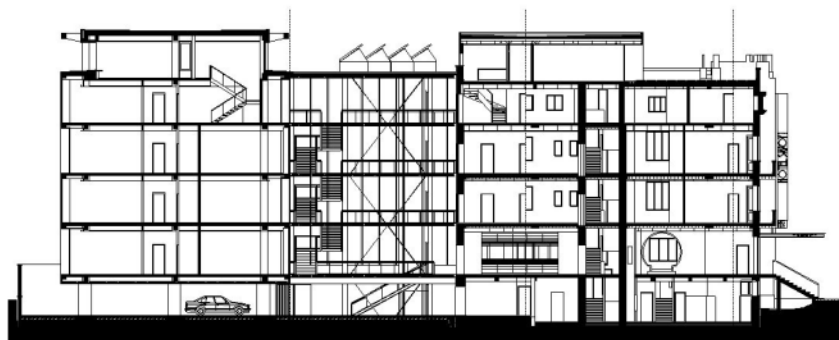
- accesul principal să permită o bună relaționare și direcționarea unui parcurs logic al turiștilor înspre zona de recepție, restaurant și camerele de cazare;
- să poată fi ierarhizate circulațiile verticale;
- să se obțină numărul de unități de cazare vizat și spațiile cerute de serviciile necesare bunei funcționări a ansamblului;
- să poată fi amplasate locuri de parcare sub corpul nou de clădire.

În ceea ce privește scopul urmărit din punct de vedere al atmosferei și stilului, s-a mizat pe:

- punerea în valoare a casei interbelice la scara orașului prin particularizarea ei ca finisare, culoare, design al accesului principal, signalectică, iluminare pe timp de noapte, etc.;
- diferențierea stilistică, de materialitate și culoare a corpurilor adăugate;
- o atmosferă interioară 'retro' în corpul vechi. (2006)[53]

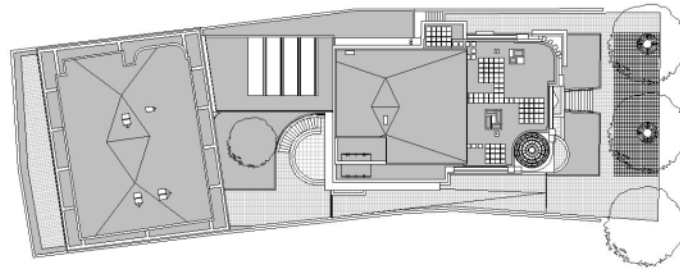


Fațada PRINCIPALĂ

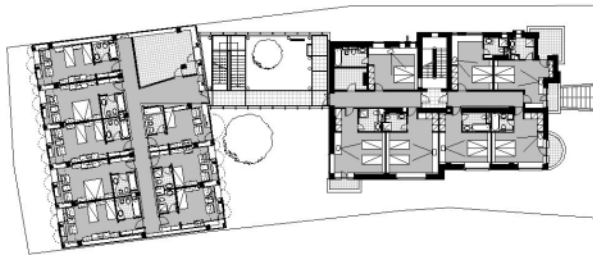


Secțiune ANSAMBLU

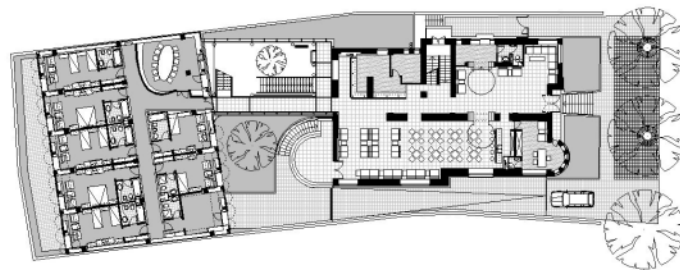
fig.7.1b Hotel SAVOY - fațadă principală ansamblu; secțiune ansamblu



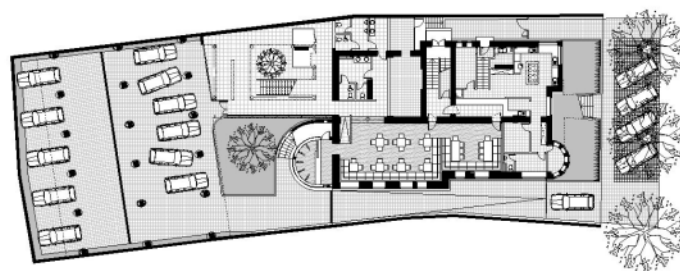
Plan INVELITOARE



Plan ETAJ 1



Plan PARTER



Plan DEMISOL

fig.7.1c Hotel SAVOY - planuri ansamblu

7.2 Corpul de clădire existent

În cadrul strategiei globale, corpul de clădire existent (*fig.7.2*), piesa ce avea rolul cel mai important în valorizarea ansamblului, în generarea atmosferei acestuia, urma să adăpostească majoritatea spațiilor publice ale hotelului: hol, bar, recepție, restaurant. Dat fiind că amenajarea locurilor de parcare presupunea ridicarea corpului nou pe pilotis, spațiile tehnice necesare și-au găsit de asemenea adăpost în extinderi ale corpului existent, realizate cât mai discret posibil, la nivelul demisolului. În ceea ce privește încadrarea în context, s-a avut în vedere

... apartenența clădirii existente la un front ritmat succesiv de case de max. P+3 și copaci ce definesc împreună caracterul străzii ... (Gaivoronschi, 2006)[53].

În acest sens, "chiar dacă într-o anumită măsură inoportunează accesul auto" (*idem*)[53] teii din fața clădirii au fost păstrați în poziție (au fost tăiați totuși ulterior la insistențele beneficiarului *n.a.*), iar penhouse-ul a fost retras suficient pentru a nu schimba percepția clădirii de la nivelul străzii. Pentru a o pune cât mai bine în valoare,

Clădirea existentă este particularizată și prin diferențierea stilistică, de materialitate și culoare a corpurilor adăugate ... (idem)[53].

În fond, la corpul de clădire existent s-a căutat păstrarea pe cât posibil intactă a 'carcasei' exterioare. Acest lucru s-a și realizat, cu o singură excepție notabilă: accesul principal, care a fost amplasat din motive funcționale pe fațada principală, către splai. Vechiul acces a devenit astfel cale de evacuare și acces secundar, absolut necesar pentru buna funcționare a zonei de serviciu. Noul acces, evidențiat de pachetul de trepte și copertina de metal și sticlă care le protejează, face legătura directă între trotuar și zona recepției. O zonă în care sunt păstrate programatic

Anumite detalii tipice anilor 30, precum marile perforații circulare ce defineau zona de zi a apartamentului proprietarului imobilului (fam. Purcariu) ... (Gaivoronschi, 2001: 137)[52]

Holul principal de acces, barul și recepția amenajate în vechiul apartament al arh. Purcariu

... preiau cele două cercuri de influență Loos ce definesc un ax secundar de compoziție perpendicular pe cel major longitudinal; finisajele sunt lambriu și tâmplărie de lemn la ferestre din lemn de 'meranti', granit verde de Brazilia, care expandează și la exterior [...] precum un covor prețios pe treptele de acces, pe terasa semicirculară a clădirii existente și pe scările și pasarelele din holul atrium; atât pultul recepției cât și cel al barului aparțin locului, nu sunt obiecte distincte; tavanul, de asemenea, definește un ax parțial în cadrul holului, alcătuiind împreună cu pictura lui Silviu Orăvișan o dominantă de atmosferă ce caracterizează întregul spațiu din corpul vechi; la aceasta se adaugă cele opt „prezențe” exotice, picturi verticale ale lui Vlad Ardelean, portrete în stilul picturii interbelice ale unor personaje ce au forța amintirii. (Gaivoronschi, 2006)[53]

Camerele din acest corp de clădire sunt diferite ca mărime și configurare, în funcție de spațiul oferit de carcasa existentă. Ele sunt

... finisate în aceeași manieră, cu mobilier mai greu, ușor retro, lemn maro-meranti, băi cu gresie în șah alb-negru, etc. (idem)[53]

... apartamentul penthouse este modern, caracterizat de un spațiu fluid, deschis și este vitrat complet către terasa înverzită ... (idem)[53]

ce se deschide spre splaiul Begăi și spre Catedrala Mitropolitană.



fig.7.2 Hotel SAVOY - imagini corp existent

7.3 Corpul nou de cazare

Corpul nou de clădire (fig.7.3), cu demisol liber pentru a permite amenajarea locurilor de parcare, urma să adăpostească cele mai multe unități de cazare. Tratarea expresivă a acestui corp s-a dorit a fi oarecum neutră, astfel încât, privit dinspre splai, el să se constituie într-un fundal al clădirii existente. Pentru a asigura această percepție, el a fost tratat

... diferit stilistic și ca și colorit de casa interbelică ... (Gaivoronschi, 2006)[53].

Camerele din corpul nou sunt de două tipuri și se caracterizează printr-un aer mai modern, mobilă bej, băi bej, etc., în spiritul clădirii noi. (idem)[53].

Cele două apartamente de peste corpul nou se caracterizează la rândul lor prin fluiditate a spațiului, plan liber și deschidere către oraș pe toate părțile ..." (idem) [53].

Dincolo de articularea volumelor, ce s-a considerat de la început obligatorie pentru a controla scara ansamblului, unitatea acestuia a fost asigurată prin tratarea tripartită a articulației soclu, corp și acoperiș, registrele orizontale regăsindu-se la toate cele trei corpuri de clădire. Astfel, soclul în tencuială gri, ce se extinde pe toată înălțimea demisolului clădirii existente, își găsește echivalent în finisajul de aluminiu gri al stâlpilor ce permit eliberarea demisolului noului corp de cazare, și în retragerea fațadei de sticlă a holului 'atrium'. Penthouse-ul construit peste clădirea existentă, finisat în aluminiu, își găsește echivalentul în penthouse-ul și acoperișul cu 'shadere' al holului 'atrium'.



fig.7.3 Hotel SAVOY - imagini corp nou de cazare

7.4 Corpul de legătură

Datorită poziției din cadrul ansamblului și mai ales a rolului de relaționare funcțională a celor mai importante spații dedicate oaspeților, corpul de legătură, ce urma să joace rolul unui adevărat hol 'atrium', conta enorm din punct de vedere expresiv. Felul în care avea să fie tratat urma să influențeze decisiv atât percepția la nivel urban a ansamblului, cât și atmosfera generală a interiorului.

7.4.1 Baze conceptuale

În contextul strategiei globale prezentate la început, cerințele pe care le avea de îndeplinit viitorul hol 'atrium' puteau fi definite destul de precis.

Din punctul de vedere al relației cu amplasamentul:

- un spațiu de legătură între corpul de clădire interbelic existent pe amplasament și corpul de clădire propus ca extensie, cât mai puțin prezent vizual, astfel încât să permită perceperea independentă a celor două; un obiect cât mai transparent, care să facă posibilă fragmentarea vizuală a ansamblului și individualizarea celor două corpuri masive, vechi și nou - o fragmentare vizuală dorită în primul rând ca soluție expresivă de mediere a problemei ridicate de cerințele dimensionale foarte ample impuse de programul hotelier, ce intrau în contradicție cu dimensiunea relativ redusă a amplasamentului situat într-o zonă cu densitate relativ redusă a construcțiilor.

Din punctul de vedere al utilizării:

- circulații orizontale și verticale protejate climatic, care să facă legătura între etajele celor două corpuri, vechi și nou, ale ansamblului hotelier;

Din punct de vedere expresiv:

- un spațiu deosebit, reprezentativ, care să ofere un plus de valoare ansamblului hotelier;

Din punct de vedere structural:

- să reziste la încărcările date de greutatea proprie, utilă, zăpadă, vânt, seism, etc.

7.4.2 Soluția arhitecturală 'ideală'

Conform intuiției autorului acestei teze, cerințele de imaterialitate, de circulație, protecție climatică și expresivitate puteau fi perfect soluționate de un ansamblu de pasarele și rampe dimensionate la minimum impus de fluxurile de evacuare, care să plutească între corpurile de clădire vechi și nou, într-o cutie de sticlă complet transparentă, și care să formeze astfel, în chiar punctul cheie al ansamblului hotelier, o compoziție dinamică de benzi orizontale și oblice, care, pe lângă faptul că exprimă perfect funcția de spațiu al mișcării, îmbogățește substanțial experiența spațială. Dacă ar fi să definim la extrem idealul arhitectural care se află în spatele acestei intuiții, dincolo de posibilitățile actuale de realizare, ansamblul de pasarele și rampe ar trebui să plutească liber (*fig.7.4.2*) iar protecția climatică ar trebui să se obțină printr-o anvelopantă invizibilă. Dorința de a avea gabarite structurale minime a impus aproape de la sine, chiar înainte de definirea formei structurale globale sau de discuțiile cu proiectanții de structuri, metalul ca material structural.

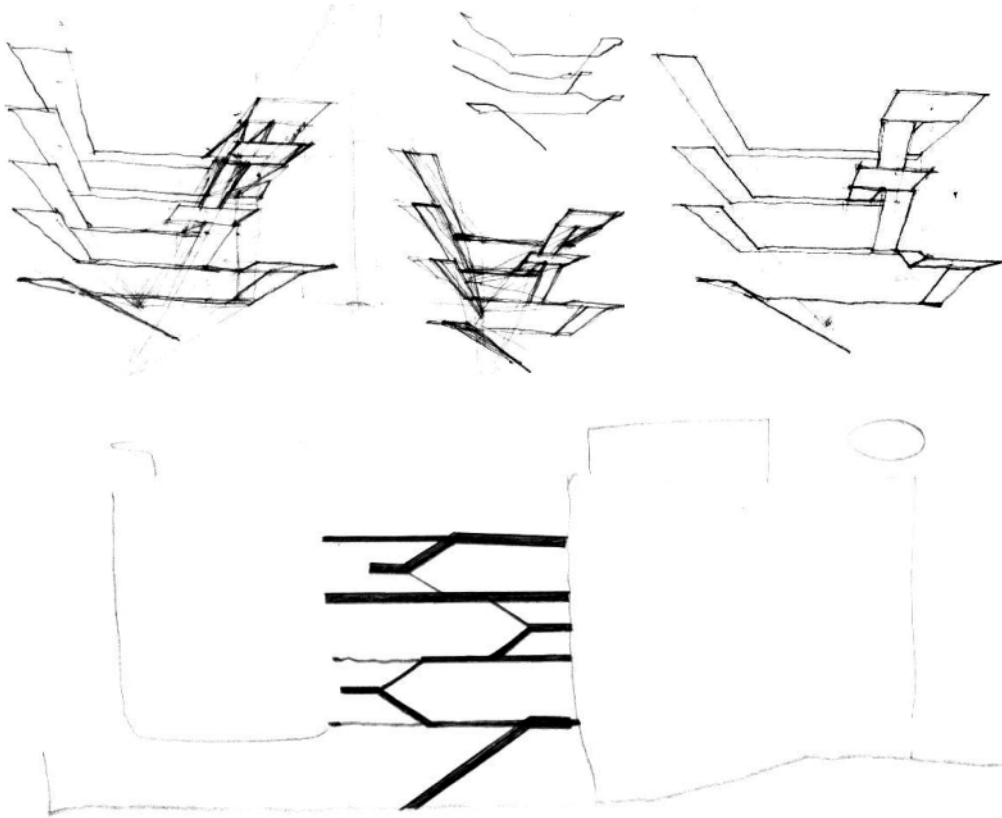


fig.7.4.2 Hol 'atrium' - schițe cu pasarele și rampe plutind liber între cele două corpuri de clădire

7.4.3 Soluția structurală 'ideală'

Primele soluții concepute de inginerii proiectanți de structuri (fig.7.4.3), strict pe baza cerințelor funcționale utilitare și structurale, soluții care ar putea fi considerate cele mai apropiate de idealul structural, au vizat o grilă neutră de stâlpi și grinzi din țevă rectangulară, care anulau atât senzația de plutire a planurilor de călcare, cât și forța expresivă a liniilor orizontale și oblice. Așa cum vom arăta în continuare, soluția arhitecturală prin care s-a rezolvat problema expresivă pe care o ridicau aceste prime, am putea spune embrionare, soluții structurale, a fost una relativ extremă, radicală, care a impus, pur intuitiv, pe baze aproape eminentamente expresive, tot ceea ce înseamnă formă structurală, de la forma globală la material și formă de detaliu, de la nivel de componentă până la cel de îmbinare, punând astfel serios în discuție măsura valorificării potențialului real al structurilor metalice în cadrul acestui proiect.

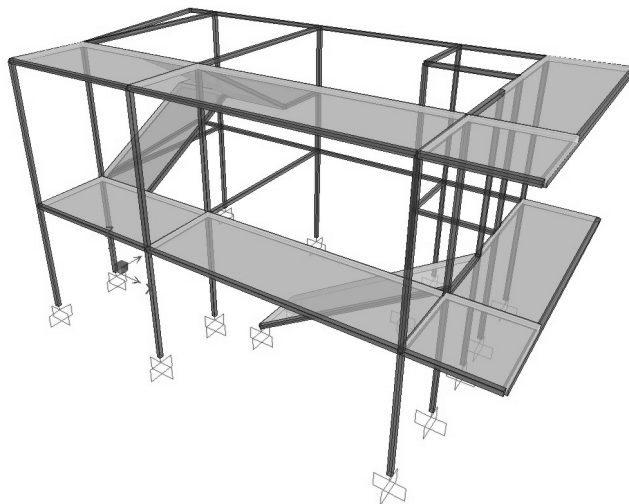


fig.7.4.3 Hol 'atrium' – prima soluție structurală

7.4.4 Componente și dimensiuni structurale impuse

Pentru a accentua liniile orizontale și oblice autorul tezei a imaginat din start o structură cu grinzi de profil 'U' (fig.7.4.4c,d,e,f,g; fig.7.4.5b,c) care să definească 'tăios' muchiile pasarelelor și rampelor, și care să înglobeze vizual suportul de călcare, astfel încât, între rampe și pasarele să nu existe o diferență de percepție substanțială. Alegerea profilelor 'U' a fost determinată de considerente pur subiective, ce țineau de afinitatea autorului tezei cu acea abordare meșteșugărească a detaliilor tipică lui Carlo Scarpa, a cărui arhitectură își găsea ecouri Timișorene în creațiile arhitecților Șerban Sturza și Radu Mihăilescu, dascăli ai facultății de arhitectură din Timișoara în anii de studenție ai autorului tezei. O arhitectură mult admirată la acea vreme de tinerii arhitecți absolvenți ai școlii din Timișoara. Dimensiunea acestor profile a fost impusă, nu de considerente structurale, ci de dimensiunea treptelor (fig.7.4.4c,f), care, așa cum s-a menționat anterior, se doreau a fi cuprinse în totalitate între vangurile ce ofereau suport. Pentru a obține continuitatea vizuală între elementele orizontale și oblice, s-a căutat menținerea acestei dimensiuni la nivelul tuturor grinzilor. O cerință care impunea supradimensionarea vangurilor și scăderea înălțimii grinzilor ce susțineau pasarelele. Dacă supradimensionarea nu reprezenta o problemă, scăderea înălțimii grinzilor nu se putea face fără a găsi soluții alternative de descărcare a eforturilor (vezi 7.4.6).

Forma circulară a secțiunii stâlpilor (fig.7.4.4a,b,g; fig.7.4.5b,c) a fost impusă de autorul tezei tot din motive expresive, dorința fiind aceea de a păstra o neutralitate direcțională și o 'greutate' vizuală cât mai redusă. Pentru a reduce la minim dimensiunea acestor stâlpi, dar și din considerente de rezistență la foc, ei au ajuns să fie umpluți cu beton, formând astfel o secțiune combinată. Dacă impunerea materialului și a profilului semifabricatelor ar putea fi considerată o alterare nesubstanțială a formei structurale 'ideale', constrângerile privind dimensiunea componentelor, dar mai ales cele expresive impuse nodurilor împingeau lucrurile mult mai departe de acest ideal.

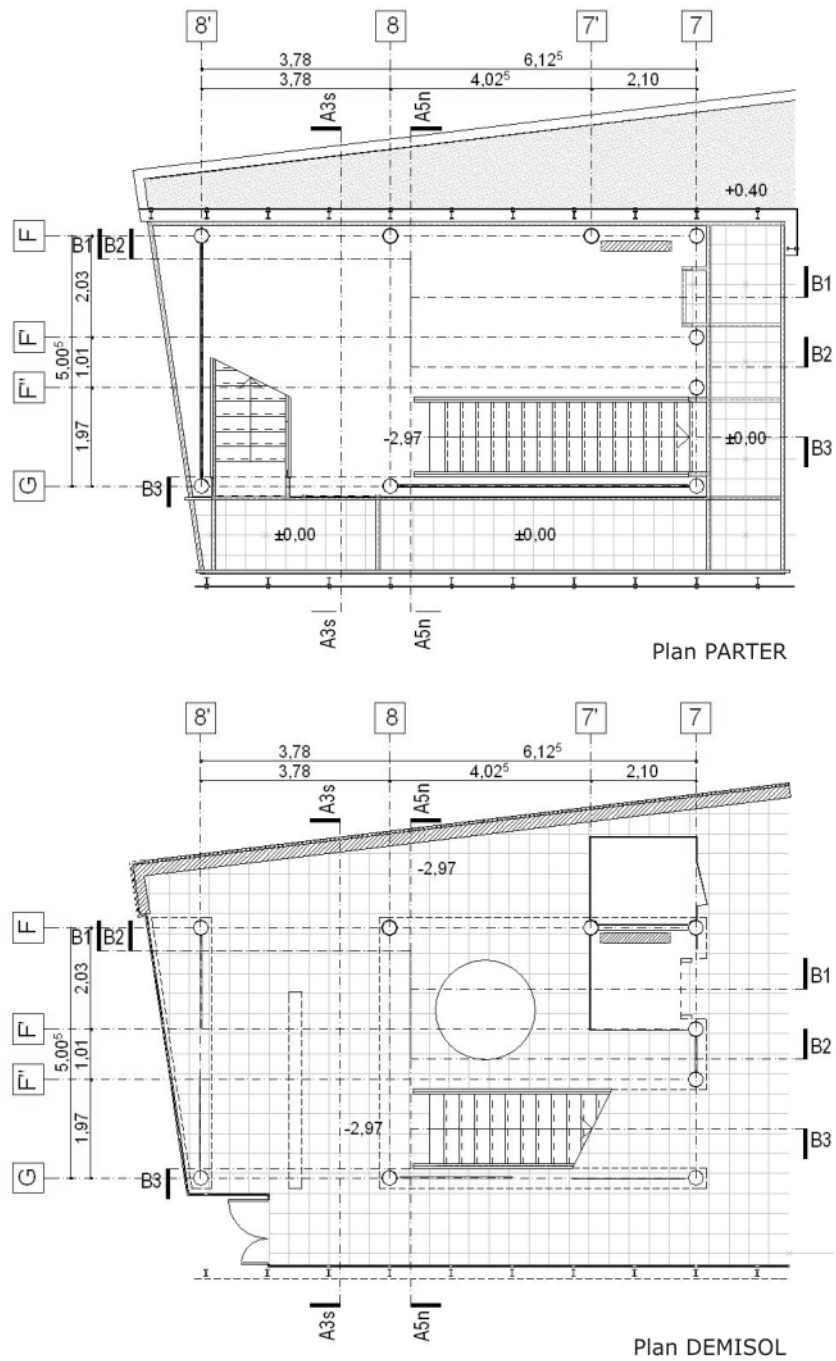
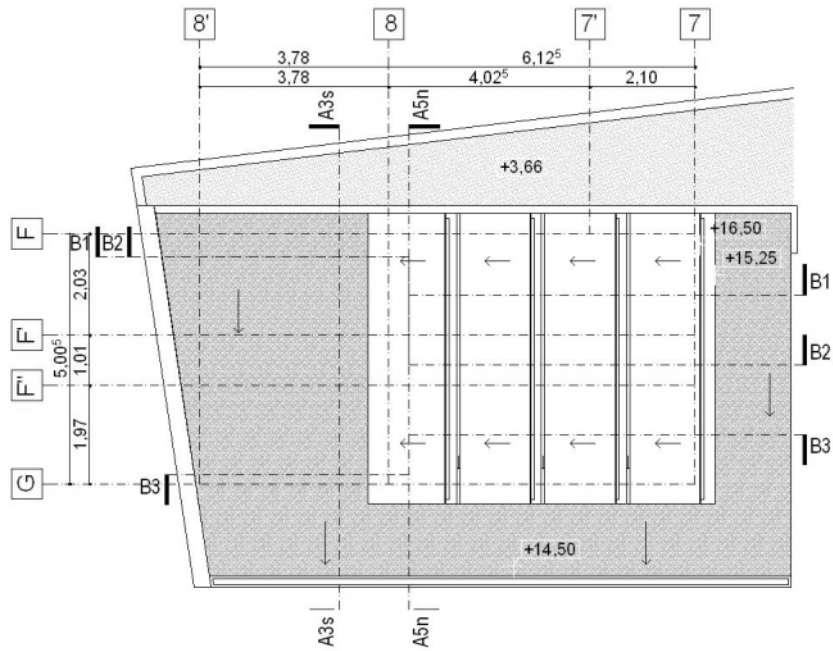
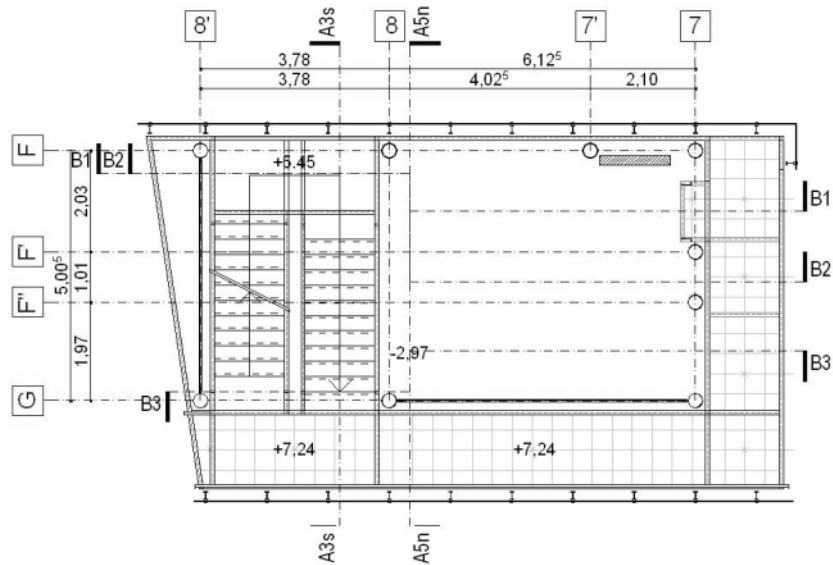


fig.7.4.4a Hol 'atrium' - plan PARTER; plan DEMISOL

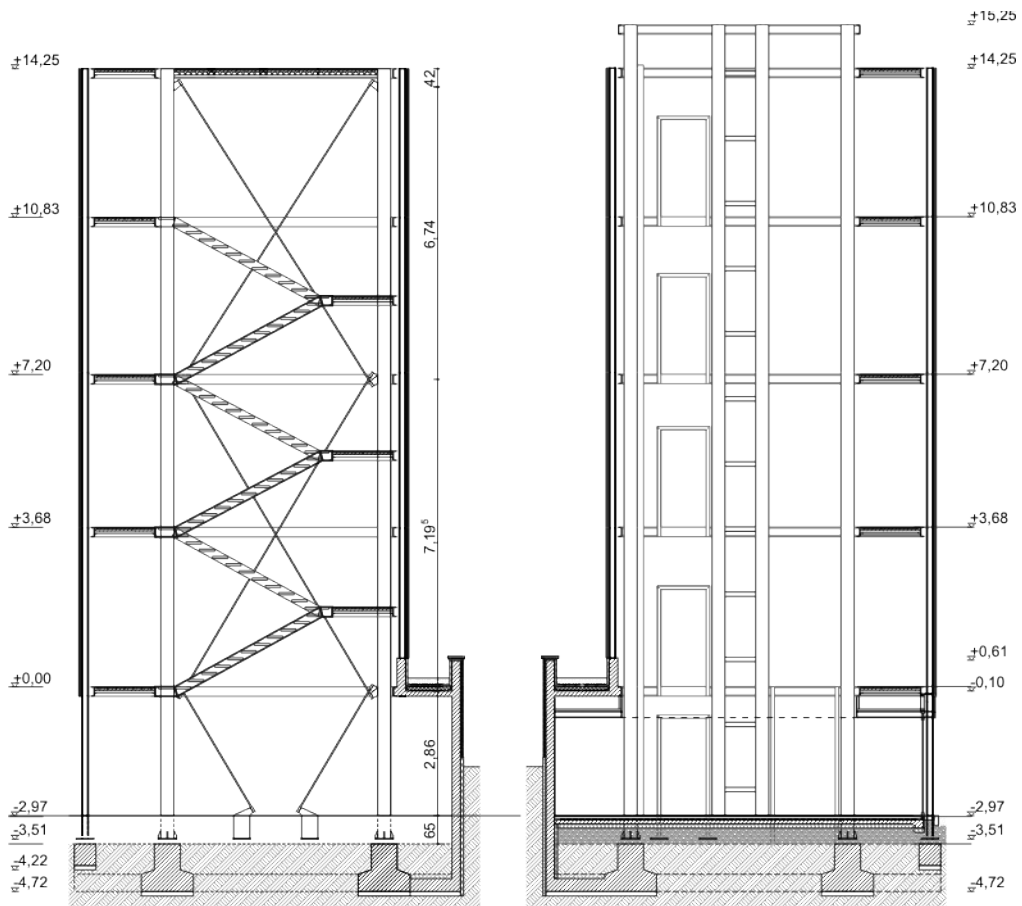


Plan ÎNVELITOARE



Plan ETAJ CURENT

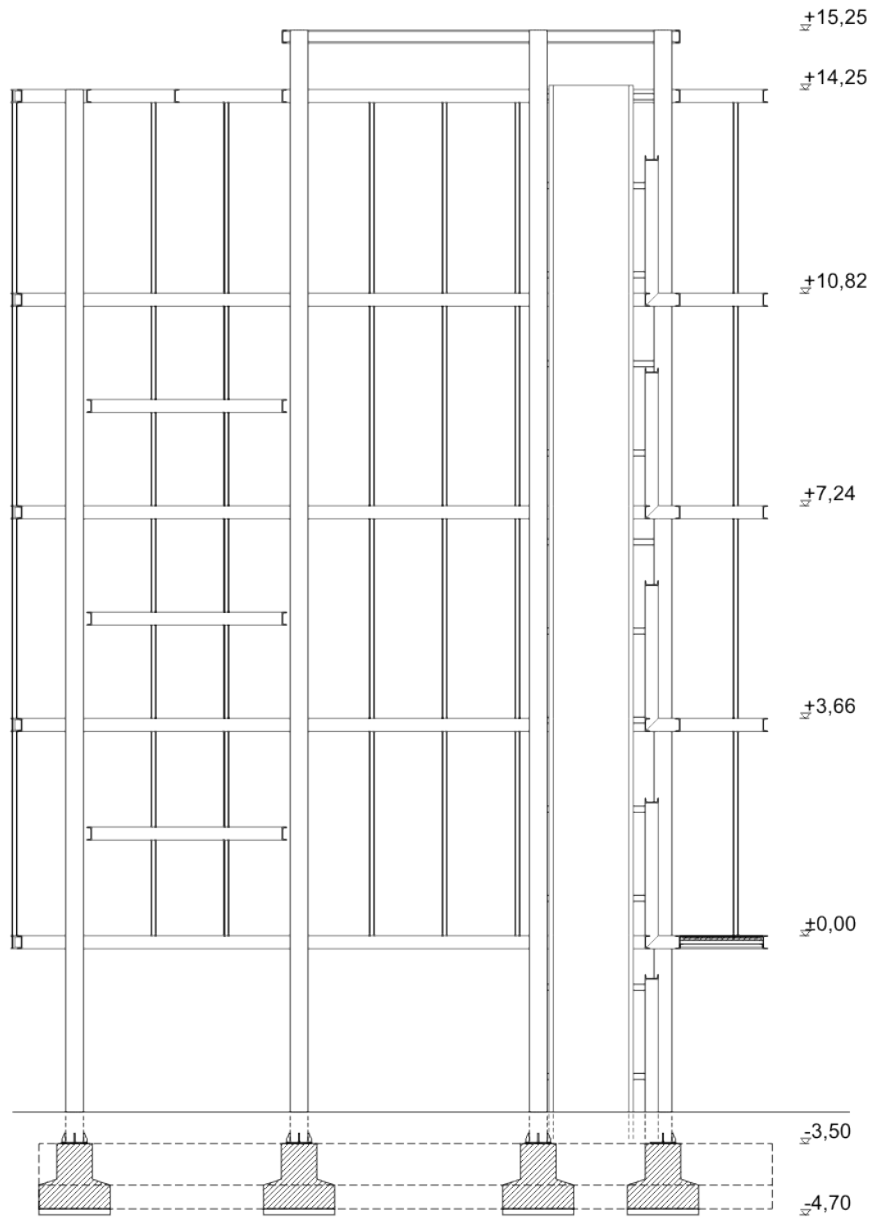
fig.7.4.4b Hol 'atrium' - plan ÎNVELITOARE, plan ETAJ CURENT



Secțiune A3s

Secțiune A5n

fig.7.4.4c Hol 'atrium' - secțiunile A3s și A5n



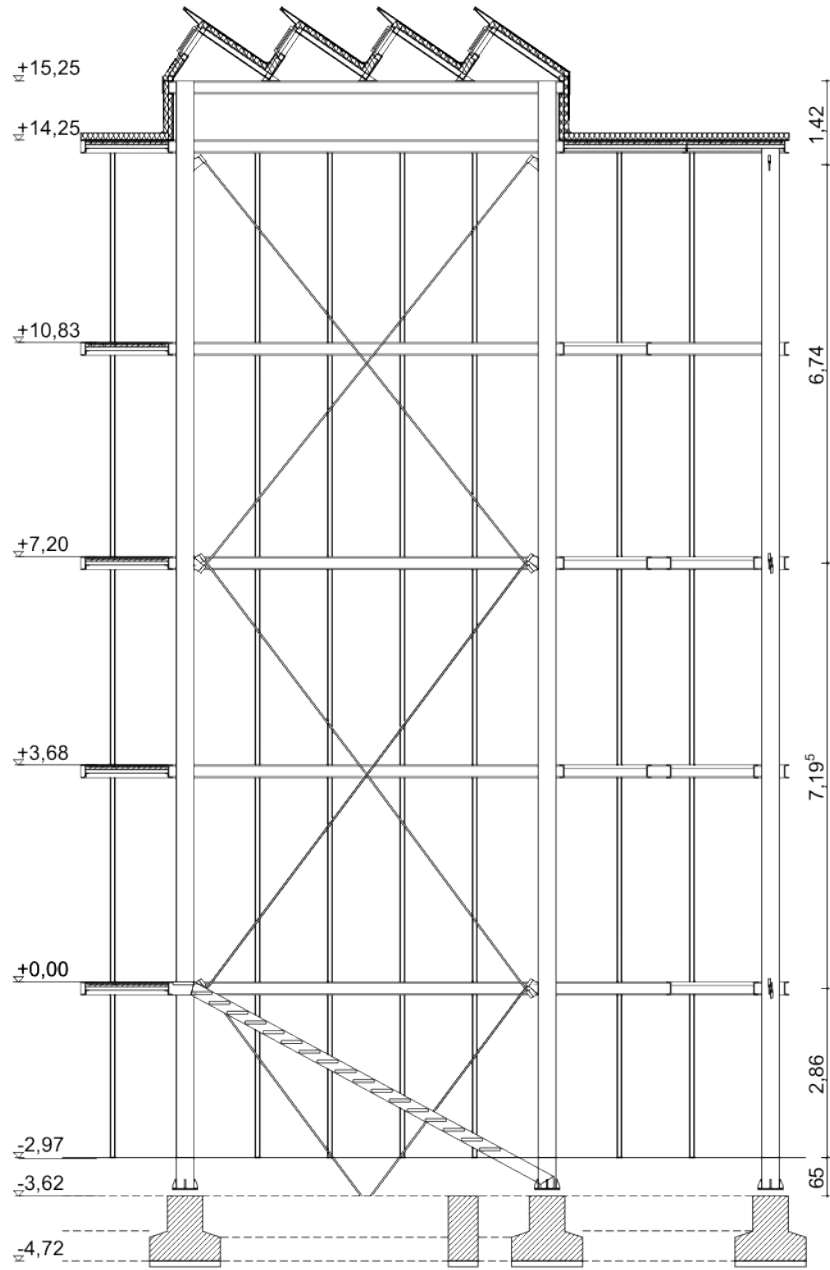
Secțiune B1

fig.7.4.4d Hol 'atrium' - secțiune B1



Secțiune B2

fig.7.4.4e Hol 'atrium' - secțiune B2



Sețiune B3

fig.7.4.4f Hol 'atrium' - sețiune B3

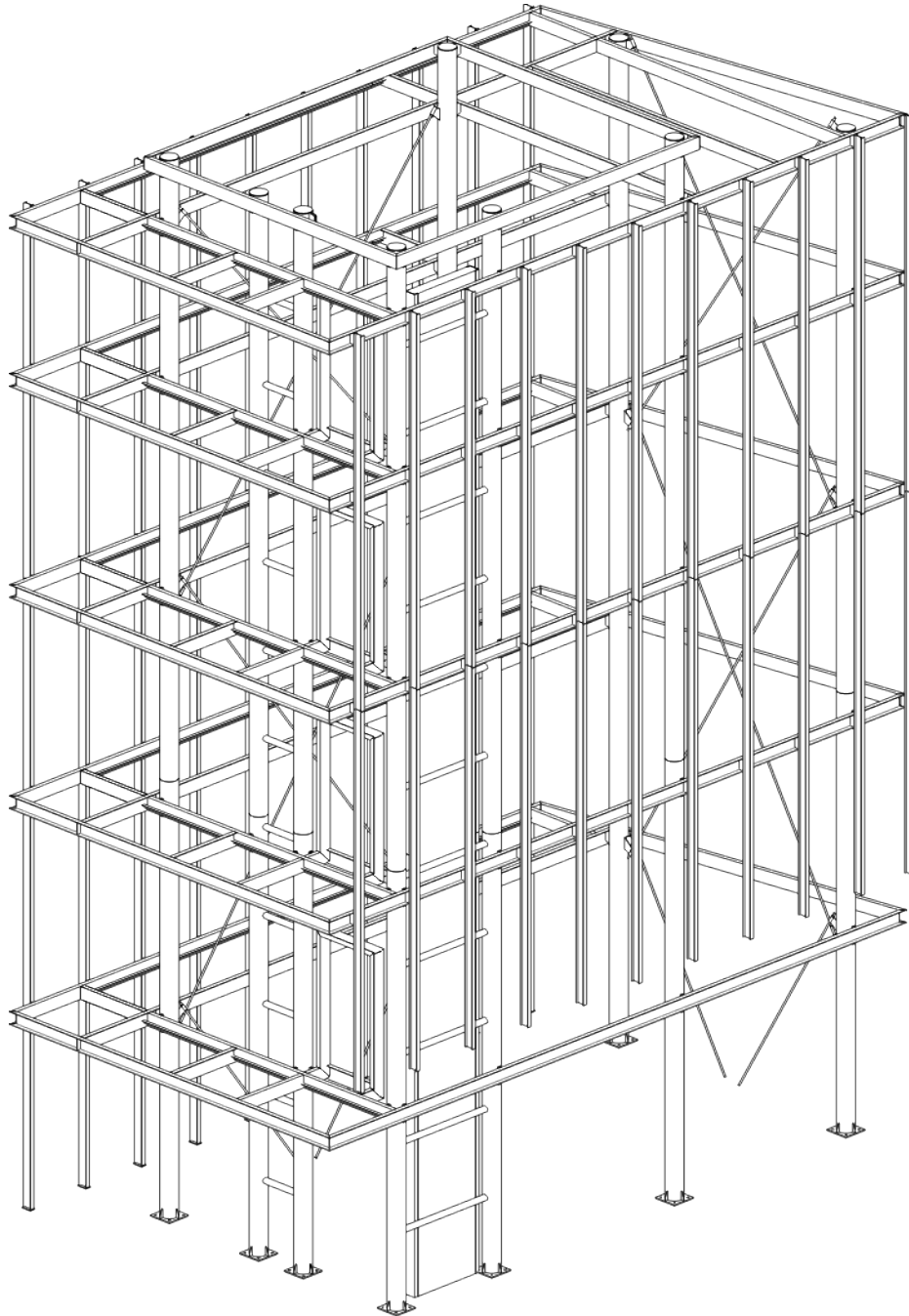


fig.7.4.4g Hol 'atrium' - axonometrie montaj

7.4.5 Detalii de îmbinare structurală impuse

Pentru a obține o cât mai accentuată senzație vizuală de plutire, autorul tezei a impus o soluție în care stâlpul să treacă 'liber' pe lângă elementele orizontale și oblice. O cerință ce avea să ducă la soluționarea unor noduri excentrice, foarte departe de ceea ce ar putea fi considerat ideal din punct de vedere structural.

În condițiile în care stâlpul se află la marginea planșeului, cum se întâmplă în cazul holului 'atrium' de la hotel Savoy, la nodul clasic cu 5 sau 6 direcții (fig.7.4.5a-1,2), stâlpul 'mușcă' planșeul, ambiguitatea ierarhiei vizuale între componentele ce intră în coliziune fiind cu totul nesatisfăcătoare din punct de vedere expresiv. Un astfel de nod pune de asemenea probleme de finisare, având în vedere materialele diverse care ajung să intre în contact nemijlocit. Pentru a rezolva aceste probleme, soluția pe care a oferit-o echipa arhitecților Herbert Schaudt, Martin Cleffmann și inginer Karl Fischer la refuncționalizarea și extinderea librăriei din Konstanz, Germania (Schulitz, 1999: 248)[141] a fost aceea de a retrage planșeul în zona nodului (fig.7.4.5a-4), definind independent cele două componente structurale. Sub planșeul grinzile și stâlpul se întâlnesc în continuare într-o îmbinare structurală ce o putem numi clasică. Deși mult îmbunătățită din punct de vedere expresiv, o asemenea soluție nu era satisfăcătoare în cazul nostru. O soluție mai apropiată de cazul nostru o oferă varianta de tratare folosită de Richard Rogers la nodurile articulate ce leagă grinzile de stâlpi în cazul fabricii din Quimper, Franța (fig.7.4.5a-5), proiectată împreună cu inginerii de la Arup (Schulitz, 1999: 312) [141]

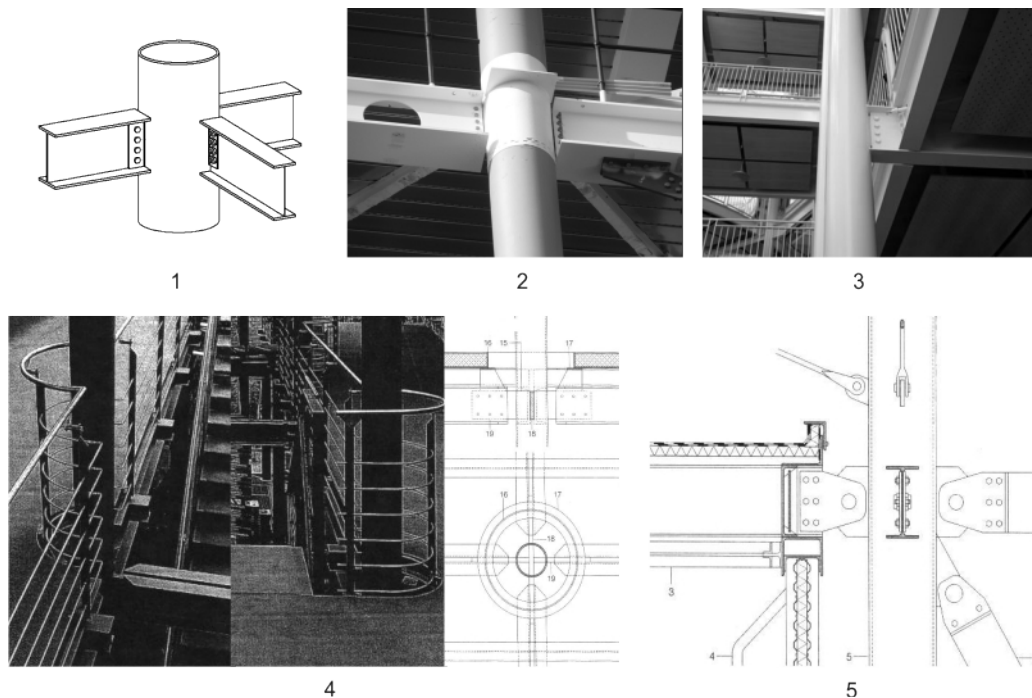


fig.7.4.5a detalii de îmbinare stâlp-grindă - 1. și 2. îmbinare simplă, în ax; 3. îmbinare cu o grindă excentrică; 4. detaliu de îmbinare cu planșeu retras; 5. nod articulată

Spre deosebire de aceste abordări, nodul conceput de autorul tezei pentru hotel Savoy a avut în vedere în primul rând o ierarhie vizuală care pune accent pe elementul orizontal, un element orizontal care trebuie să 'plutească' în ochii privitorului, și care trebuie să înglobeze între componentele structurale toate straturile de finisaj necesare, de la tavan la pardoseală (fig.7.4.5c). Un avantaj major pe care îl oferă implicit acest nod față de cel clasic, sau cel oferit de soluția de la librăria din Konstanz, care contribuie din plin la unitatea de percepție a liniilor orizontale, este posibilitatea menținerii continuității balustradei și chiar a utilizării profilului grinzii ca suport direct pentru balustradă (fig.7.4.5b-3). Problemele principale ridicate de acest nod erau asigurarea portanței, a rigidității și a lungimii necesare cordoanelor de sudură. Forma finală concepută și proiectată de autorul tezei (fig.7.4.5b,c,d,e) avea să țină seama de toate acestea. Ea a mizat de la bun început pe mici console formate din tablă groasă, ce permit distanțarea stâlpului de profilul grinzii cu cca. 50mm, suficient pentru a obține efectul vizual dorit. Pentru a crește rigiditatea și a asigura lungimea necesară cordoanelor de sudură, aceste console realizate din tablă de 12mm, au fost în final dublate și dispuse la o distanță de 20mm una de cealaltă (fig.7.4.5c). Datorită profilului 'U', îmbinarea dintre consolă și grindă beneficiază de o lungime suficientă a cordonului de sudură. Pentru a obține lungimea necesară a cordonului de sudură la îmbinarea dintre consolă și stâlp, dimensiunea ce rezulta din corelarea consolei cu înălțimea profilului grinzii a fost suplimentată prin prelungirea consolei la partea inferioară (fig.7.4.5c), astfel încât să fie cât mai puțin deranjantă vizual.

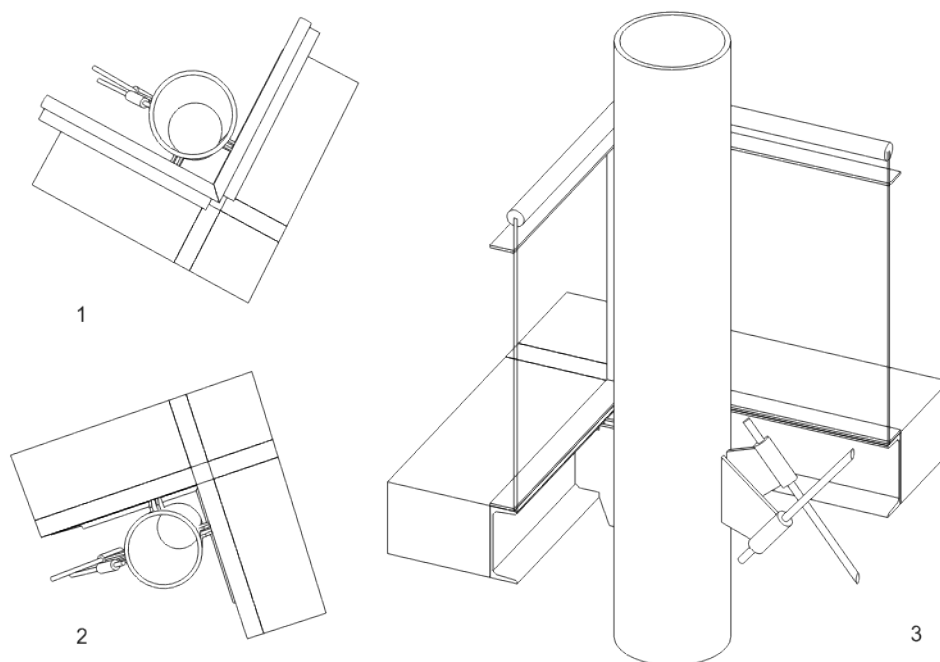


fig.7.4.5b Hol 'atrium' - detaliu de îmbinare stâlp-grindă excentric - 1. perspectivă de sus, 2. perspectivă de jos, 3. axonometrie

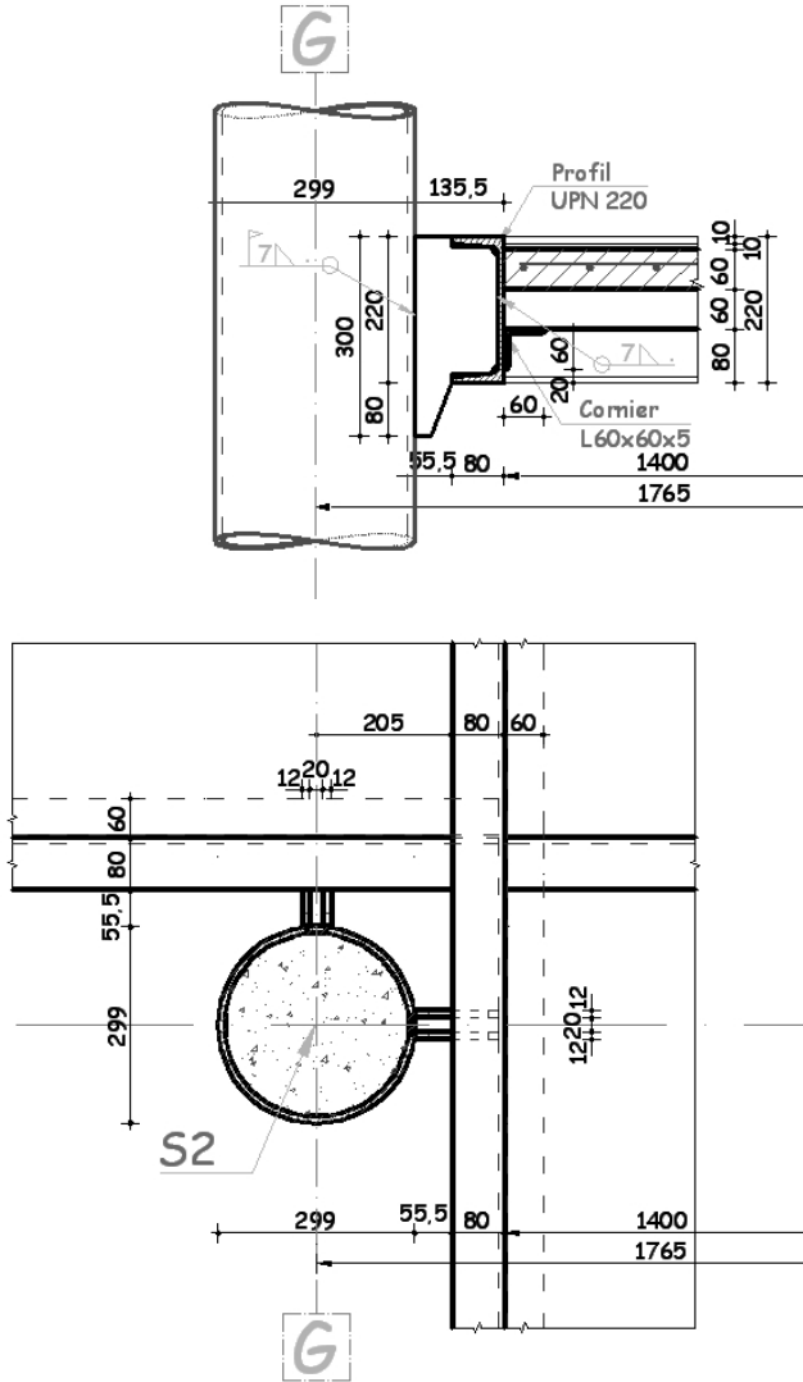


fig.7.4.5c Hol 'atrium' - detaliu de îmbinare stâlp-grindă excentric



fig.7.4.5d Hol 'atrium' - detaliu de îmbinare stâlp-grindă excentric - șantier (foto Hârța)



fig.7.4.5e Hol 'atrium' - stâlp continuu, detaliu de îmbinare excentric (foto Harta)

Soluția tipică pentru bare tirant de contravântuire în 'X' presupune întinzători plasați la intersecția barelor, o soluție ce pune accentul pe zona de intersecție, sau pe bară, cu inevitabila frecare și îndoire a barelor în zona de intersecție a acestora. Din dorința de a evita aceste soluții considerate discutabile din punct de vedere expresiv, autorul tezei a căutat o variantă alternativă. Această variantă a presupus în cele din urmă redesenarea completă a nodului care leagă tiranții de stâlpi (*fig.7.4.5f,g*), astfel încât să permită amplasarea piulițelor întinzătoare la capătul barelor și să evite frecarea și îndoirea acestora în zona de intersecție, prin poziționarea lor în două plane paralele, așezate la mică distanță.

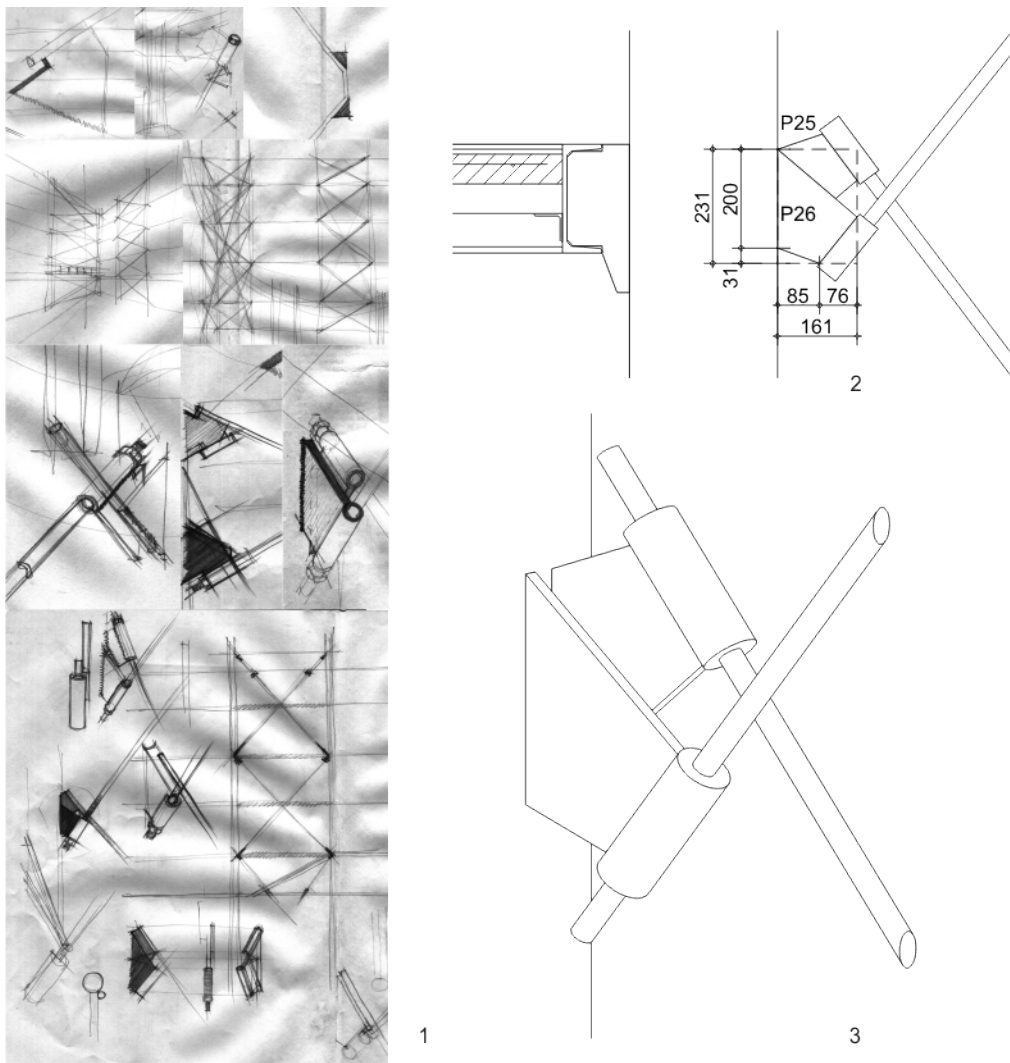


fig.7.4.5f Hol 'atrium' - nod de îmbinare stâlp-contravântuiri - 1. schițe de lucru, 2. vedere, 3. axonometrie



fig.7.4.5g Hol 'atrium' - contravântuiri diagonale (foto Hârța)

Fără a scoate complet din parametrii plauzibili forma structurală, alterările impuse de considerente pur expresive au dus la o îndepărtare substanțială de ceea ce s-ar putea considera o utilizare eficientă a materialului din punct de vedere structural. La ipotetica întrebare a lui Buckminster Fuller, cât cântărește construcția ('How much does your building weigh?'), răspunsul este aici foarte clar: substanțial mai mult decât i-ar permite potențialul structurilor metalice.

7.4.6 Alterarea adevărului structural ca soluție de mediere

În condițiile în care nu s-au dorit sub nici o formă stâlpi care să întrerupă vizual, din exterior, continuitatea pasarelelor orizontale, întrerupere care ar fi compromis total expresia de plutire dorită, deveneau necesare console ce ar fi fost imposibil de susținut în condițiile deschiderilor cerute, problemelor de continuitate de la nivelul grinzilor și, mai ales, a excentricității impuse detaliilor de îmbinare dintre stâlpi și grinzi. Soluția rațională avea să vină de la echipa de ingineri de la firma HI Struct, mai exact de la proiectantul de structuri, prof.dr.ing. Victor Gioncu. Implicat total în soluționarea problemelor ce s-au ivit pe parcursul proiectării, prof. Gioncu a înțeles primul că elementele verticale ale fațadei cortină ar putea fi folosite ca suport vertical (*fig.7.4.5a; fig.7.4.5b*). Era o 'butaforie' ce contrazicea flagrant adevărul structural promovată de raționaliști în arhitectură, dar care a fost acceptată atunci ca fiind perfect rațională pentru soluționarea constrângerilor atât de divergente impuse de conceptul inițial. Chiar dacă stabilitatea redusă a profilelor IPE în raport cu consumul de material nu îi recomandă pentru utilizarea la compresiune, alegerea lor în zona fațadei a fost considerată de autorul tezei inevitabilă din punct de vedere expresiv. Ținând cont că ei preluau și rolul de montanș al fațadei cortină, imaginea acestor profile, ce s-a dorit a fi cât mai apropiată de cea a grinzilor din profile UPN, venea cu o contribuție esențială la ambiguitatea citirii, la disimularea adevăratului rol structural al acestor componente (*fig.7.6a; fig.7.6d*).



fig.7.4.6a Hol 'atrium' - montanș de fațadă cu rol portant - șantier (foto Hârța)



fig.7.4.6b Hol 'atrium' - montanți de fațadă cu rol portant (foto Hârța, Ovidiu Micșa)

7.5 Verificarea dimensionării structurii metalice a corpului de legătură

Structura de rezistență supusă analizei, rezultată în urma procesului de proiectare prezentat pe larg în cadrul acestui capitol, este o structură metalică contravântuită, având regimul de înălțime S+P+3E. O structură al cărei inedit constă în utilizarea unor tipuri de îmbinări structurale inovative, originale (vezi 7.4.5), dezvoltate de autorul tezei cu scopul de a satisface unele cerințe expresive extraordinare (vezi 7.4.1 și 7.4.2). Utilizarea acestor îmbinări inovative se face în condițiile realizării unui ansamblu structural armonios și în același timp capabil să preia toate eforturile, inclusiv cele suplimentare care pot apărea ca urmare a utilizării unor asemenea îmbinări. Rezultatul final este o structură portantă a cărei forme, atât la nivel de ansamblu cât și de detaliu, satisfac deopotrivă cerințe structurale, utilitare și expresive. Viabilitatea sistemului structural obținut a fost confirmată în cei aproximativ 10 ani care au trecut de la finalizarea construcției, timp în care nu au fost semnalate avarii nici la nivelul structurii de rezistență, nici la cel al elementelor nestructurale.

Structura de rezistență a fost analizată, verificată și executată în următoarele ipoteze de calcul:

- Clădirea a fost proiectată și executată în conformitate cu normativele în vigoare în anul 2003;
- Încărcările din vânt, zăpadă și seism au fost cele aferente municipiului Timișoara. Ele sunt prezentate la punctul 7.5.2. Combinațiile de încărcări sunt prezentate în tabelul 7.5.2;
- Planșeele sunt realizate în varianta compozită tablă cutată-beton armat, grosime 13 cm, tablă cutată T.C. 60/125/1,0/500;
- Scările sunt metalice, au doua grinzi de vang din profile UPN220, legate cu trepte metalice;

- Stâlpii de fațadă sunt realizați din profile IPE160, iar stâlpii circulari din țevă O300x10. Pentru a împiedeca flambajul stâlpilor circulari, în interiorul acestora a fost turnat beton clasa C16/20;
- Acoperișul este realizat din ferme alcătuite din țevă pătrată RHS 80x8 situate la distanța de 1.65 m între ele;
- Pentru a limita dimensiunea stâlpilor și a deplasărilor orizontale, structura metalică a fost fixată articulat la nivelul planșeelor de la cotele ± 0.00 , $+3.66$, $+7.24$, $+10.82$ de structura de zidărie portanta a clădirii existente, în așa fel încât să nu permită descărcarea încărcărilor gravitaționale pe această clădire;
- Între structura metalică și structura de beton armat a corpului nou de hotel exista un rost antiseismic și de tasare cu dimensiunea de 10 cm;
- Eforturile secționale de dimensionare au rezultat în urma unei analize spațiale realizate în domeniul elastic de comportare a structurii cu ajutorul programului de calcul AXIS V.M.. Structura a fost discretizată în 1857 noduri, 629 elemente de tip bara, 1200 de elemente de suprafață de tip shell;
- Pentru a evidenția influența pe care o au nodurile originale proiectate de autorul tezei asupra structurilor metalice, s-au realizat calcule pentru două tipuri de structuri: *Structură de tip A* - structură inovativă cu grinzile poziționate excentric față de axul stâlpilor (îmbinarea cu stâlpii a grinzilor de cadru se realizează prin intermediul a doua placi sudate între cele două elemente); *Structură de tip B* - structură clasică cu grinzile poziționate în axul stâlpilor.

7.5.1 Considerații asupra comportării structurii de rezistență în raport cu evoluția din ultimii ani a normativelor de proiectare (anti)seismică P100 din România

Din punct de vedere al proiectării antiseismice, în România au existat preocupări continue de îmbunătățire a codurilor de proiectare. Deși structura de rezistență metalică a fost proiectată conform normativului de proiectare P100/1992, în tabelul 7.5.1 se poate observa că nu exista diferențe mari între factorii care caracterizează acțiunea seismică și răspunsul structurii metalice.

	P100/1992	P100/2006
T_c	1	0.7
$a_g (k_s)$	0.16	0.16
$q (\psi)$	4	4
β	2.5	3

Tabel 7.5.1

Deoarece eforturile maxime pentru dimensionarea elementelor au rezultat din încărcări gravitaționale, iar eforturile din gruparea seismică au fost semnificative numai când factorul de comportare a avut valoarea $q=1$, rezultă faptul că indiferent de schimbările aduse în noul cod de proiectare seismică, noile forțe orizontale produc în structura stări de deformație și eforturi reduse în comparație cu cele provenite din încărcările verticale. Aceasta se datorează faptului că avem o

structură ușoară, cu mase inerțiale reduse, care nu generează forțe seismice majore.

Îmbinările sudate s-au realizat, din condiții constructive și estetice, cu o rezervă de rezistență de 40%, astfel încât acestea satisfac și condițiile de dimensionare din normativele actuale de proiectare antiseismică.

Din studiul comparativ al cerințelor din Codul actual de proiectare seismică a structurilor metalice și al celor din Normativul privind proiectarea antiseismică din 1992, precum și din analizele dinamice spațiale efectuate pe structura prezentată, rezultă că structura satisface cerințele actuale de proiectare.

7.5.2 Stabilirea încărcărilor (încărcări normate):

7.5.2.1 Permanente ($\gamma_{G,sup}=1.1$, $\gamma_{G,inf}=0.9$)

- | | |
|-------------------------------|------------|
| • Greutate structură metalică | 100 daN/mp |
| • Planșeu beton armat | 225 daN/mp |
| • Finisaje | 75 daN/mp |
| • Greutate luminator | 170 daN/mp |
| • Greutate fațadă | 100 daN/mp |

7.5.2.2 Variabile

- | | |
|--|--|
| • Utilă ($\gamma_{Q,sup}=1.3$, $\gamma_{Q,inf}=0.4$, $\psi_0=0.9$) | 300 daN/mp |
| • Zăpadă (conform STAS 10101/21-92)
($\gamma_{Z,sup}=1.4$, $\gamma_{Z,inf}=0.4$, $\psi_0=0.9$) | 90 daN/mp (zona A) |
| • Vânt (conform STAS 10101/20-90)
($\gamma_{V,sup}=1.2$, $\gamma_{V,inf}=0.0$, $\psi_0=0.9$)
$p_v^n = \beta * c_{ni} * c_h(z) * g_v$ | $g_v = 30$ daN/mp (zona A)
$\beta = 1.6$
$c_{n1} = 0.8$
$c_{n2} = 0.5$
$c_h(z) = 0.65 * (z/10)^{0.44}$ |

7.5.2.3 Acțiunea seismică (calculată conform P100/92)

Încărcarea seismică a fost calculată cu formula $S = \alpha * k_s * \beta_r * \psi * \epsilon_r * G$ (8.1)

G - rezultanta încărcărilor gravitaționale

$\alpha = 1$

$k_s = 0.16$ (zona D)

$\beta_r = 2.5$

$\psi = 0.25$

$T_c = 1$ sec

7.5.2.4 Combinații de încărcări

Nume	Tip	G _p	G plan șeu	G lumi nator	G fața dă	Utilă	Zăpa dă	Vânt +	Vânt -	SM +	SM -
Ci 1	SLU	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,4	0	0	0	0
Ci 2	SLU	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,4	0	0	1	0
Ci 3	SLU	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,4	0	0	0	1
Ci 4	SLS	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Ci 5	SLU	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,26	1,08	0	0	0
Ci 6	SLU	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,26	0	1,08	0	0
Ci 7	SLU	1,1	1,1	1,1	1,1	1,17	1,4	1,08	0	0	0
Ci 8	SLU	1,1	1,1	1,1	1,1	1,17	1,4	0	1,08	0	0
Ci 9	SLU	1,1	1,1	1,1	1,1	1,17	1,26	1,2	0	0	0
Ci 10	SLU	1,1	1,1	1,1	1,1	1,17	1,26	0	1,2	0	0

Tabel 7.5.2

7.5.3 Analiza modală

Calculul s-a realizat cu programul AXIS V.M., folosind spectrul de răspuns. S-a folosit modelul de calcul spațial. Elementele structurale (grinzi, stâlpi, planșee) au fost discretizate în elemente finite, având dimensiuni maxime de 1m. Astfel stâlpii au fost împărțiți în câte patru elemente finite pe fiecare nivel. Încărcările au fost transformate în mase concentrate în noduri pe fiecare nivel. S-au analizat primele 15 moduri de vibrație.

Valorile eforturilor și a deplasărilor s-au obținut pe baza unor analize spațiale liniare pentru cele două tipuri de structuri, tip A și tip B. Pentru a înțelege și evidenția modul în care îmbinările originale dezvoltate de autorul tezei influențează valorile eforturilor secționale înregistrate în structură și a deplasărilor, analiza s-a realizat pentru mai multe valori ale factorului de comportare q . Valorile sunt prezentate comparativ în tabelul 7.5.3. Se poate observa ca nu sunt diferențe semnificative între valorile eforturilor secționale înregistrate între structura de tip A, mai puțin disipativă ($q=2$), și structura clasică de tip B, cu o bună capacitate de disipare a energiei seismice ($q=4$).

Aceste diferențe mici între valorile eforturilor secționale se explică prin faptul că:

- această clădire nu are suprafețe de planșee mari, care sa poată conduce la apariția unor mase inerțiale mari și implicit la diferențe mari între valorile eforturilor secționale înregistrate între structura de tip A, cu un grad de disipare a energiei seismice redusă, și structura de tip B;
- structura este fixată articulat la nivelul planșeelelor de structura de zidărie portantă, transmitând astfel o parte din eforturi spre aceasta;

Valori maxime		STRUCTURA TIP A <i>Grinzi dezaxate față de stâlpi</i>		STRUCTURA TIP B <i>Grinzi axate în axul stâlpilor</i>
Factor de comportare		$\Psi=0.25$ $(q=4)$	$\Psi=0.5$ $(q=2)$	$\Psi=0.25$ $(q=4)$
e_x [mm]	Structură	16.6	16.6	7
e_y [mm]	Structură	31.7	31.7	19
My [kNm]	Stâlpi	14.07	19.40	20
N [Kn]	Stâlpi	327	327	301
My [kNm]	Grinzi	36.3	36.3	44
N [Kn]	Grinzi	84.2	163	80
My [kNm]	Plăci îmbinare	21	21	-
N [Kn]	Plăci îmbinare	26	26	-
My [kNm]	Stâlpi fațadă	2.5	2.5	1.7
N [Kn]	Stâlpi fațadă	106.7	106.7	97
Eficiență	Stâlpi	0.189	0.189	0.189
	Grinzi	0.649	0.649	0.687
	Placi îmbinare	0.312	0.369	-
	Stâlpi fațadă	0.392	0.392	0.340

Tabel 7.5.3

Pe baza acestor observații, s-a continuat cu analiza detaliată a tipului A de structură.

În (fig.7.5.3a) este prezentată structura de rezistență nedeformată, iar în (fig.7.5.3b, 7.5.3c și 7.5.3e) sunt prezentate modurile de deformare a structurii pentru primele trei moduri de vibrație. Se observă că primele două moduri de vibrație sunt de translație după cele două direcții principale, iar modul trei de vibrație este un mod de vibrație ce indică o mișcare de torsiune generală a structurii.

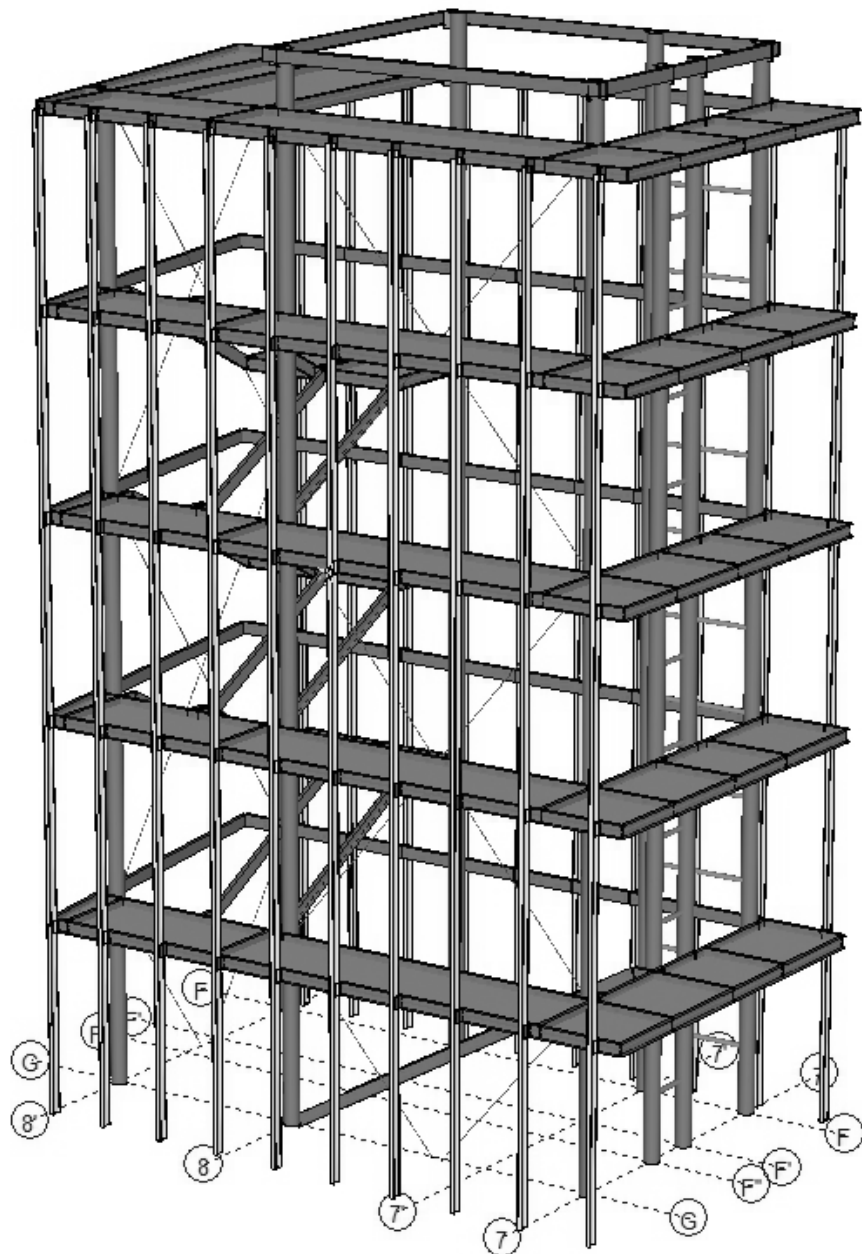
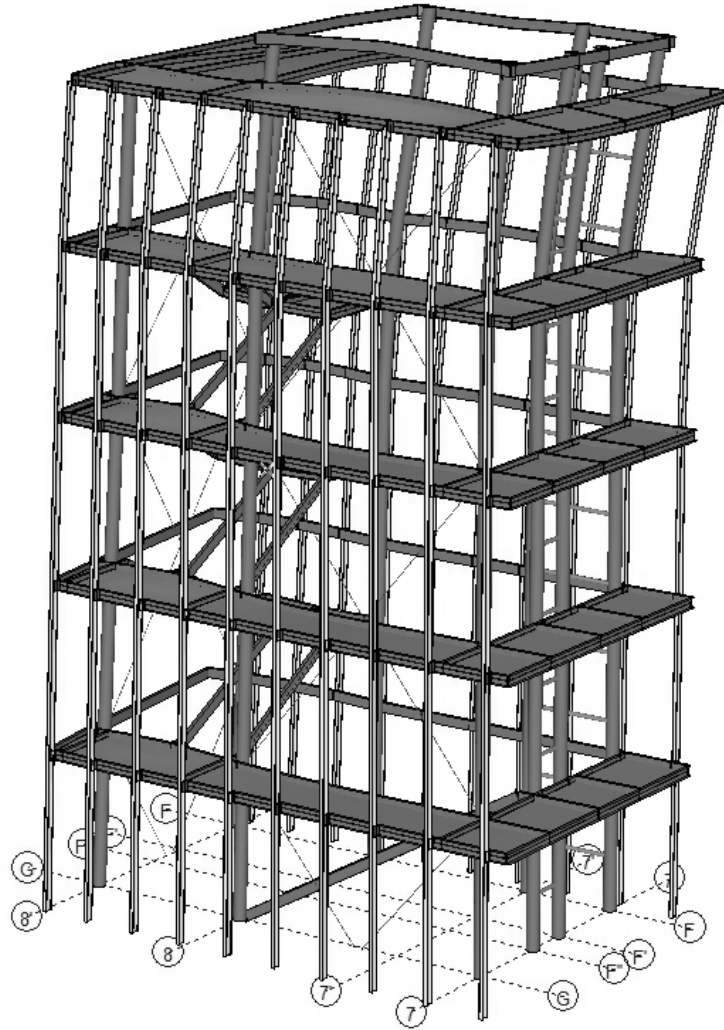


fig. 7.5.3a Structura nedeformată

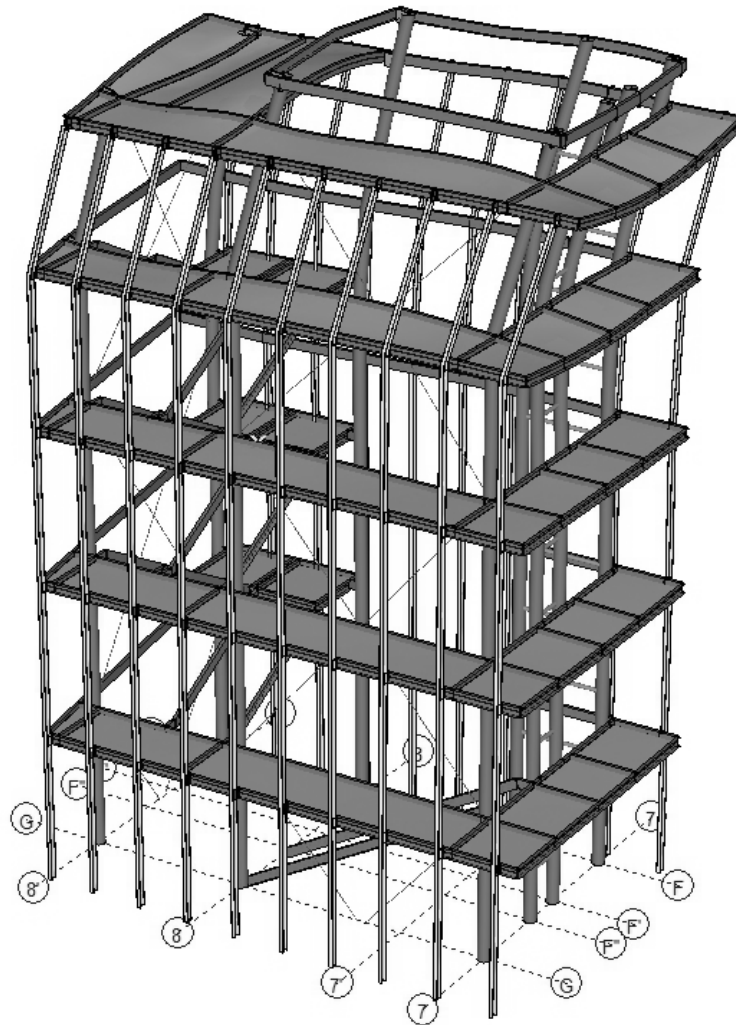
Analiza modala	
- Reducerea rigiditatii -	
Normativ	Eurocode-RO
Ipoteza	Ci 1
Mod	1
f	2,24 Hz
T	0,446 s
ω	14,09 rad/s
V.p.	198,48
Eroare	8,48E-9
Iteratii	23
Comp.	eZ



$$T1=0.446 \text{ s} < Tc$$

fig.7.5.3b Structura deformată pentru modul 1 de vibrație (translație)

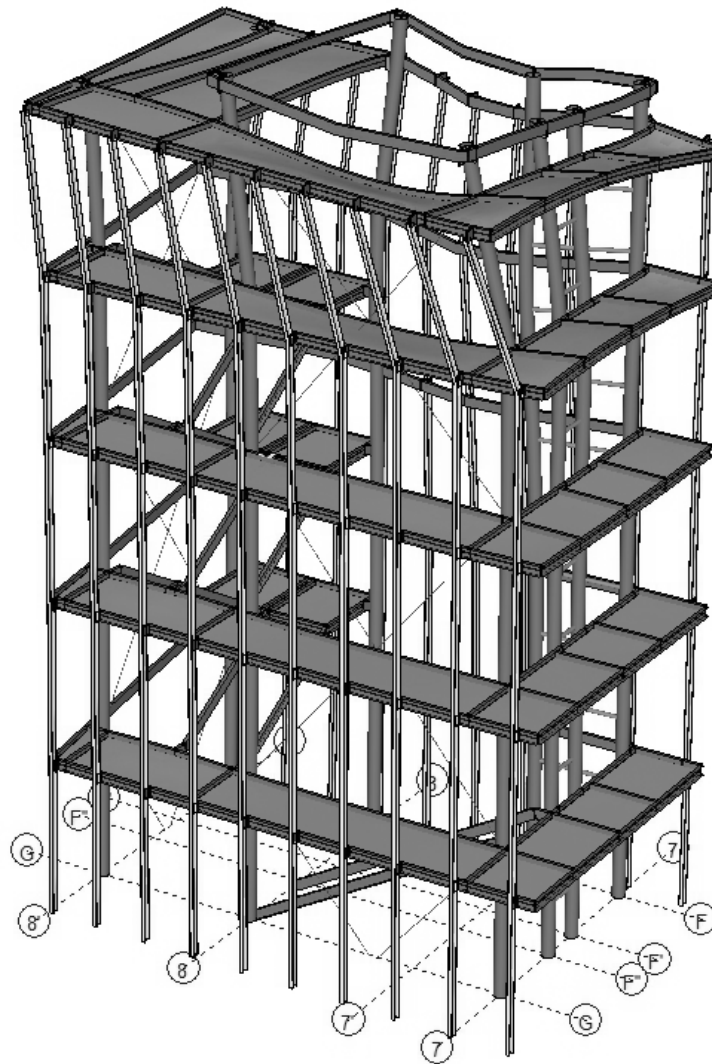
Analiza modala	
- Reducerea rigiditatii -	
Normativ	Eurocode-RO
Ipoteza	Ci 1
Mod	2
f	3,13 Hz
T	0,320 s
ω	19,64 rad/s
V.p.	385,73
Eroare	5,37E-9
Iteratii	23
Comp.	eX



$T_2=0.32\text{ s}$

fig.7.5.3c Structura deformată pentru modul 2 de vibrație (translație)

Analiza modala	
- Reducerea rigiditatii -	
Normativ	Eurocode-RO
Ipooteza	Ci 1
Mod	3
f	3,20 Hz
T	0,312 s
ω	20,13 rad/s
V.p.	405,27
Eroare	2,32E-9
Iteratii	23
Comp.	eX



$$T_3=0.312 \text{ s}$$

fig.7.5.3d Structura deformată pentru modul 3 de vibrație (torsiune)

7.5.4 Analiza statică și dinamică

7.5.4.1 Deplasări laterale

Deplasările laterale s-au calculat considerând factorul de comportare $q=1$. Înălțimea maximă a structurii luate în calcul este de 17,65 m.

În urma analizării rezultatelor obținute prin analiza liniară spațială au rezultat următoarele concluzii:

- Valorile maxime ale deplasărilor orizontale pentru cele doua tipuri de structuri sunt prezentate în tabelul 7.5.4.1a. Se poate observa că, deși valorile maxime ale deplasărilor orizontale înregistrate la structura de tip A sunt mai mari decât la cea clasică de tip B, acestea nu depășesc valorile limită admise de normativ;
- Valorile deplasărilor relative de nivel ale structurii de tip A, nu depășesc limita maximă admisă de normativ. Valorile comparative sunt prezentate în tabelul 7.5.4.1b;

Deplasări orizontale maxime $q=1$

C	min. max.	Ipot	eX [mm]	eY [mm]		0,01*H [mm]	
Hotel Savoy - structura tip A cu grinzi dezaxate							
eX	min	Ci 3	-16,609	-15,61	<	176,4	OK
	min	Ci 3	-16,593	-23,54	<	176,4	OK
	max	Ci 2	16,648	14,857	<	176,4	OK
eY	min	Ci 3	-9,242	-31,71	<	176,4	OK
	max	Ci 2	9,675	30,867	<	176,4	OK
Hotel Savoy - structura tip B cu grinzi axate pe stâlpi							
eX	min	Ci 3	-6,925	-15,43	<	176,4	OK
	min	Ci 3	-6,923	-6,327	<	176,4	OK
	min	Ci 3	-6,919	-17,47	<	176,4	OK
	max	Ci 2	7,871	14,806	<	176,4	OK
eY	min	Ci 3	-4,516	-18,5	<	176,4	OK
	max	Ci 2	5,344	18,251	<	176,4	OK

Tabel 7.5.4.1a

Deplasări relative de nivel

Nivel	h [mm]	ex [mm]	ey [mm]	dr [mm]		0,007h [mm]	
<i>Hotel Savoy - structura tip A cu grinzi dezaxate</i>							
Demisol	3390	0,016	1,38	1,4	<	23,73	OK
Parter	3660	0,081	1,86	1,9	<	25,62	OK
Etaj 1	3580	0,363	2,22	2,2	<	25,06	OK
Etaj 2	3580	1,5	5,47	5,5	<	25,06	OK
Etaj 3	3430	14,69	9,61	14,7	<	24,01	OK
<i>Hotel Savoy - structura tip B cu grinzi axate pe stâlpi</i>							
Demisol	3390	0,229	2,5	2,5	<	23,73	OK
Parter	3660	0,371	3,4	3,4	<	25,62	OK
Etaj 1	3580	0,3	2,77	2,8	<	25,06	OK
Etaj 2	3580	0,23	3,36	3,4	<	25,06	OK
Etaj 3	3430	4,21	6,22	6,2	<	24,01	OK

Tabel 7.5.4.1b

7.5.4.2 Eforturi în elementele structurale

Eforturile secționale în toate elementele structurii portante au rezultat în urma analizei statice și dinamice spațiale a clădirii. Au fost realizate analize dinamice pentru mai multe valori ale coeficientului de reducere a forțelor seismice ψ . Astfel:

- la structura inovativă de tip A coeficientul ψ a avut 3 valori: $\psi=1$, $\psi = 0.5$, $\psi = 0.25$;
- la structura de tip B coeficientul ψ a avut 2 valori: $\psi=1$, $\psi = 0.25$;

Pentru valoarea coeficientului de reducere a forței seismice $\psi=1$ eforturile maxime în elementele structurale (stâlpi, grinzi) au rezultat din combinația de încărcări specială;

Pentru valori ale coeficientului de reducere a forței seismice $\psi=0.25$ și $\psi=0.5$, eforturile maxime în elementele structurale (stâlpi, grinzi) au rezultat din combinația de încărcări fundamentală, datorită masei inerțiale reduse a structurii.

Valorile eforturilor secționale maxime pentru structura de tip A sunt prezentate în următoarele figuri:

- pentru stâlpii circulari valorile sunt prezentate în (fig.7.5.4.2a);
- pentru stâlpii de fațadă valorile sunt prezentate în (fig.7.5.4.2b);
- pentru grinzile de cadru valorile sunt prezentate în (fig.7.5.4.2c);
- pentru îmbinările grindă-stâlp valorile sunt prezentate în (fig.7.5.4.2d).

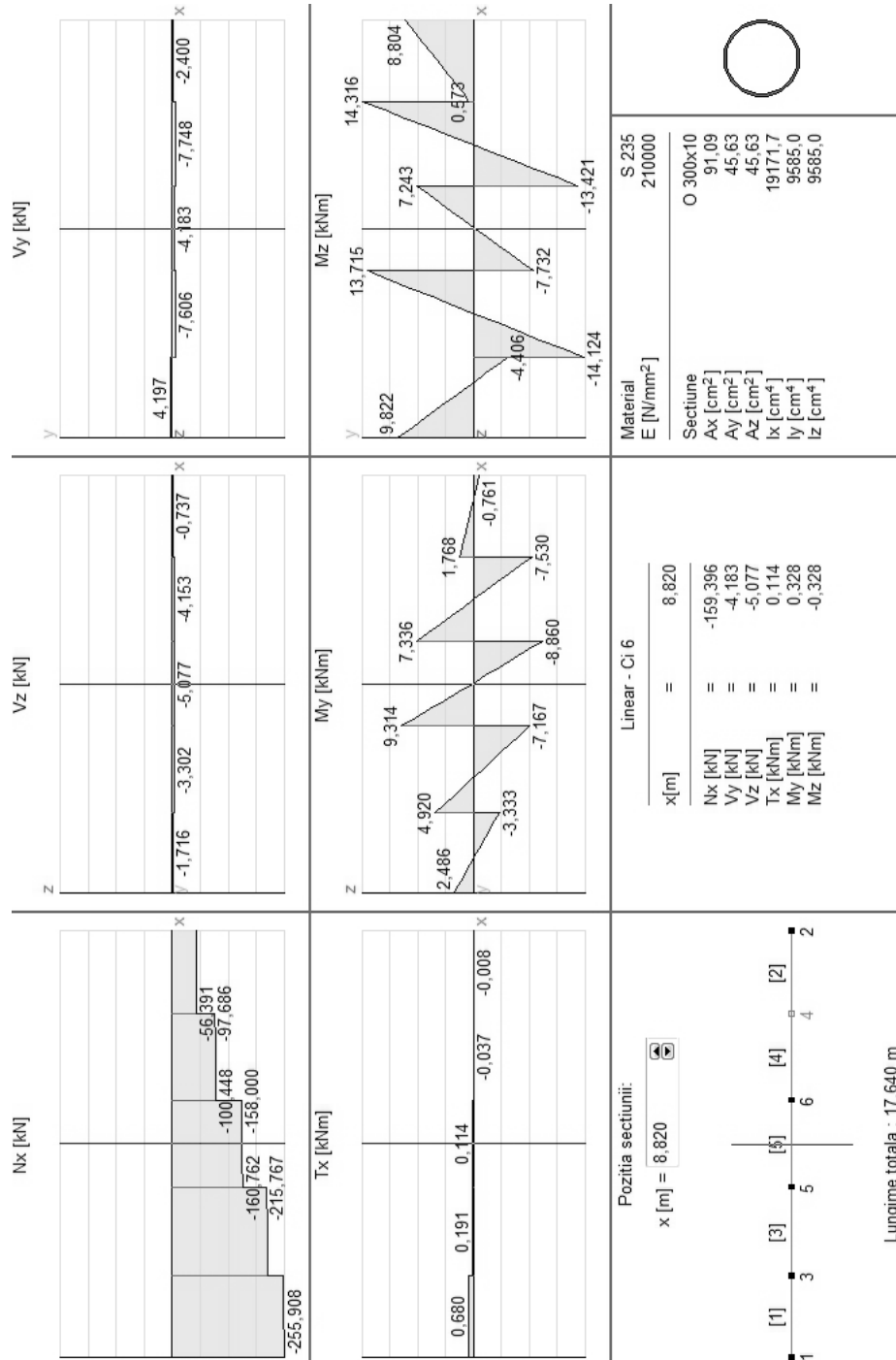


fig.7.5.4.2a Eforturi maxime în stâlpii O300×10

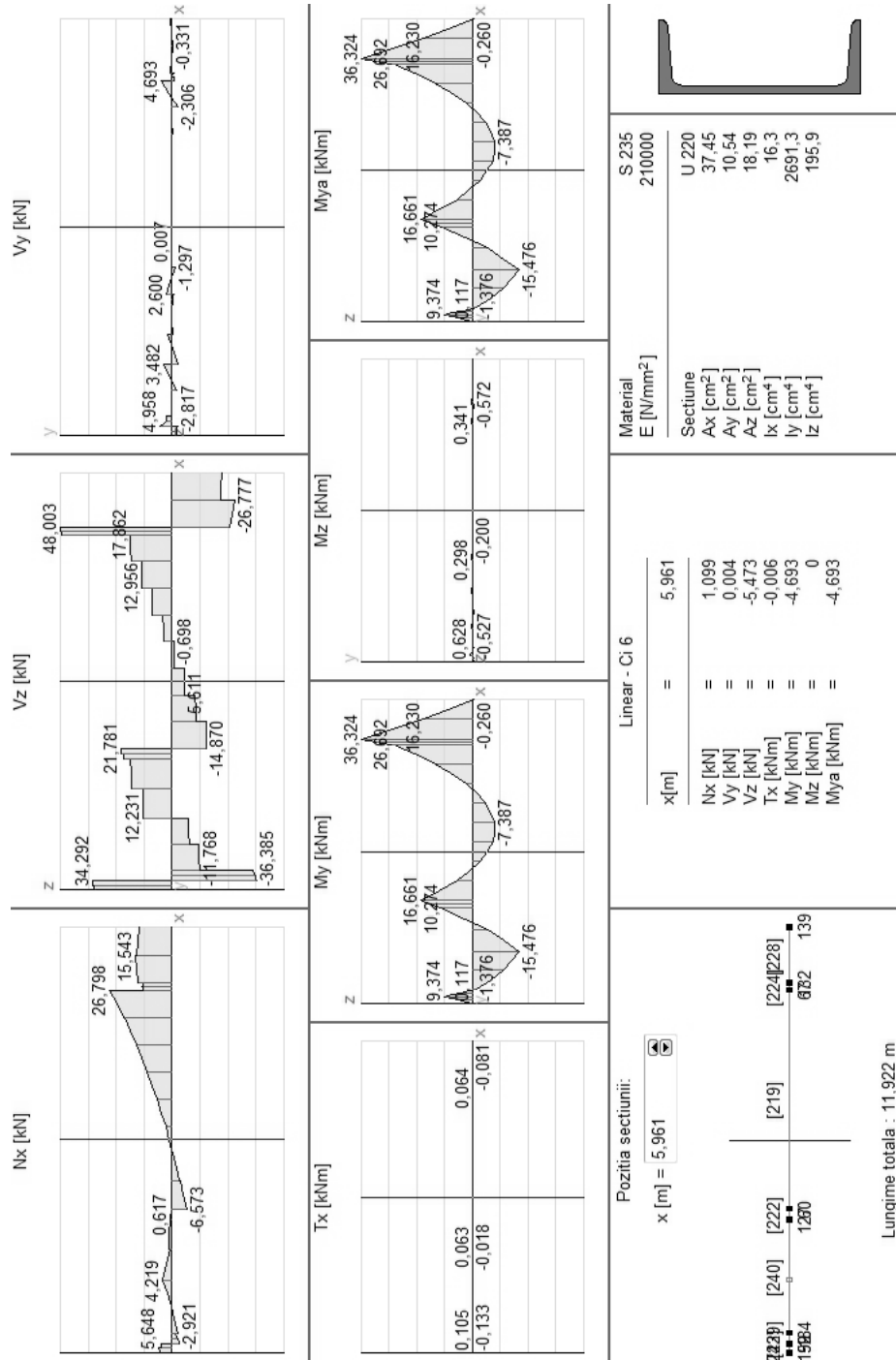


fig.7.5.4.2b Eforturi maxime în grinzile UPN 220

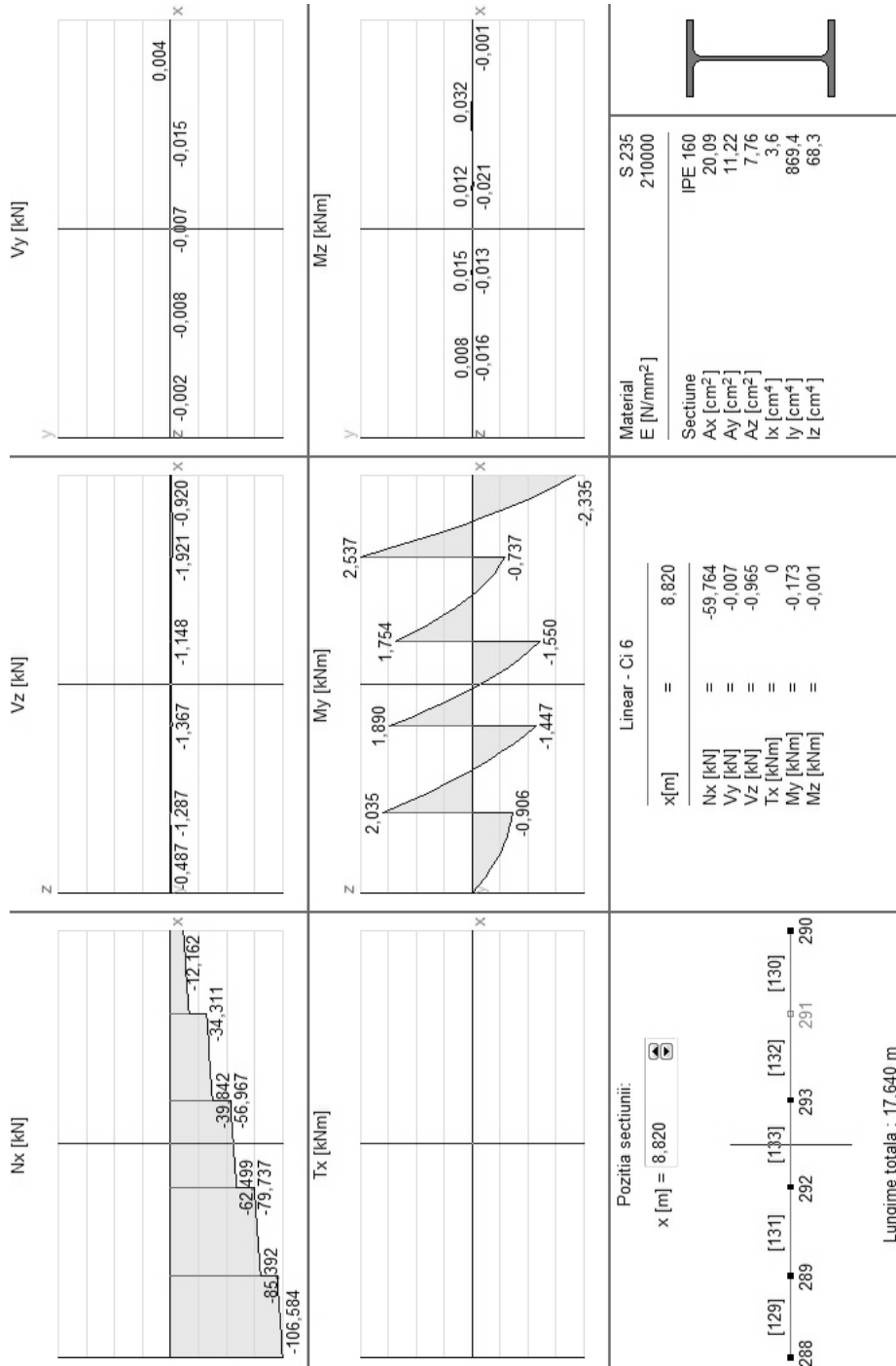


fig.7.5.4.2c Eforturi maxime în stâlpii de fațadă IPE 160

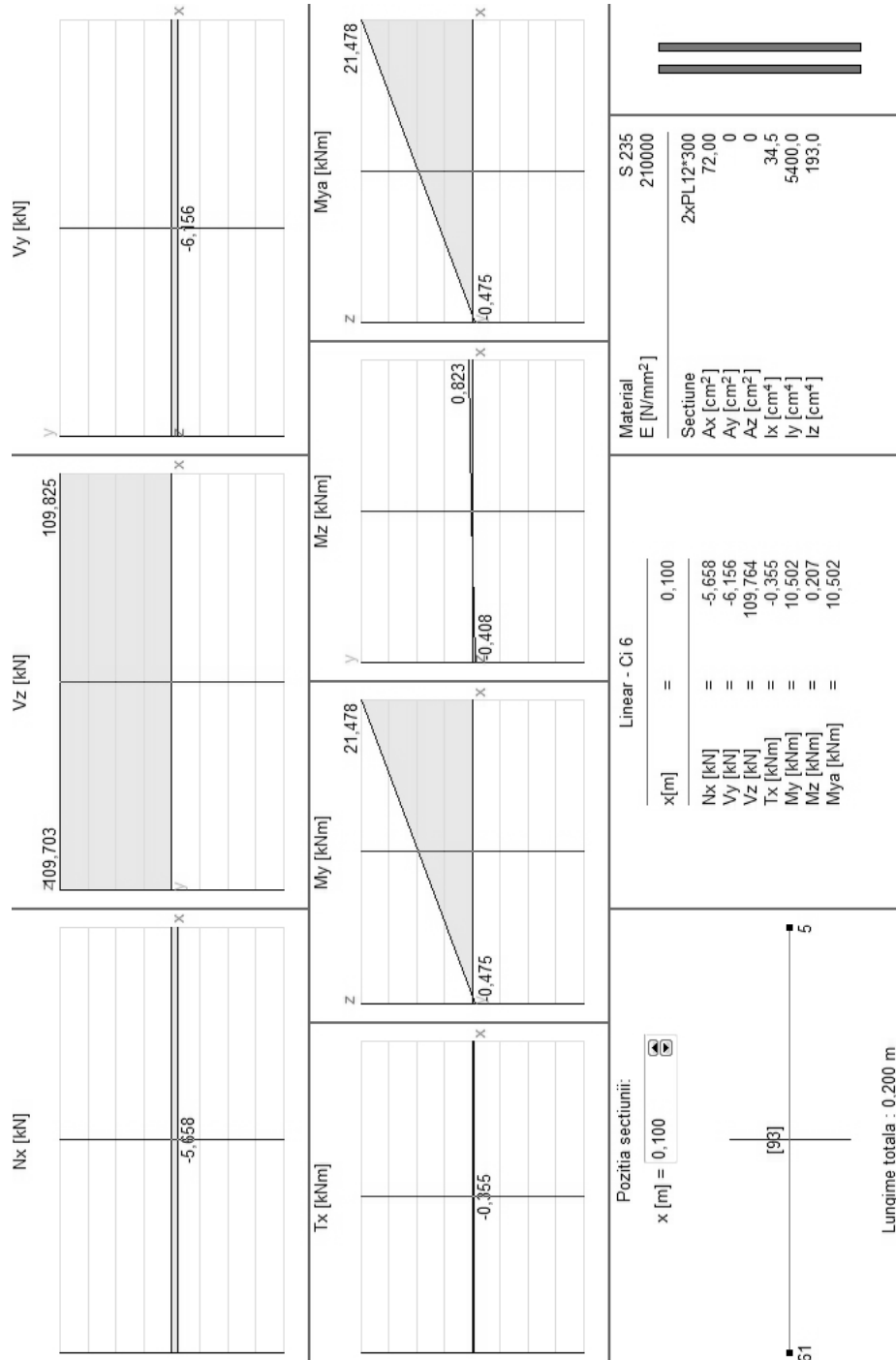


fig.7.5.4.2d Eforturi maxime în plăcile metalice de îmbinare

7.5.5 Gradul de eficiență a elementelor structurale

Gradul de eficiență a secțiunilor elementelor structurale și a îmbinărilor în preluarea eforturilor secționale, s-a calculat automat cu ajutorul programului de calcul AXIS V.M., în conformitate cu normativele SR EN 1993-1. Notele de calcul și valorile rezultate sunt prezentate astfel:

- Valorile pentru stâlpii circulari sunt prezentate în *(fig.7.5.5.1)*. Notele de calcul pentru eficiența stâlpilor circulari sunt prezentate la punctul 7.5.5.1;
- Valorile pentru grinzile de cadru UPN sunt prezentate în *(fig.7.5.5.2)*. Notele de calcul pentru eficiența grinzilor de cadru sunt prezentate la punctul 7.5.5.2;
- Valorile pentru stâlpii de fațadă IPE sunt prezentate în *(fig.7.5.5.3)*. Notele de calcul pentru eficiența stâlpilor de fațadă sunt prezentate la punctul 7.5.5.3;
- Valorile pentru îmbinările grindă-stâlp sunt prezentate în *(fig.7.5.5.4)*. Notele de calcul pentru eficiența îmbinărilor stâlp- grindă sunt prezentate la punctul 7.5.5.4;

7.5.5.1 Eficiența stâlpilor O300x10

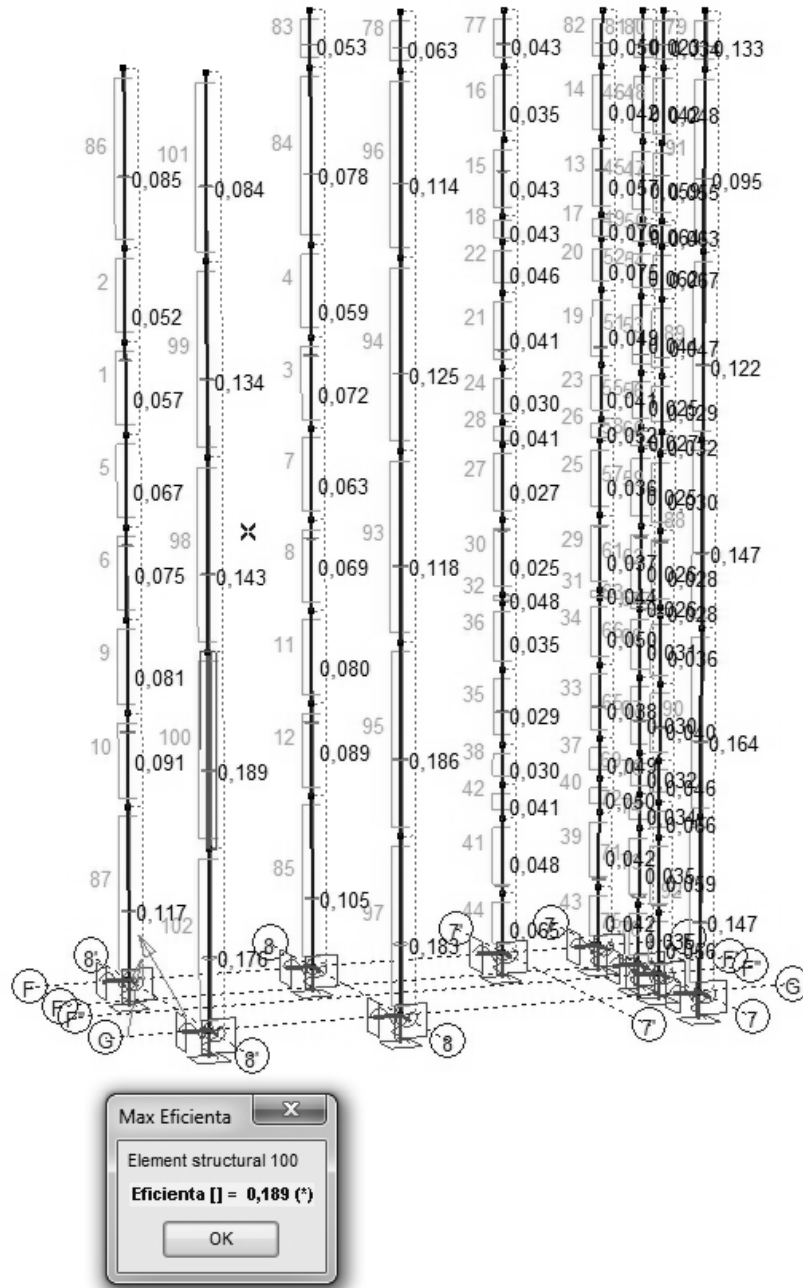


fig.7.5.5.1 Gradul de eficienta a stâlpilor O300x10

Element de dimensionare: 100

Noduri: 3-5

Normativ: Eurocode-RO

SR EN 1993-1-1, SR EN 1993-1-5

Material: S 235

Secțiune: O 300×10

Ipozeza: Ci 6

Coefficient de majorare al ipotezei seismice: 1,0

Clasa de secțiune: 1 (Dimensionare plastică)

Verificare la Forță axială-Compresiune-Încovoiere-Flambaj

SR EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B, Method 2

Secțiunea critică: $x=1,00 \cdot L=1,00 \cdot 366,00=366,00\text{cm}$

$C_{my}=0,9 \geq 0,4$ Tabelul B3

$C_{mz}=0,9 \geq 0,4$ Tabelul B3

$f_{yy}=\min(\lambda_{yy} \cdot 0,2, 0,8)=\min(0,38-0,2, 0,8)=0,18$

$f_{zz}=\min(2 \cdot \lambda_{yy} \cdot 0,6, 1,4)=\min(2 \cdot 0,38-0,6, 1,4)=0,16$

$$k_{yy}=C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \frac{|N_{Ed11}|}{X_y \cdot \frac{N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + 0,18 \frac{|-215,77|}{0,958 \cdot 2140,56} \right) = 0,917$$

$k_{zy}=0,6 \cdot k_{yy}=0,6 \cdot 0,917=0,55$ Tabelul Annex B.1

$k_{yz}=0,6 \cdot k_{zz}=0,6 \cdot 0,915=0,549$

$$k_{zz}=C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \frac{|N_{Ed11}|}{X_z \cdot \frac{N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + 0,16 \frac{|-215,77|}{0,958 \cdot 2140,56} \right) = 0,915$$

Tabelul Annex B.1

$$X_y = \min \left(\frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}}, 1 \right) = 0,958 \quad (6.49)$$

$$X_z = \min \left(\frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}}, 1 \right) = 0,958 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuck11} = \frac{N_{Ed11}}{X_y \cdot \frac{N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{yy} \frac{M_{y,Ed11}}{\frac{M_{pl,Rd,y}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{yz} \frac{M_{z,Ed11}}{\frac{M_{pl,Rd,z}}{\gamma_{M1}}} = \frac{(-215,77)}{0,958 \cdot 2140,56} \pm 0,917 \frac{(-716,67)}{19765,31} \pm 0,549 \frac{(1371,46)}{19765,44} = 17,7\% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuckl2} = \frac{N_{Ed,11}}{\frac{X_z \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{zy} \frac{M_{y,Ed,11}}{\frac{M_{pl,Rd,y}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{yz} \frac{M_{z,Ed,11}}{\frac{M_{pl,Rd,z}}{\gamma_{M1}}} = \frac{(-215,77)}{0,958 \cdot 2140,56}$$

$$\pm 0,55 \frac{(-716,67)}{19765,31} \pm 0,915 \frac{(1371,46)}{19765,44} = 18,9\% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuckl} = 18,9\% \quad \text{severifică}$$

7.5.5.2 Eficiența grinzilor UPN 220

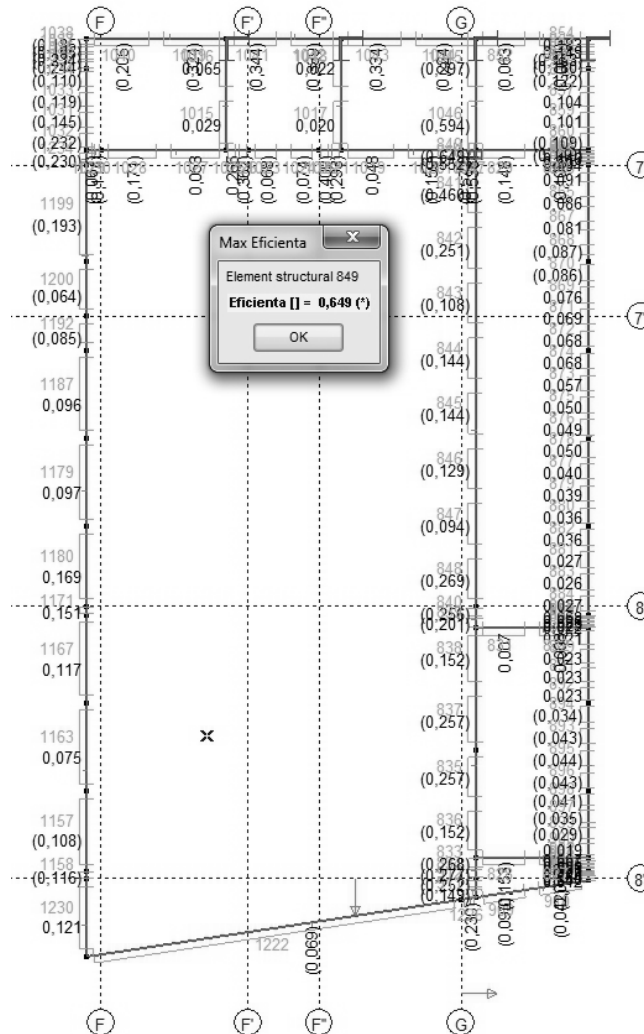


fig.7.5.5.2 Gradul de eficiență a grinzilor UPN 220

Element de dimensionare: 849

Noduri: 132-1005

Normativ: Eurocode-RO

SR EN 1993-1-1, SR EN 1993-1-5

Material: S 235

Secțiune: U 220

Ipoțeză: Ci 6

Coeeficient de majorare al ipotezei seismice: 1,0

Clasa de secțiune: 1 (Dimensionare plastică)

Elementul structural de oțel se poate dimensiona numai parțial.

Verificarea la Forță axială-Încovoiere-Forfecare

SR EN 1993-1-1, SR EN 1993-1-5

Combinăție de dimensionare: Ci 5

Secțiunea critică: $x=1,00 \cdot L=1,00 \cdot 10,00=10,00 \text{ cm}$

$N_{Ed_3}=-64,44 \text{ kN}$ $V_{z,Ed_3}=43,40 \text{ kN}$ $V_{y,Ed_3}=6,36 \text{ kN}$

$M_{z,Ed_3}=82,12 \text{ kNcm}=0,821 \text{ kNm}$ $M_{y,Ed_3}=-3575,17 \text{ kNcm}=-35,752 \text{ kNm}$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \left(\frac{N_{Ed_3}}{N_{pl,Rd}} \right) \pm \left(\frac{M_{z,Ed_3}}{M_{pl,Rd,z}} \right) \pm \left(\frac{M_{y,Ed_3}}{M_{pl,Rd,y}} \right) = \left(\frac{(-64,44)}{879,98} \right) \pm \left(\frac{82,12}{1513,48} \right) \pm \left(\frac{(-3575,17)}{6850,37} \right) = 64,9\% \quad \text{se verifică}$$

Verificare la Forță axială-Compresiune-Încovoiere-Flambaj

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Combinăție de dimensionare: Ci 5

Secțiunea critică: $x=1,00 \cdot L=1,00 \cdot 10,00=10,00 \text{ cm}$

$C_{my} = \max(0,2+0,8 \cdot \alpha_{Cm}, 0,4) = \max(0,2+0,8 \cdot 0,754, 0,4) = 0,804 \geq 0,4$

Tabelul B3

$C_{mz} = \max(0,2+0,8 \cdot \alpha_{Cm}, 0,4) = \max(0,2+0,8 \cdot 0,754, 0,4) = 0,95 \geq 0,4$ Tabelul B3

$k_{zz} = 1$

$k_{yz} = 1$ Tabelul Annex B.1

$k_{zy} = 1$

$k_{yy} = 1$ Tabelul Annex B.1

$$X_z = \min \left(\frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}, 1 \right) = 1 \quad (6.49)$$

$$X_y = \min \left(\frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}, 1 \right) = 1 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuckI} = \frac{N_{Ed_3}}{\frac{X_z \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{zz} \frac{M_{z,Ed_3}}{\frac{M_{pl,Rd,z}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{zy} \frac{M_{y,Ed_3}}{\frac{M_{pl,Rd,y}}{\gamma_{M1}}} = \frac{(-64,44)}{1} \pm 1 \frac{82,12}{1513,48} \pm 1 \frac{(-3575,17)}{6850,37} = 64,9\% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuckl2} = \frac{N_{Ed_3}}{\frac{X_y \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{yz} \frac{M_{z,Ed_3}}{\frac{M_{pl,Rd,z}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{yy} \frac{M_{y,Ed_3}}{\frac{M_{pl,Rd,y}}{\gamma_{M1}}} = \frac{(-64,44)}{1.879,98}$$

$$\pm 1 \frac{82,12}{1513,48} \pm 1 \frac{(-3575,17)}{6850,37} = 64,9\% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuckl} = 64,9\% \text{ se verifică}$$

7.5.5.3 Eficiența stâlpilor de fațadă

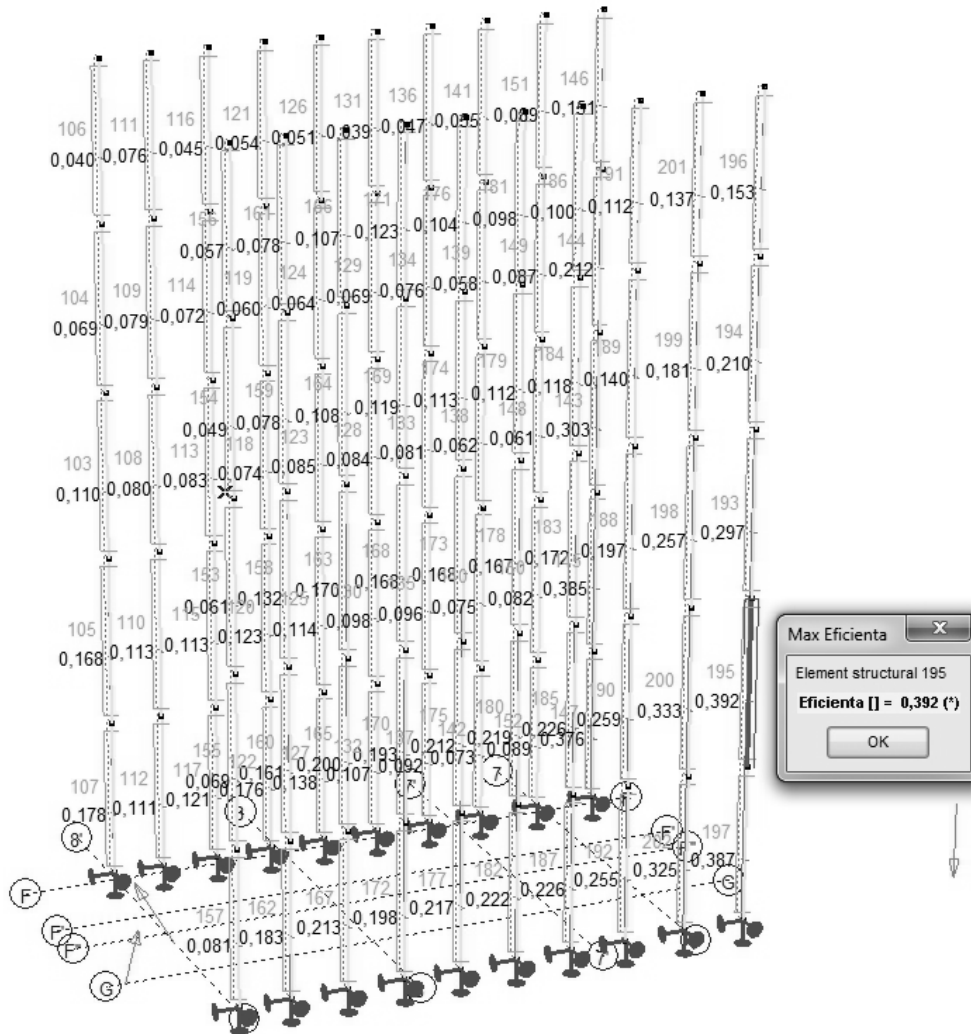


fig.7.5.5.3 Gradul de eficiență a stâlpilor de fațadă

Element de dimensionare: 195
 Noduri: 289-292
 Normativ: Eurocode-RO
 SR EN 1993-1-1, SR EN 1993-1-5
 Material: S 235
 Secțiune: IPE 160
 Ipoteza: Linear, Înfășurătoare (Combinatii de încărcări)
 Coeficient de majorare al ipotezei seismice: 1,0
 Clasa de secțiune: 1 (Dimensionare plastică)

Verificare la Forță axială-Încovoire-Forfecare

SR EN 1993-1-1:6.2.1, 6.2.8, 6.2.9.3

Combinatie de dimensionare: Ci 5

Secțiunea critică: $x=0,00 \cdot L=0,00 \cdot 366,00=0,00 \text{ cm}$

$$N_{Ed_1} = -85,58 \text{ kN} \quad V_{y,Ed_1} = -0,01 \text{ kN} \quad V_{z,Ed_1} = -0,45 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed_1} = 153,83 \text{ kNcm} = 1,538 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed_1} = -1,59 \text{ kNcm} = -0,016 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \eta_{NM} = 18,1 \% \quad \text{severifică}$$

Verificare la Forță axială-Compresiune-Încovoire-Flambaj

SR EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B, Method 2

Combinatie de dimensionare: Ci 6

Secțiunea critică: $x=0,00 \cdot L=0,00 \cdot 366,00=0,00 \text{ cm}$

$$C_{my} = \max(0,2 + 0,8 \cdot \alpha_{Cm}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \cdot 0,523, 0,4) = 0,4 \geq 0,4 \quad \text{Tabelul B3}$$

$$C_{mz} = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabelul B3}$$

$$f_{yy} = \min(\lambda_y \cdot * - 0,2, 0,8) = \min(0,59 - 0,2, 0,8) = 0,392$$

$$f_{zz} = \min(2 \cdot \lambda_z \cdot * - 0,6, 1,4) = \min(2 \cdot 1,06 - 0,6, 1,4) = 1,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \frac{|N_{Ed_1}|}{\frac{X_y \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,4 \cdot \left(1 + 0,392 \frac{|-85,39|}{\frac{0,8928 \cdot 472,22}{1}} \right) = 0,432$$

$$k_{zy} = 1 - f_{zy} \frac{|N_{Ed_1}|}{\frac{X_z \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} = 1 - 0,253 \frac{|-85,39|}{\frac{0,5614 \cdot 472,22}{1}} = 0,918 \quad \text{Tabelul Annex B.1}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,451 = 0,871$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \frac{|N_{Ed_1}|}{\frac{X_z \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 1,4 \frac{|-85,39|}{\frac{0,5614 \cdot 472,22}{1}} \right) = 1,451$$

Tabelul Annex B.1

$$X_y = \min\left(\frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}, 1\right) = 0,8928 \quad (6.49)$$

$$X_z = \min\left(\frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}, 1\right) = 0,5614 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuck11} = \frac{N_{Ed1}}{X_y \cdot \frac{N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{yy} \frac{M_{y,Ed1}}{\frac{M_{pl,Rd,y}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{yz} \frac{M_{z,Ed1}}{\frac{M_{pl,Rd,z}}{\gamma_{M1}}} = \frac{(-85,39)}{0,8928 \cdot 472,22} \\ \pm 0,432 \frac{(-203,49)}{2911,23} \pm 0,871 \frac{(-1,57)}{613,39} = 23,5\% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuck12} = \frac{N_{Ed1}}{X_z \cdot \frac{N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{zy} \frac{M_{y,Ed1}}{\frac{M_{pl,Rd,y}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{zz} \frac{M_{z,Ed1}}{\frac{M_{pl,Rd,z}}{\gamma_{M1}}} = \frac{(-85,39)}{0,5614 \cdot 472,22} \\ \pm 0,918 \frac{(-203,49)}{2911,23} \pm 1,451 \frac{(-1,57)}{613,39} = 34,4\% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuck1} = 34,4\% \quad \text{se verifică}$$

Verificare la Forță axială-Încovoiere-Torsiune laterală

SR EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B, Method 2

Combinatie de dimensionare: Ci 6

Secțiunea critică: $x=0,00 \cdot L=0,00 \cdot 366,00=0,00 \text{ cm}$

$$C_{my} = \max(0,2 + 0,8 \cdot \alpha_{Cm}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \cdot 0,523, 0,4) = 0,619 \geq 0,4 \quad \text{Tabelul B3}$$

$$C_{mz} = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabelul B3}$$

$$C_{mLT} = \max(0,2 + 0,8 \cdot \alpha_{Cm}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \cdot 0,523, 0,4) = 0,619 \geq 0,4$$

Tabelul B3

$$f_{yy} = \min(\lambda_y^* - 0,2, 0,8) = \min(0,59 - 0,2, 0,8) = 0,392$$

$$f_{zy} = \min\left(\frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25}, \frac{0,1 \cdot \lambda_y^*}{C_{mLT} - 0,25}\right) = \min\left(\frac{0,1}{0,619 - 0,25}, \frac{0,1 \cdot 0,59}{0,619 - 0,25}\right) = 0,253$$

$$f_{zz} = \min(2 \cdot \lambda_z^* - 0,6, 1,4) = \min(2 \cdot 1,06 - 0,6, 1,4) = 1,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \frac{|N_{Ed1}|}{X_y \cdot \frac{N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}}\right) = 0,4 \cdot \left(1 + 0,392 \frac{|-85,39|}{0,8928 \cdot 472,22}\right) = 0,432$$

$$k_{zy} = 1 - f_{zy} \frac{|N_{Ed_i}|}{\frac{X_z \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} = 1 - 0,253 \frac{|-85,39|}{\frac{0,5614 \cdot 472,22}{1}} = 0,918 \quad \text{Tabelul Annex B.1, B.2}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,451 = 0,871$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \frac{|N_{Ed_i}|}{\frac{X_z \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 1 \cdot \left(1 + 1,4 \frac{|-85,39|}{\frac{0,5614 \cdot 472,22}{1}} \right) = 1,451$$

Tabelul Annex B.1, B.2

$$X_y = \min \left(\frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}}, 1 \right) = 0,8928 \quad (6.49)$$

$$X_z = \min \left(\frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}}, 1 \right) = 0,5614 \quad (6.49)$$

$$X_{LT} = \min \left(\frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}}, 1 \right) = 0,97 \quad (6.56)$$

$$\eta_{NMLTBuck1} = \frac{N_{Ed_i}}{\frac{X_y \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{yy} \frac{M_{y,Ed_i}}{\frac{X_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{yz} \frac{M_{z,Ed_i}}{\frac{M_{pl,Rd,z}}{\gamma_{M1}}} = \frac{(-85,39)}{\frac{0,8928 \cdot 472,22}{1}} \pm 0,432 \frac{(-203,49)}{\frac{0,97 \cdot 2911,23}{1}} \pm 0,871 \frac{(-1,57)}{\frac{613,39}{1}} = 23,6\% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuck12} = \frac{N_{Ed_i}}{\frac{X_z \cdot N_{pl,Rd}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{zy} \frac{M_{y,Ed_i}}{\frac{X_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}{\gamma_{M1}}} \pm k_{zz} \frac{M_{z,Ed_i}}{\frac{M_{pl,Rd,z}}{\gamma_{M1}}} = \frac{(-85,39)}{\frac{0,5614 \cdot 472,22}{1}} \pm 0,918 \frac{(-203,49)}{\frac{0,97 \cdot 2911,23}{1}} \pm 1,451 \frac{(-1,57)}{\frac{613,39}{1}} = 39,2\% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuck1} = 39,2\% \quad \text{se verifică}$$

7.5.5.4 Eficiența plăcilor de îmbinare grindă-stâlp

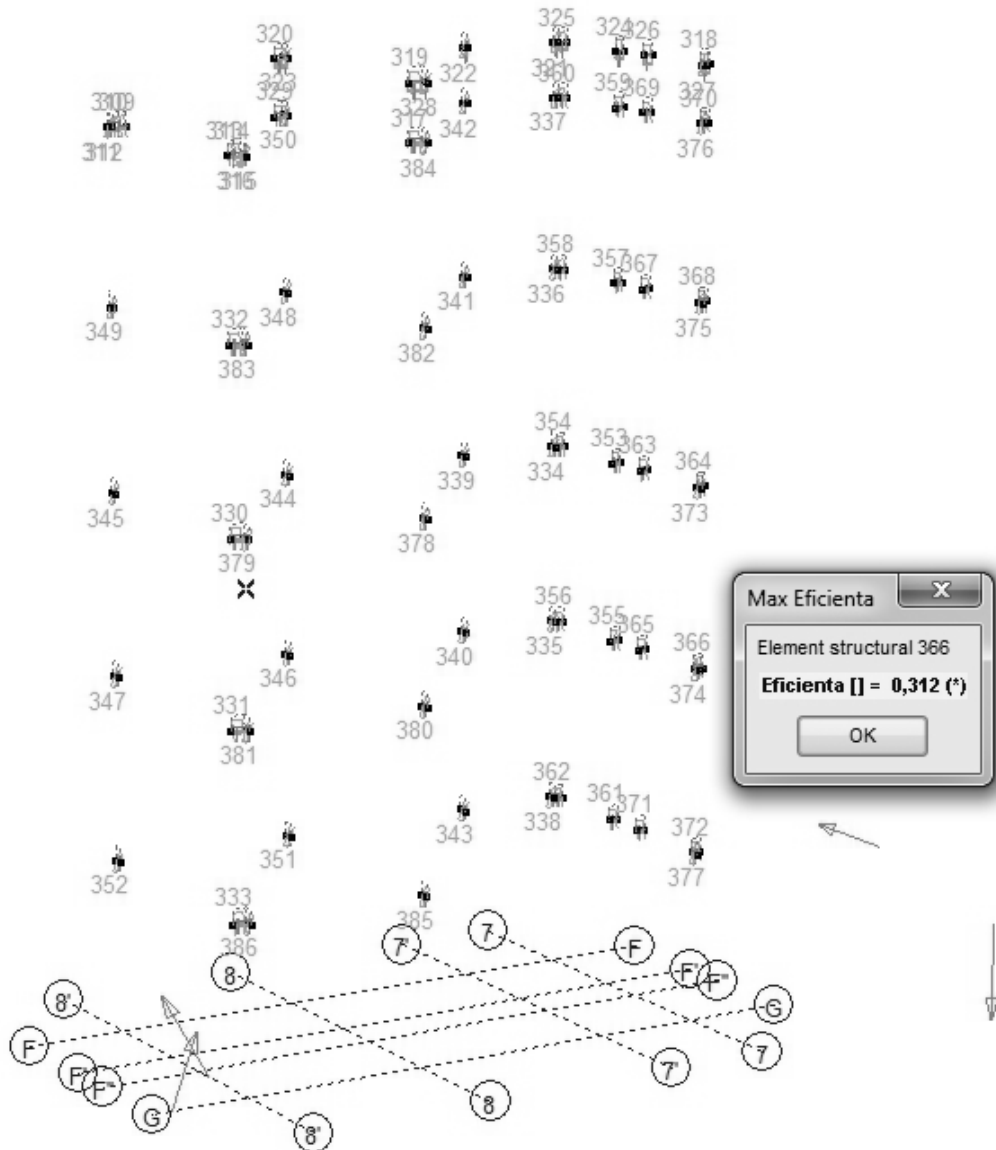


fig.7.5.5.4 Gradul de eficiență a plăcilor de îmbinare grindă-stâlp

Element de dimensionare: 366
 Noduri: 17-76
 Normativ: Eurocode-RO
[SR EN 1993-1-1](#), [SR EN 1993-1-5](#)
 Material: S 235
 Secțiune: 2×PL12*300
 Ipoteza: Linear, Înfașurătoare (Combinatii de încărcări)
 Coeficient de majorare al ipotezei seismice: 1,0
 Clasa de secțiune: 3 (Dimensionare elastică)
 Elementul structural de oțel se poate dimensiona numai parțial.

Verificare la Forță axială-Încovoiere-Forfecare

[SR EN 1993-1-1:6.2.1](#), [6.2.8](#), [6.2.9.3](#)

Combinatie de dimensionare: Ci 6

Secțiunea critică: $x=0,00 \cdot L=0,00 \cdot 20,00=0,00 \text{ cm}$

$$N_{Ed_1} = 19,29 \text{ kN} \quad V_{y,Ed_1} = 12,30 \text{ kN} \quad V_{z,Ed_1} = -89,93 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed_1} = 1893,02 \text{ kNcm} = 18,93 \text{ kNm} \quad M_{z,Ed_1} = 165,52 \text{ kNcm} = 1,655 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{NMV_{el}} &= \frac{N_{Ed_1}}{A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} \pm k_{yy} \frac{M_{y,Ed_1}}{W_{el,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} \pm k_{yz} \frac{M_{z,Ed_1}}{W_{el,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{13,29}{72,00 \cdot \frac{23,5}{1}} \\
 &\pm \frac{1893,02}{360,00 \cdot \frac{23,5}{1}} \pm \frac{165,52}{87,71 \cdot \frac{23,5}{1}} = 31,2 \% \quad \text{severifică}
 \end{aligned}$$

Verificare la Forță axială-Compresiune-Încovoiere-Flambaj

[SR EN 1993-1-1:6.3.3](#)

Combinatie de dimensionare: Ci 6

Secțiunea critică: $x=0,00 \cdot L=0,00 \cdot 20,00=0,00 \text{ cm}$

$$N_{Ed_1} = 13,29 \text{ kN} \quad (\text{Bara întinsă})$$

$$\eta_{NMBuckl} = \eta_{NMV} = 31,2 \% \quad \text{severifică}$$

7.5.5.5 Verificarea sudurilor

Verificarea îmbinării sudate grindă-grindă UPN 220

a.

$$W_{sy} = 206,6 \text{ cm}^3 \quad a = 0,5 t_{min}$$

$$M_y = 16,063 \text{ kNm}$$

$$\tau_1 = \frac{M}{W_1} = 777,5 \text{ daN/cm}^2 < R_f^s = 1500 \text{ daN/cm}^2$$

b.

$$A_s = 32,76 \text{ cm}^2 \quad a = 0,5 t_{min}$$

$$N = 0,625 \text{ kNm}$$

$$\tau_2 = \frac{N}{\sum a \cdot l} = 1,9 \text{ daN/cm}^2 < R_f^s = 1500 \text{ daN/cm}^2$$

c.

$$T = 11,125 \text{ kN} \quad a = 0,5 t_{min}$$

$$\tau_3 = \frac{T}{2a_2 h_i} = 81,8 \text{ daN/cm}^2 < R_f^s = 1500 \text{ daN/cm}^2$$

- verificarea sudurilor de prindere a tălpilor

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = 779,4 \text{ daN/cm}^2 < R_f^s = 1500 \text{ daN/cm}^2$$

- verificarea sudurilor de prindere a inimii

$$\tau = \sqrt{(\tau_1 + \tau_2)^2 + \tau_3^2} = 783,66 \text{ daN/cm}^2 < R_f^s = 1500 \text{ daN/cm}^2$$

În urma analizării rezultatelor furnizate de programul AXIS V.M., au rezultat următoarele valori procentuale ale gradului de eficiență a secțiunilor ce compun structura de rezistență:

- cei mai solicitați stâlpi sunt cei circulari de la parter (ax 8') și subsol (ax 8) (fig.7.5.5.1). Valoarea procentuală maximă a gradului de eficiență este de 18.9%, indicând astfel rezerve mari ale capacității de rezistență;
- stâlpii de fațadă ating o valoarea procentuală maximă a gradului de eficiență de 39.2% (parter, ax 7) (fig.7.5.5.3). Acești stâlpi au fost dimensionați ca să satisfacă cerințele de rigiditate impuse de fațada cortină, rezultând astfel o rezervă substanțială de capacitate portantă;

- În grinzile de cadrul UPN 220, valoarea procentuala maxima a gradului de eficiență este de aproximativ 65%. Acest lucru se datorează secțiunii transversale impuse de cerințe expresive (vezi 7.4.4) și nu din eforturile secționale rezultate din calcul;
- În îmbinările stâlp-grindă, valoarea procentuală maxima a gradului de eficiență este de 31.2%. Această valoare este generată de necesitatea realizării unor cordoane de sudură care sa permită o buna comportare la acțiunile seismice și gravitaționale;

7.6 Concluzii

Rezultatul materializat (fig.7.6a, 7.6b, 7.6c, 7.6d) al procesului de concepție și proiectare prezentat în cadrul acestui capitol, avea să fie descris de arhitectul Vlad Gaivoronschi în 2006, la puțin timp după inaugurare, astfel:

... holul atrium este o surpriză pentru cel ce accede prima oară în hotel; este un spațiu „interior-exterior” dramatic, vertical și dinamic; are totodată o funcție bioclimatică, seră pe timp de iarnă, spațiu de ventilație naturală pe timp călduros, are bineînțeles în centrul său un copac, iar zona verde din exteriorul său aflată în curtea scufundată este plantată cu mesteceni tineri; pasarelele și scara cu trepte articulate plutesc în sânul spațiului dinamic, ascensional, caracterizat de zveltețea și sinceritatea structurii metalice contravântuite, de lumina filtrată de deflectoarele de deasupra, de mișcarea liftului și de mișcarea luminii exterioare, prezentă direct la răsărit și la apus; (2006)[53]

Analizele structurale nu fac decât să confirme că această structură portantă, ale cărei dimensiuni, forme de ansamblu și de detaliu au fost impuse intuitiv, de cerințe în primul rând expresive, are capacitatea de a prelua toate eforturile, având rezerve importante de capacitate portantă și rigiditate. Se poate spune fără probleme că cerințele de rezistență și rigiditate sunt îmbinate cu succes cu cele expresive impuse de arhitectură.

Cum ar fi arătat acest corp de legătură în cazul în care arhitectura ar fi abordat problema mai flexibil, în cazul în care potențialul structurii metalice de a oferi acel răspuns global care să țină seama inclusiv de componenta eficienței utilizării materialului structural ar fi fost luat în calcul în faza conceptuală? Probabil cu totul altfel. În ce măsură ar fi putut dobândi calități expresive similare, sau poate superioare, este greu de spus ...

Dacă în ansamblu arhitectura acestui obiect, sau chiar procesul de proiectare prin care a ajuns să se materializeze, este foarte puțin probabil să constituie un model, având în vedere că ea a luat naștere în condiții absolut speciale, foarte probabil irepetabile, detaliile structurale absolut inedite care s-au conturat în cadrul acestui proces de proiectare cu sens aproape unic, în care inginerii au acceptat aproape necondiționat cerințele arhitecturale extrem de constrângătoare, pot reprezenta cu siguranță o soluție generică pentru cerințe expresive similare. Având la bază pură intuiție și considerente aproape eminentemente expresive, aceste detalii evidențiază încă o dată, dacă acest lucru mai era necesar, uriașa libertate de expresie pe care o oferă structurile metalice. O libertate de expresie care, așa cum ne-o relevă această teză, mediată cu succes în cadrul unui proces de proiectare adecvat, poate duce la creșterea substanțială a măsurii valorificării potențialului structurilor metalice în construcții.



fig.7.6a Hol 'atrium' - interior (foto Arpad Zach)



fig.7.6b Hol 'atrium' - interior cu stâlp continuu și detaliu de îmbinare (foto Arpad Zachi)



fig.7.6c Hol 'atrium' - interior (foto Hârța)



fig.7.6d Hol 'atrium' - imagine de noapte din curtea hotelului (foto Arpad Zach)

8. CONCLUZII

8.1 Arhitectura modernă, expresie a intuiției

Această teză investighează în profunzime impactul structurilor metalice în arhitectură. Scopul ei final este acela de a folosi cunoașterea dobândită pentru a ajuta valorificarea structurilor metalice în arhitectură pe măsura potențialului.

Analiza preliminară a utilizării metalului ca element structural în arhitectură ne duce la concluzia că preluarea structurilor metalice în arhitectură nu are consecințe directe, inevitabile asupra expresiei arhitecturale. Această concluzie are la bază observarea existenței unui decalaj semnificativ între momentul preluării structurilor metalice în arhitectură și momentul apariției primelor schimbări semnificative de expresie în arhitectură. Extraordinara diversitate a formelor prin care ajunge să se exprime într-un timp relativ scurt, pe măsura modernizării, arhitectura cu structură metalică întărește în cele din urmă această concluzie. Pe baza ei este formulată ipoteza de lucru a tezei, conform căreia arhitectura modernă cu structură metalică este mai mult decât expresia directă și inevitabilă a utilizării unui nou sistem structural în arhitectură.

Examinarea caracteristicilor structurilor metalice, prezentată sintetic în capitolul 3., are în vedere această ipoteză. Astfel, pentru a putea evalua impactul structurilor metalice în arhitectură, această examinare identifică și definește acele caracteristici ale structurilor metalice ce pot fi considerate inedite și având capacitatea de a genera schimbări în arhitectură. Identificarea și definirea caracteristicilor se bazează pe ideea unor forme structurale adaptate materialului, susținută de Dooley în teza sa de doctorat din 2004 [37]. În urma cercetărilor, care au vizat pe rând caracteristicile materialelor feroase, îmbinărilor, elementelor și în cele din urmă a structurilor ca întreg, chiar în contextul arhitectural în care au fost ele utilizate, se ajunge la concluzia că, în cazul structurilor metalice, dependența formei structurale de caracteristicile materialelor a scăzut continuu pe măsura evoluției tehnologice, care a permis creșterea calității materialelor și îmbinărilor. Concluziile capitolului insistă pe libertatea pe care o oferă arhitecturii versatilitatea structurilor metalice, pe faptul că tocmai în această versatilitate, în capacitatea de a soluționa cele mai diverse probleme, de a se adapta celor mai diverse constrângeri, de a satisface cele mai diverse nevoi din domeniul spațial-formal, rezidă adevăratul potențial al acestor structuri. Dar, așa cum rezultă din observarea exploatării caracteristicilor structurilor metalice în arhitectură, valorificarea acestui potențial depinde în foarte mare măsură de condiționări impuse de cerințe arhitecturale. Se pune aici întrebarea: ar fi oare fezabilă definirea unei arhitecturi adaptate structurilor metalice, a unei arhitecturi care valorifică la maxim potențialul structurilor metalice, după modelul formelor structurale adaptate metalului?

Pentru a răspunde la această întrebare, dar și pentru a contura mai clar ipoteza de lucru în vederea atingerii obiectivelor propuse, s-a impus examinarea mai în detaliu a factorilor care determină deciziile în domeniul proiectării construcțiilor.

Concluziile acestei examinări relevă importanța aparte pe care o au nevoile pe care trebuie să le satisfacă viitoarea construcție în cadrul acelor factori pe care Dooley i-a enunțat ca fiind determinanți în definirea formei structurale (Dooley,

2004: 49-109)[37]. Dooley tratează aceste nevoi de pe picior de egalitate cu ceilalți factori care influențează forma structurală. Cu toate acestea, chiar în modelul de interacțiune propus de el, și prezentat aici la finalul capitolului 3. (vezi 3.8), *tiparul funcțional* care le sintetizează, prin poziția pe care o primește, se constituie în precondiție esențială, premiză nepusă în discuție a viitoarelor forme structurale. Mai mult decât atât, în studiul nostru se arată că acest *tipar funcțional*, puternic dependent de factorii culturali și economici, de sistemele de valori vizate de societate, poate reprezenta o piedică importantă în valorificarea structurilor metalice pe măsura potențialului. Ca un răspuns la această problemă, este evidențiat rolul pe care îl poate juca dezbateră teoretică în reșezarea sistemelor de valori, în declanșarea ruperilor de ritm care ar permite o mai bună valorificare a potențialului structurilor metalice în arhitectură. Sunt evidențiate în egală măsură importanța capacității celor implicați în luarea deciziilor de a intui acel potențial al dezvoltării structurilor metalice de a oferi răspunsuri superioare întregului complex de nevoi pe care trebuie să le satisfacă viitoarea construcție și rolul determinant al cunoașterii și experienței în creșterea acestei capacități.

În urma acestor concluzii, ipoteza noastră de lucru avea să se contureze astfel: *Arhitectura modernă cu structură metalică este expresia felului în care responsabilii cu luarea deciziilor, arhitecți și ingineri proiectanți de structuri, au intuit cea mai bună formă de valorificare a potențialului dezvoltării structurilor metalice în beneficiul satisfacerii cât mai depline a nevoilor complexe ale omului modern.*

8.2 Impactul structurilor metalice și procesul de valorificare

Așa cum punctează capitolul 5., scoaterea arhitecturii de pe orbita dogmatică a istorismului și impunerea unei relații de colaborare între arhitect și inginerul proiectant de structuri pot fi considerate cele mai importante efecte ale impactului structurilor metalice în arhitectură. Ambele au jucat un rol crucial în modernizarea arhitecturii, în creșterea capacității de valorificare în arhitectură a uriașelor resurse devenite disponibile odată cu apariția metalului în cantități mari pe piața materialelor de construcție.

Deși, așa cum relevă capitolul 4., există un număr mare de factori care determină schimbări în arhitectură, a căror importanță este dificil de apreciat cantitativ, ponderea structurii portante ca principal mijloc al edificării ar fi greu de supraevaluat. Ținând cont că preluarea structurii metalice în arhitectură a însemnat însăși schimbarea esențială a acestui principal mijloc al edificării, devine evident de unde se trag, atât forța de a declanșa și produce schimbări semnificative, cât și aceea de a inspira creația spațial-formală.

Așa cum se menționa deja în capitolul 5. între clădirile importante care utilizează structuri metalice, mai ales cele care lasă să se intuiască această utilizare, numărul celor în care creația arhitecturală mizează pe forme, alterate sau nu, rezultate din valorificarea proprietăților structurale ale metalului este preponderent. Apare astfel tentația de a asocia sau chiar echivala arhitectura modernă cu structură metalică cu imaginea utilitară a structurilor industriale. Privind dincolo de această aparență, prezenta lucrare evidențiază o altă realitate, în totală concordanță cu ipoteza de lucru enunțată anterior: impactul structurilor metalice în arhitectura modernă și contemporană, nu rezidă în imagini predefinite, în constrângeri sau determinări formale, ci tocmai în libertatea oferită arhitecturii. Structura metalică

nu determină și nu constrânge, ea oferă opțiuni, ea a fost și continuă să fie un perpetuu catalizator al inovației, al tot ceea ce înseamnă dezvoltare dezinhbită în domeniul spațial-formal. Altfel spus, dincolo de eliberarea arhitecturii de dogmatismul istorist și de impunerea relației de colaborare în proiectarea arhitecturii, impactul structurilor metalice a însemnat eliberarea arhitecturii de constrângeri structurale.

Indiferent că vorbim de imaginea funcțională a primelor structuri industriale sau de formele libere ale arhitecturii contemporane, așa cum o evidențiază capitolul 5., toate au devenit posibile datorită libertății de a alege, oferite de caracteristicile extraordinare ale structurilor metalice. Dar ele nu sunt nicidecum consecințe directe sau inevitabile ale utilizării structurilor metalice în arhitectură. Ele sunt toate, așa cum enunța ipoteza de lucru reformulată, expresii ale felului în care arhitecții și/sau inginerii au intuit cele mai bune soluții de valorificare a potențialului dezvoltării structurilor metalice în scopul satisfacerii nevoilor complexe ale ființei umane.

Chiar dacă vorbim de un impact al structurilor metalice, scoaterea arhitecturii de pe orbita dogmatică a istorismului, abordarea colaborativă a proiectării sau eliberarea arhitecturii de constrângerile structurale nu au fost consecințe imediate ale preluării structurilor metalice în arhitectură. Dezinvoltura utilizării structurilor metalice, capacitatea de a exploata potențialul lor în arhitectură au fost dobândite în timp, în urma parcurgerii unui lung proces de preluare și punere în valoare, sintetizat în modelul prezentat la finalul capitolului 5. (vezi 5.4), în cadrul căruia dezvoltarea, cunoașterea, intuiția și creația au jucat în egală măsură roluri determinante. Altfel spus, consecințele impactului structurilor metalice aveau să fie resimțite la adevărata magnitudine abia în urma unui îndelungat și chinuitor proces de dezvoltare și valorificare.

Din analiza acestor rezultate se deduce următoarea ipoteză: *parcurea procesului de preluare și punere în valoare este esențială pentru a facilita valorificarea structurilor metalice în arhitectură*. Dat fiind că importanța acestui proces rezidă în dezvoltarea potențialului neexploatat al structurilor metalice, ipoteza poate fi reformulată astfel: *dezvoltarea potențialului structurilor metalice este condiția esențială a valorificării structurilor metalice pe măsura potențialului în arhitectură*. Concluzia anterioară, a capitolului 4., conform căreia *tiparul funcțional* poate reprezenta o piedică în valorificarea potențialului, impune de asemenea ajustarea ipotezei în scopul unei formulări complete: *dezvoltarea potențialului structurilor metalice de a satisface nevoile complexe ale ființei umane înaintea formulării oricăror decizii definitive este o condiție esențială a valorificării structurilor metalice pe măsura potențialului în arhitectură*. Ținând cont de dependența *tiparului funcțional* de soluția conceptuală, această ipoteză a generat următoarea supoziție: *măsura valorificării potențialului structurilor metalice în arhitectură depinde de măsura deschiderii arhitecturii în faza conceptuală, deschidere care încurajează sau împiedică dezvoltarea potențialului structurilor metalice înainte de formularea unor decizii definitive*.

Examinarea exemplelor remarcabile de utilizare a structurilor metalice în arhitectura modernă și contemporană, prezentată în capitolul 6., a avut drept scop evaluarea acestei supoziții. O examinare care, dincolo de confirmarea supoziției, a relevat potențialul utilizării ei ca instrument critic în evaluarea măsurii valorificării potențialului structurilor metalice în arhitectură.

Exemplul personal de utilizare a structurilor metalice în arhitectură, prezentat în capitolul 7., vine să completeze examinările făcute în capitolul 6.. Analiza retrospectivă critică, detaliată a procesului de proiectare care a stat la baza

soluției structurale adoptate, un proces de proiectare în cadrul căruia forma structurală s-a impus din considerente aproape eminentemente expresive, susține odată în plus viabilitatea ipotezelor asumate în cadrul tezei.

8.3 Importanța unei colaborări de calitate

În cadrul capitolelor 2. și 3. este relevată continua creștere a complexității problemelor ridicate de valorificarea la maxim a potențialului structurilor metalice. Creștere ce are legătură deopotrivă cu evoluția cunoașterii științifice și tehnologice, indispensabile pentru această valorificare, și cu conștientizarea complexității nevoilor ființei umane. Așa cum s-a menționat deja, colaborarea este esențială pentru gestionarea problemelor în toată complexitatea lor. În asemenea condiții, dezvoltarea din timp a potențialului structurilor metalice impune colaborarea încă din primele faze ale proiectului. Pentru ca această colaborare timpurie să nu devină o piedică în calea creativității, este esențial ca întreaga cunoaștere să fie pusă în slujba același scop final: satisfacerea întregului complex de nevoi care stau la baza edificării, de la cele pur utilitare, la cele spirituale. O asemenea colaborare, în cadrul căreia întreaga cunoaștere este pusă la dispoziția tuturor celor implicați în procesul decizional, vizează unul și același scop final, deciziile se iau transparent și pot fi supuse în permanență evaluării critice raționale, a fost numită aici *colaborare de calitate*.

Sintetizând, se poate spune că: datorită versatilității și uriașului potențial de dezvoltare, structurile metalice au capacitatea de a declanșa schimbarea și de a inspira creația în arhitectură. Ele pot astfel sprijini și chiar împinge arhitectura în direcția găsirii celor mai bune soluții de valorificare a resurselor în scopul satisfacerii nevoilor complexe ale ființei umane. Dar pentru a valorifica această capacitate, potențialul structurilor metalice trebuie mai întâi dezvoltat și înțeles. *Colaborarea de calitate* este indispensabilă în acest sens.

Dezvoltarea, înțelegerea și implicit valorificarea la maxim a versatilității și potențialului de dezvoltare a structurilor metalice s-ar putea face prin intermediul unui proces de proiectare având la bază sinteza dintre modelul procesului de preluare și punere în valoare a potențialului structurilor metalice în arhitectură, prezentat în capitolul 5. (vezi 5.4), mediat de modelul constrângerilor propus de Lawson (1980: 106)[90], prezentat la finalul capitolului 4. (vezi 4.5), și modelul de interdependență a influențelor în procesul de găsim a formei structurale propus de Dooley (2004: 108-109)[37] și prezentat la finalul capitolului 3. (vezi 3.8).

8.4 Un proces de proiectare cu final deschis

Un asemenea proces de proiectare, ar avea în vedere:

- evitarea programatică a impunerii din start, prin formule conceptuale rigide sau chiar idiosincratice, a soluțiilor definitive;
- definirea, în baza unor linii de gândire paralele, a unor repere conceptuale, a unor soluții care pot fi considerate ideal dezirabile - aceasta ar presupune în fapt ca fiecare specialitate să își formuleze, înainte de toate, propriul ideal, având la bază propriile sisteme de valori, astfel încât să se permită apoi o evaluare clară, conștientă, a tuturor problemelor pe care asemenea soluții le generează în cadrul interacțiunii.

Ar putea cele patru etape definite în modelul de preluare și punere în valoare a potențialului structurilor metalice în arhitectură să ofere modelul unei foi de parcurs pentru un proces de proiectare care să faciliteze valorificarea structurilor metalice pe măsura potențialului în arhitectură? Probabil prima problemă ar fi durata unui proces de proiectare care să respecte toate aceste etape. Este evident, din toate cele prezentate până acum, că accelerarea procesului prin eliminarea unor etape ar duce inevitabil la diminuarea șansei valorificării potențialului. O variantă plauzibilă de accelerare ar putea fi dezvoltarea în paralel, în cadrul acestor etape, a soluției de structură și soluției de arhitectură. Această variantă de dezvoltare în paralel a soluțiilor are la bază ideea de '*gândire paralelă*', pe care Lawson o consideră un atribut distinctiv al unui bun proiectant:

This indicates that good designers are able to sustain several 'conversations' with their drawings, each with slightly different terms of reference, without worrying that the whole does not yet make sense. This important ability shows a willingness to live with uncertainty, consider alternative and perhaps even conflicting notions, defer judgment, and yet eventually almost ruthlessly resolve and hang on to the central idea. [...] It seems that a common and important characteristic of such design processes is the sustaining of parallel lines of thought. (Lawson, 1980: 219)[90]

Un asemenea proces ar presupune:

DEZVĂLUIRE - etapă în care, pe baza unui număr cât mai limitat de *constrângeri critice*, se dezvoltă în paralel *soluția arhitecturală ideală* și *soluția structurală ideală*.

Constrângerile critice (Lawson, 1980: 202-203) ar reprezenta aici exclusiv acele constrângeri de care suntem absolut siguri că dacă nu s-ar ține cont, scopul construcției nu ar putea fi atins. Aceste constrângeri ajung să definească ceea ce am putea numi *tiparul funcțional* în care este obligatoriu să se încadreze construcția.

Soluția arhitecturală ideală este o soluție pur conceptuală, care are rolul de a oferi reperul arhitectural, ceea ce am putea numi scopul suprem al viitoarei construcții din punct de vedere arhitectural. Este vorba de acea soluție care răspunde cel mai bine nevoilor complexe ale ființei umane în condiții 'ideale', pur teoretice, conceptuale, în care nu sunt luate în calcul constrângeri de natură materială.

Soluția structurală ideală reprezintă în schimb soluția conceptuală, care definește scopul suprem al viitoarei construcții din punct de vedere portant, fiind vorba de soluția structurală care rezolvă cel mai bine cerințele de rezistență, stabilitate și funcționalitate a viitoarei construcții, ținând cont strict de componentele materiale, tehnologice și economice.

Capacitatea de a identifica un număr cât mai limitat de constrângeri relevante este crucială în această etapă. La fel de importantă este implicarea creativă a celor două discipline, inginerie și arhitectură, în definirea acelor soluții care ar răspunde ideal din punctul de vedere al fiecărei specialități în parte.

CUNOAȘTERE - etapă în care, în procesul de evaluare a problemelor pe care le ridică fiecare soluție în parte, sunt evaluate în paralel problemele structurale pe care le ridică *soluția arhitecturală ideală*, respectiv problemele arhitecturale pe care le ridică *soluția structurală ideală*. Colaborarea devine importantă, deoarece evaluarea tuturor problemelor specifice impune cunoașterea profundă a acestora.

Aceste prime două etape de dezvoltare și cunoaștere își pot găsi echivalentul în ceea ce Lawson numește '*proces de încadrare*' (framing proces):

In a way this framing process is similar to the idea of the primary generator [...] a primary generator is most normally a solution-driven idea. Quite simply a suggested

form of solution is proposed and the implications of this are then explored. (Lawson, 1980: 275)[90]

INTUIȚIE - etapă în care se caută medierea problemelor ce rezultă din constrângeri divergente și chiar eliminarea problemelor generate de constrângeri care ar putea fi anulate, fie prin dezvoltarea științei și tehnologiei, fie prin reșezarea sistemelor de valori care au stat la baza lor. Pentru ca medierea să fie posibilă, colaborarea este obligatorie. Lawson numește o asemenea mediere 'reîncadrare' (reframing):

... in fact any form of conversation that might reframe the situation until some alignment becomes obvious between what is desired and what can be realised. (Lawson, 1980: 277a1)[90]

CREAȚIE - odată create condițiile pentru exploatarea structurii metalice pe măsura potențialului, se caută valorificarea creativă a libertății pe care o oferă structura metalică care satisface optim nevoile care au stat la baza edificării. Din acest moment colaborarea ar trebui să se concentreze pe rezolvarea problemelor de detaliu apărute pe măsura dezvoltării soluției.

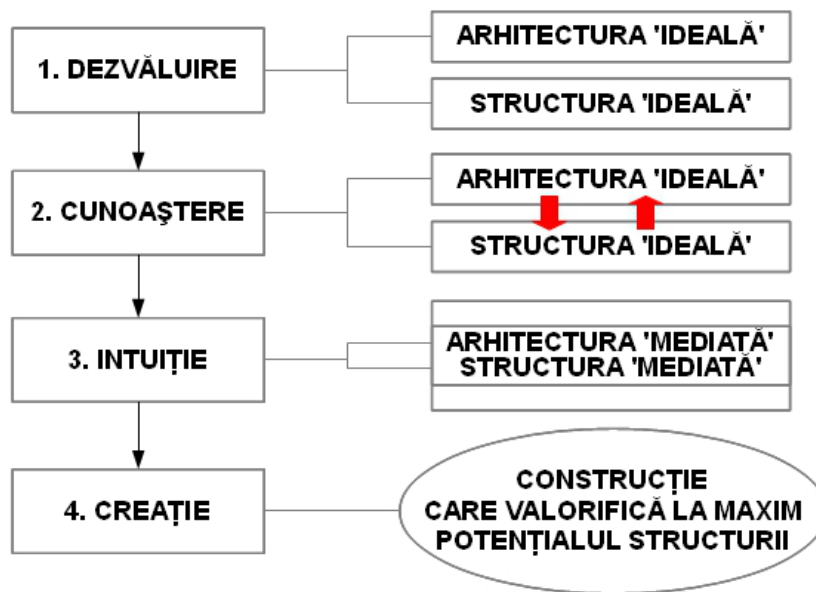


fig.8.4 Un model de proces de proiectare care să ajute la creșterea măsurii valorificării potențialului structurilor metalice în construcții

8.5 Continuarea cercetărilor; ce ar fi dacă ?

Ce s-ar întâmpla dacă s-ar generaliza rezultatele acestei lucrări? Răspunsul la această întrebare ar putea oferi cel mai bine imaginea și motivația direcțiilor de cercetare pe care le deschide această lucrare.

Din generalizarea ipotezei viabilității unui proces de proiectare care ar crește șansele valorificării potențialului structurilor metalice, s-ar putea deduce viabilitatea unui proces de proiectare care ar crește șansele valorificării potențialului structurilor în general. Ba mai mult decât atât, s-ar putea deduce chiar viabilitatea unui proces de proiectare care ar crește șansele valorificării potențialului tehnologiei, a tuturor resurselor disponibile, în general. Prin analogie cu ideile care au stat la baza foii de parcurs prezentate anterior, ideea unor '*linii de gândire paralele*', pe specialități, s-ar putea aplica la modul general în proiectarea arhitecturii, a construcțiilor în general. Un asemenea proces de proiectare ar presupune ca fiecare specialitate să își genereze inițial propria soluție '*ideală*', pe baza propriului sistem de valori, ținând cont doar de propriile '*adevăruri*'. Aceste soluții ar reprezenta pentru întreaga echipă reperele ideale dezirabile. Ele ar putea orienta infinite direcții de cercetare în proiectarea construcțiilor. Soluțiile finale ar rezulta în urma identificării problemelor de interrelaționare și a unor etape de mediere succesivă care să permită, în primă fază eliminarea problemelor irelevante și, ulterior, soluționarea celor rămase.

O asemenea abordare a proiectării ar presupune cu siguranță un efort colosal din partea specialiștilor din cadrul disciplinelor implicate. Un efort de proiectare, intuitiv, creativ prin excelență. BIM (Building Information Modeling) și IBD (Integrated Building Design) (Frazer, 2006: 208-212)[50] și-ar găsi în medierea relațiilor pe care le impune acest uriaș efort adevăratul scop. Acela de a crește calitatea mediului construit. Cu totul altceva decât cea absurd vizată creștere a vitezei de proiectare, dictată de nevoia de permanentă creștere a productivității, generată la rândul ei de nevoia de profit, singurul cuantificator al valorii într-o societate ce are la bază sistemul de valori al unei doctrine neolibérale perimate, serios pusă deja la îndoială de evenimentele mondiale.

Chiar rezultatele unor cercetări întreprinse strict în direcția unei arhitecturi adaptate formelor structurale pe baza foii de parcurs propuse de această teză, poate chiar și arhitectura rezultată în urma unor procese de proiectare conceptuală cu final deschis, ar putea, dincolo de creșterea măsurii valorificării potențialului dezvoltării structurilor metalice în arhitectură, determina o creștere a valorificării potențialului resurselor în general. Analiză critică a deciziilor luate pe parcurs și o îmbunătățire a acestora pe măsură ce noi resurse, fie ele de natură materială sau intelectuală, ar deveni disponibile, ar permite o apropiere continuă, pe măsura disponibilității resurselor, de soluționarea nevoilor ființei umane în toată complexitatea lor.

Eforturile s-ar putea orienta astfel conștient către valorificarea potențialului resurselor în scopul rezolvării provocărilor venite din zona relației dintre individ și societate, individ și mediu înconjurător. Ar fi momentul în care estetica pură, auto-suficientă, ar ceda teren în fața eticii. Totul este pregătit pentru aceasta: tehnologia de vârf nu este exploatată la adevăratul ei potențial, experimentele funcționale, spațial-formale sunt departe de a-și fi atins apogeul, cantități uriașe de informații sunt enunțate fără a fi încă prelucrate, există specialiști bine pregătiți în cele mai diverse domenii legate de construcția clădirilor.

Dezvoltarea tehnologiilor și a cunoașterii și-ar putea regăsi țelul suprem în înțelegerea profundă a naturii - a naturii care ne învață să satisfacem nevoi dintre cele mai complexe, folosind resursele cu eficiență, să obținem cea diversitate pe care omul contemporan o revendică pornind de la acel minim necesar de elemente '*finite*' care îi sunt suficiente naturii pentru a fi ultra-creativă. Însăși proiectarea și-ar regăsi adevăratul rol: explorarea și valorificarea la maxim a resursei intelectuale, nepoluante. Multă gândire și puțină materie - cum sugera Horatio Greenough (1852: 128)[61]. Ușor interconectabilă într-o societate informațională, această

resursă intelectuală ar permite optimizarea continuă a soluțiilor înainte de a fi adoptate.

8.6 Piele și os sau organism complex ?

Dacă analizăm nevoile multiple care determină o construcție contemporană, sarcinile nenumărate (de la cele pragmatice sau pur utilitare, la cele culturale, simbolice) pe care le are de îndeplinit (în funcție de mediul în care urmează a fi construită și de activitățile pe care le va adăposti), vom înțelege ușor gradul ei de complexitate. Grupând aceste sarcini în funcție de zonele de influență, am putea vorbi de cele impuse de program, care determină mai ales aparența interioară a clădirii (dimensiunea, forma, atmosfera spațiilor și relațiile dintre acestea), de cele impuse de relația cu mediul exterior (social-cultural, natural sau construit), care determină mai ales aparența exterioară (McCleary, 2005: 241), de cele impuse de sistemul constructiv, care determină în special forma structurală optimă și de cele impuse de echipamentele necesare obținerii și păstrării climatului interior adaptat activităților preconizate care, deși nu determină în mod direct forma și spațiul îl pot afecta uneori prin cerințele de gabarit. În încercarea de a le satisface cât mai bine, am propus în această lucrare desfacerea inițială a proiectării în componente operabile. Există deja demult tentația de a desface construcția în bucăți: o coajă adaptată relației cu exteriorul, o coajă adaptată relației cu interiorul, un schelet structural care să le susțină și un interspațiu cuprinzător dedicat echipamentelor. Asemenea abordări se pot observa deja la Foster (vezi 6.5) și, mult mai devreme, la cupola catedralei St. Paul din Londra. Construcția '*piele și os*' se regăsește aici într-o nouă formulă, mai apropiată de modelul natural, în care '*oasele*' nu mai sunt prezente în spațiile utile, ele se retrag între cele două coji împreună cu '*musculatura și organele interne*'. Metafora '*piele și os*', completată cu această '*musculatură și organe interne*' transformă construcția într-un '*organism*' care se înfășoară în jurul spațiilor, se strecoară între acestea, oferind suportul și protecția necesară.

8.7 Pregătire pluridisciplinară sau abordare integrată ?

Indiferent care ar fi formula conceptuală în abordarea construcțiilor viitoare, având în vedere complexitatea problemelor ridicate de acest domeniu, reflexie a nevoilor unei societăți ea însăși extrem de complicată, este greu de imaginat că pe viitor un arhitect, inginer, manager de proiect sau cum s-ar numi el, ar putea cuprinde toate cunoștințele necesare proiectării unei clădiri (problema există și astăzi dar cu siguranță se va acutiza). *Proiectarea integrată*, tot mai des evocată în mediile specializate, reprezintă alternativa care ia în calcul implicarea activă a tuturor specialiștilor. Găsirea soluțiilor optime presupune obligatoriu stabilirea unor premise corecte, ceea ce impune automat un proces de colaborare din primele faze ale proiectului, înainte chiar de formularea temei program. Pentru ca acest lucru să devină posibil, și chiar facil, educația la nivel superior în domeniul proiectării în construcții, arhitectură, rezistență, instalații, echipamente, etc., ar trebui să aibă în vedere formarea unor specialiști care dispun de cunoștințe în disciplinele conexe astfel încât să facă posibilă cea mai bună comunicare. Birourile de proiectare ar trebui să devină componente specializate într-o rețea pluridisciplinară, în care șefii de proiect pe specialități, sau mai degrabă cei pregătiți special pentru zonele limită

să mențină relația, specialiștii având rolul de a detalia proiectul. Potențialul uman, cu referire în special la intelect, rațiune și capacitate de creație, ar putea fi exploatat astfel la maxim. *BIM (Building Information Modeling)* pare deja o formulă de succes, care pune la dispoziție realitatea virtuală ca mediu (platformă) de organizare și optimizare. Într-un asemenea context este mai mult decât evidentă obligativitatea unor niveluri diferite de specializare. Dacă generalistul va putea (și chiar va trebui) să beneficieze de o pregătire cuprinzătoare în toate domeniile susceptibile a avea legătură între ele, cu accent pe una, două sau mai multe specializări, capabil să analizeze, să interpreteze, să stabilească sarcini precise pentru colaboratori, tehnicianul de vârf ar trebui să stăpânească perfect domeniul specializării astfel încât să poată oferi cele mai bune soluții unor probleme corect (impecabil) formulate.

8.8 Structura metalică, prezent și viitor

Revenind la structura metalică, la material în sine, societatea actuală îi găsește cu ușurință locul, dată fiind capacitatea sa de a rezolva '*imposibilul*' și, probabil, chiar datorită naturii sale de auto-perpetuator al propriilor nevoi - de la începutul revoluției industriale fierul s-a dovedit materialul ideal al societății de consum, nu doar prin capacitatea sa de a satisface extraordinar nevoile existente, ci mai ales prin capacitatea de a genera nevoi nebănuite, ce puteau fi satisfăcute doar cu ajutorul său - calea ferată necesară pentru a transporta cantitățile mari de minereu, construcțiile cerute de calea ferată, sunt doar câteva exemple relevante. Într-o societate postconsumistă, metalul, ce reprezintă prin definiție poluare, va trebui să își găsească rostul într-o altă formă - necesitatea reducerii consumului de resurse neregenerabile și a poluării, implicit de material, va duce cu siguranță la reluarea căutărilor din domeniul structurilor ușoare, folosind de această dată uriașă capacitate de calcul pusă la dispoziție de computerele moderne care permit, pe lângă calculul și optimizarea structurii, o preluare directă a informației pe mașini cu comandă numerică care pot reproduce cu toleranțe infinitezimale elementele constructive proiectate. Posibilitățile de turnare a oțelului în cele mai diverse forme, vor ajuta cu siguranță obținerea acestui deziderat. În timp ce la centrul de natație al olimpiadei 2008 din Beijing spuma, ca model de maximă eficiență preluat din natură, a reprezentat soluția rațională și spectaculoasă de descărcare a eforturilor într-o construcție de dimensiuni impresionante, la scară mică, ultimele căutări din domeniul aeronautic și cel al construcțiilor de mașini ne lasă să întrevădem o posibilă mostră din ceea ce ar putea reprezenta tehnologia viitorului: oțelul sub formă de spumă, scheletul structural apropiindu-se mai mult ca niciodată de modelul său natural. Sub formă de spumă, datorită economiei de material, folosirea oțelului în plăci sau chiar forme structurale mult mai complexe ar putea cunoaște o adevărată explozie.

Nu ar fi de neglijat nici acea nouă viziune pe care o prezintă McDonough și Braungart în lucrarea „Cradle to Cradle” (McDonough & Braungart, 2002)[109], care mizează pe ideea ecologiei bazate nu pe reducerea consumului, ci pe utilizarea unor resurse regenerabile de energie și materii prime, al căror consum ar produce cel mult deșeuri nepoluante, care ar reintra, îmbogățindu-l chiar, în circuitul firesc, natural. Metalul, fiind un deșeu nepoluant și având un grad de reciclabilitate extraordinar, ar putea reprezenta aici o opțiune. Rămâne deocamdată problema uriașă a resursei energetice consumate pentru producție.

Indiferent de viitor, metalul este departe de a-și fi atins apogeul ca material structural. Independent sau în combinație cu alte materiale, el reprezintă în continuare catalizatorul căutărilor din domeniul modelării spațiului și formei. Chiar dacă nu mai este motorul principal al schimbărilor din domeniul arhitecturii, el rămâne soluția structurală de bază pentru materializarea celor mai îndrăznețe concepte.

Dar, așa cum accentuează această lucrare, pentru a-l pune în valoare, pentru a-l exploata pe măsura potențialului, este esențial deopotrivă ca proiectarea să își mențină preocuparea pentru o continuă dezvoltare a potențialului și să nu piardă din vedere obiectivul ei principal: satisfacerea durabilă a nevoilor ființei umane în toată complexitatea lor.

8.9 Contribuțiile lucrării

Această lucrare vine cu completări la stadiul actual al cercetărilor pe mai multe planuri:

1. Nu există surse care să caute să identifice cu consecvență și într-o formă cuprinzătoare, așa cum o face această teză, **impactul structurilor metalice în arhitectură**. Astfel, lucrarea de față prezintă un punct de vedere nou și absolut original asupra rolului, importanței și consecințelor dezvoltării structurilor metalice în apariția și dezvoltarea arhitecturii moderne.

2. Ceea ce s-a scris în domeniul istoriei arhitecturii cu privire la construcțiile cu structură metalică, are în vedere în special perspectiva arhitecturală.

Lucrarea de față **completează domeniul istoriei arhitecturii** cu o perspectivă nouă critică, independentă asupra dezvoltării arhitecturii cu structură metalică. O perspectivă ce are la bază abordarea integrată a dezvoltării arhitecturii, prin prisma nevoilor care impun edificarea și a posibilităților de materializare, cu accent pe evidențierea **rolului structurii portante** în determinarea caracteristicilor spațial-formale care diferențiază arhitectura cu structură metalică **și măsurii valorificării potențialului structurii portante** în arhitectura cu structură metalică.

3. Ceea ce s-a scris în domeniul istoriei structurilor metalice are în vedere în special perspectiva structurală, relația dintre factori de natură structurală (mecanică) și dezvoltarea materialelor și formelor structurale.

Lucrarea de față **completează domeniul istoriei structurilor** cu o perspectivă nouă, independentă asupra dezvoltării structurilor metalice. O perspectivă care abordează integrat dezvoltarea structurilor metalice prin prisma nevoilor care revendică soluții structurale și potențialului metalului de a materializa asemenea soluții, punând accentul pe caracteristicile ce pot fi considerate definitorii pentru structurile metalice. O perspectivă nouă, care **relevă versatilitatea ca principal potențial al structurilor metalice**. O perspectivă care nu face decât să accentueze **irrelevanța analizării structurilor metalice în sine**, care evidențiază faptul că **forma structurii metalice nu este altceva decât expresia aceluia răspuns pe care cei desemnați în luarea deciziilor**, funcție de experiență, cunoaștere și intuiție, **la-au considerat cel mai potrivit**, într-un cadru foarte specific, **pentru a satisface complexul de nevoi care a stat la baza edificării**, complex de nevoi care deopotrivă revendică soluții și limitează formele posibile.

4. Ceea ce s-a scris în domeniul relației dintre structură și arhitectură, se concentrează pe evidențierea importanței structurii în materializarea construcției și,

implicit pe importanța ce ar trebui să i se acorde în stabilirea limbajului formal. Nu se are în vedere stabilirea naturii relației dintre dezvoltarea structurilor portante și dezvoltarea arhitecturii, a rolului și importanței dezvoltării structurilor portante în cadrul dezvoltării arhitecturii.

Lucrarea de față **completează domeniul relației dintre structură și arhitectură** cu **o definiție de lucru a arhitecturii capabile să dezvăluie și să valorifice pe măsură potențialul structurilor metalice; un instrument critic care să permită evaluarea arhitecturii** cu structură metalică **din perspectiva valorificării potențialului** structurilor metalice; **o definiție a naturii relației dintre dezvoltarea structurii metalice și dezvoltarea arhitecturii cu structură metalică**, care relevă interdependența dintre dezvoltarea structurii metalice și dezvoltarea arhitecturii cu structură metalică, contribuie la înțelegerea rolului pe care îl poate juca dezvoltarea structurii metalice în cadrul dezvoltării arhitecturii cu structură metalică și relevă măsura în care conceptul arhitectural poate influența valorificarea potențialului structurilor metalice.

5. Detaliile structurale prezentate și analizate în capitolul 7., în care ipotezele definite și argumentate în cadrul tezei sunt susținute prin intermediul unui exemplu personal, reprezintă soluții **noi, absolut originale**. Aceste detalii structurale, **deosebite din punct de vedere expresiv**, pot fi preluate întocmai sau pot constitui un punct de plecare pentru îmbinări structurale ce au cerințe expresive similare.

6. După cunoștințele mele nu există lucrări care să ofere recomandări privind un proces de proiectare care să faciliteze exploatarea potențialului dezvoltării structurilor, metalice sau de altă natură, în arhitectură.

Pornind de la rezultatele analizelor efectuate în cadrul studiului, sintetizate în definiția privind natura relației dintre dezvoltarea structurilor metalice și dezvoltarea arhitecturii cu structură metalică, lucrarea de față **propune un set de principii directe și o foaie de parcurs pentru un proces de proiectare care să faciliteze exploatarea la maxim a potențialului dezvoltării structurilor metalice** în arhitectură.

8.10 Rezultate publicate

Primele concluzii ale analizei utilizării metalului ca element structural în arhitectură, care pun sub semnul întrebării ideea unor relații directe și inevitabile de cauzalitate între utilizarea structurilor metalice și expresia arhitecturală, au fost diseminate în 2011 prin intermediul articolului *Iron Load-bearing Structure and Formal Characteristics in the Nineteenth Century Historicist Architecture* publicat în colaborare cu prof.dr.ing. Victor Gioncu în Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture Vol. 54 No. 3 (2011)[65].

Concluziile analizei rolului teoriei arhitecturii în valorificarea potențialului structurilor metalice în arhitectură, care relevă importanța dezbaterii teoretice multidisciplinare în valorificarea potențialului tehnologiei în beneficiul ființei umane, au fost făcute publice în 2013, în cadrul conferinței dedicate relației dintre Structură și Arhitectură ICSA2013 organizate la Guimarães în Portugalia, prin intermediul articolului *The role of architectural theory in exploiting the potential of iron load-bearing structures* publicat ulterior în volumul Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges, dedicat lucrărilor conferinței[66].

O sinteză a concluziilor tezei a fost prezentată recent în cadrul conferinței PROHITECH2014 organizată în Antalya, Turcia, prin intermediul articolului *The impact of iron load bearing structures in architecture*, pregătit împreună cu prof.dr.ing. Victor Gioncu, publicat în volumul dedicat conferinței[67].

BIBLIOGRAFIE

- 1 ABEL Chris
2004 Architecture, technology and process, Oxford, Elsevier - Architectural Press, pp.XIV-268
- 2 ADAM, Jean Pierre
1989 La Construction Romaine: materiaux et techniques, (trad.en de Anthony Mathews Roman Building: materials and techniques, Routledge, 2005)
- 3 ADAM Jürgen, HAUSMANN Katharina, JÜTTNER Frank,
2004 Entwurfsatlas Industriebau, Basel, Springer - Birkhäuser, pp.245
- 4 ADDIS William
2007 Building: 3000 years of design engineering and construction, Phaidon, pp.640
- 5 ALREAD Jason, LESLIE Thomas, WHITEHEAD Robert
2007 Design-Tech - Building science for architects, Oxford, Elsevier - Architectural Press (ed. a II-a revizuită, New York, Routledge 2014), pp.XIV-600
- 6 ASTE Tomaso, WEAIRE Denis
2000 The pursuit of perfect packing, Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group - CRC Press, (ed. a II-a 2008), pp.XIII-200
- 7 BACHMAN Leonard R.
2003 Integrated buildings - the systems basis of architecture, Hoboken, New Jersey, John Wiley and Sons, Inc., pp.XII-480
- 8 BANHAM, Reyner
1960 Architecture, Modern - 20-th century, London, The Architectural Press (ed. a II-a Theory and Design in the First Machine Age, Massachusetts, The MIT Press 1980) p.338
- 9 BARNES Michael, DICKSON Michael
2000 Widespan roof structures, London, Thomas Telford Ltd., pp.328
- 10 BARTHEL Rainer
2005 Naturform - Architekturform. In Winfried Nerdinger (ed.) Frei Otto - das Gesamtwerk: leicht bauen, natürlich gestalten, Basel, Birkhäuser, pp. 391
- 11 BELL Jonathan
2006 21st Century House, London, Laurence King Publishing, pp. 256
- 12 BILLINGTON David P.
1983 The tower and the bridge - The new art of structural engineering, New Jersey, Princeton University Press, pp.XX-306
- 13 BINDER Georges
2006 Tall buildings of Europe, Middle East and Africa, Mulgrave, Victoria, Images Publishing Group, pp.240
- 14 BLANC Alan, MCEVOY Michael, PLANK Roger
1993 Architecture and construction in steel, London, Chapman & Hall - E&FN Spon, (retipărită 2008) pp.XIX-619
- 15 BLASER Werner
1997 Mies van der Rohe, Basel, Birkhäuser, (ed. a VI-a, revizuită și lărgită, retipărită 2000) pp.246

- 16 BLASER Werner
2001 Mies van der Rohe - Crown Hall -Illinois Institute of Technology, Chicago, the Department of Architecture, Architektur Fakultät, Basel, Springer - Birkhäuser, pp.83
- 17 BOSCHETTI Joseph
2006 Details in design, Mulgrave Victoria, Images Publishing Group, pp.216
- 18 BRAWNE Michael
2003 Architectural thought - the design process and the expectant eye, Oxford, Elsevier - Architectural Press, pp.190
- 19 BROOKES Alan
1985 Cladding of Buildings, Milton Park, Oxfordshire, Taylor & Francis Group - Routledge, (ed. a III-a, 1998), pp.IX-180
- 20 BROWN André
2001 Peter Rice, London, Thomas Telford Ltd., pp.186
- 21 BUNTROCK Dana
2001 Japanese architecture as a collaborative process - Oportunities in a flexible construction culture, London, Taylor & Francis Group - Spon Press, pp.XXI-182
- 22 BURROWS Stephen, SIMPSON Martin
2009 The Stadium geometry. The Arup Journal: The Beijing National Stadium special issue 1/2009, pp.16-20.
- 23 BUSSAGLI Marco
2003 Capire l'Architettura, Florența, Milano, Giunti Editore S.p.A. (trad en. Catherine Frost Understanding Architecture, Londra, New York, I.B. Tauris & Co. Ltd, 2005), pp.389
- 24 CALATRAVA Santiago
2002 Santiago Calatrava, Conversations with Students - the M.I.T. lectures, New York, Princeton Architectural Press, pp. 93
- 25 CARPO Mario
1998 L'architettura dell'età della stampa. Oralità, scrittura, libro stampato e riproduzione meccanica dell'immagine nella storia delle teorie architettoniche, Milano, Jaca Book (trad. en. Sarah Benson Architecture in the age of printing : orality, writing, typography, and printed images in the history of architectural theory, Cambridge, Massachusetts, Londra, Anglia, MIT Press 2001) pp.255
- 26 CARROLL Chris et al.
2005 CCTV Headquarters, Beijing, China: Structural engineering design and approvals. The Arup Journal, 2/2005, pp.3-9.
- 27 CARROLL Chris et al.
2008 CCTV Headquarters, Beijing, China: Building the structure. The Arup Journal 02/2008, pp.40-51.
- 28 CHARLESON Andrew W.
2005 Structure as architecture - a source book for architects and structural engineers, Oxford, Elsevier - Arhitectural Press, pp.XI-256
- 29 CLARK Ed, GILPIN David
2005 Selfridges, Birmingham. The Arup Journal 01/2005, pp. 3-10.
- 30 COHEN Jean-Louis
1994 Mies van der Rohe, Paris, Editions Hazan (ed. a II-a, trad.en. de Elizabeth Kugler Ludwig Mies van der Rohe, Basel, Springer - Birkhäuser, 2007) pp. 191

- 31 CONDIT Carl W.
1952 The Rise of Skyscraper. University of Chicago (ed. a II-a revizuită și lărgită de Carl W. Condit The Chicago School of Architecture, University of Chicago 1964) pp.243
- 32 COOK Mike
2004 An engineer's perspective. In Alan J. Brookes and Dominique Poole (ed.) Innovation in architecture: 92-103, London, Taylor & Francis Ltd. - Spon Press (ed. electronică, Taylor & Francis Ltd. e-Library 2005) pp.199
- 33 CRUZ Paulo J.S. (ed.)
2010 Structures and Architecture; Proc. 1st. intern. conf. on Structures and Architecture, ICSA 2010, Guimarães, Portugal 21-23 July 2010, London, Taylor & Francis Group.
- 34 CRUZ Paulo J.S. (ed.)
2013 Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges; Proc. 2nd. intern. conf. on Structures and Architecture, Guimarães, Portugal 24-26 July 2013, London, Taylor & Francis Group.
- 35 CURTIS William J.R.
1982 Modern architecture since 1900, London, Phaidon Press Ltd. (ed. a III-a 1996, retipărită 2007) pp.736
- 36 DARLEY Gillian
2003 Factory. Reaktion Books Ltd, pp.225
- 37 DOOLEY, Sean
2004 The Development of Material-adapted Structural Form. Teză susținută la Faculte Environnement Naturel, Architectural et Construit, EPFL, Lausanne
- 38 EGGEN Arne Petter, SANDAKER Bjorn Norman
1995 Steel, Structure and Architecture. J.W. Cappelens Forlag (trad.ger. de Bettina Witsch-Aldor Stahl in der Architektur: konstruktive und gestalterische Verwendung, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, 1996) pp.253
- 39 EMAM Khaled Hassan
2005 Entwurf von Tragkonstruktionen im Einklang von Nutzung, Konstruktion und Gestalt. Teză susținută la Fakultät Architektur und Stadtplanung, Universität Stuttgart
- 40 EVERS Bernd
2003 Architectural Theory from the Renaissance to the present. Köln, Taschen, pp.855
- 41 FALLON Harold
2010 Four study cases on skins and structures. In Paulo J.S. Cruz (ed.), Structures and Architecture; Proc. intern. symp., Guimarães, 21-23 July 2010: 1809-1817, London, Taylor & Francis Group
- 42 FEIREISS Kristin
2007 Dynamic Forces: COOP Himmelb(l)au, BMW WELT. Munich, Prestel, pp. 247
- 43 FERGUSSON James
1855 The illustrated handbook of architecture: being a concise and popular account of the different styles of architecture prevailing in all ages and countries. London, William Clowes and sons, pp.1004
- 44 FISCHER Thomas
2005 Generation of Apparently Irregular Truss Structures. In Bob Martens and André Brown (ed.), Computer aided architectural design futures 2005 - Proceedings on the 11th International CAAD Futures Conference held at the Vienna University of Technology, Vienna, Austria, June 20-22, 2005: 229-238, Dordrecht, Springer, pp.XIX-481

- 45 FLETCHER Banister
1896 Sir Banister Fletcher's A History of Architecture. Oxford, Elsevier -
Architectural Press (ed. a XX-a îngrijită de Dan Cruickshank, 1996)
pp.XXXVIII-1794
- 46 FORD Edward R.
1990 The details of modern architecture, Cambridge, MIT Press (vol1, ed. 2003)
pp.IX-371
- 47 FORD Edward R.
1996 The details of modern architecture: 1928-1988, Cambridge, MIT Press (vol2,
ed. 2003) pp.XIV-371
- 48 FRAMPTON Kenneth
1980 Modern Architecture - A Critical History. London, Thames & Hudson Ltd (ed a
III-a, 1992) pp.374
- 49 FRAMPTON Kenneth
1995 Studies in tectonic culture - The poetics of construction in nineteenth and
twentieth century architecture. Cambridge, MIT Press (ed. îngrijită de John
Cava) pp.XIII-430
- 50 FRAZER John Hamilton
2006 The Generation of Virtual Prototypes for Performance Optimization. In Kas
Oosterhuis, Lukas Feireiss (ed.) The Architecture Co-laboratory:
GameSetandMatch II : on Computer Games, Advanced Geometries, and
Digital Technologies, Rotterdam, Episode Publishers, pp.208-213
- 51 FU Xueyi, GU Lei, YANG Xianqiao, YU Wijiang & CHEN Xianchuan
2006 Design and research on structure of Beijing Olympic National Swimming
Center, in Steel - a new and traditional material for building - proceedings of
the International Conference in Metal Structures, Poiana Braşov, România,
september 20-22, 2006, London, Taylor & Francis, pp.XIV-653
- 52 GAIVORONSKI Vlad, HÂRȚA Marius Vlăduț
2001 Spiritul locului versus globalizare în arhitectură, direcții și metode în
restaurarea contemporană - Hotel Savoy (Athenee), refuncționalizare a unei
clădiri interbelice timișorene. În catalogul dedicat simpoziunilor ZILELE
ACADEMICE TIMIȘENE VII-VIII, Timișoara 2001, 2003, pp. 133 - 140, 2003.
- 53 GAIVORONSKI Vlad, HÂRȚA Marius Vlăduț
2006 Recrearea unei atmosfere - Hotel Savoy. În revista "Arhitext", anul XIII,
nr.6(160), pp.52-65, 2006.
- 54 GAYLE Margot, LOOK David W., WAITE John G.
1980 Metals in America's historic buildings - Uses and preservation treatments,
Darby-PA, Diane Publishing Co. - Preservation Press (ed. a II-a revizuită,
1992) pp.168
- 55 GEHRY Frank O.
2004 Reflections on Designing and Architectural Practice. In Richard J. Boland and
Fred Callopy (ed.) Managing as Designing, Stanford, California, Stanford
University Press, pp 19-20
- 56 GHIRARDO Diane
1996 Architecture after modernism, London, Thames & Hudson Ltd, pp.240
- 57 GIEDION, Sigfried
1941 Space, time & architecture - The growth of a new tradition, Cambridge,
Harvard University Press (ed. 2008) pp.LVI-897
- 58 GIMPEL, Jean
1975 La revolution industrielle du Moyen Age. Seuil (trad.ro. de Constantin
Oancea Revoluția industrială în evul mediu, București, Editura Meridiane,
1983) pp. 246

- 59 GÖSSEL, Peter, LEUTHÄUSER, Gabriele
1990 Architektur des 20. Jahrhunderts. Köln, Benedikt Taschen Verlag (trad.en. de Judith Vachon și Mark Atherton Architecture in the Twentieth Century, Köln, Benedikt Taschen Verlag, 1991) pp.432
- 60 GREEN G. et al.
2005 CCTV Headquarters, Beijing, China: Services engineering design. The Arup Journal, 3/2005, pp22-29.
- 61 GREENOUGH Horatio
1852 Form and Function: Remarks on Art, Design, and Architecture. Los Angeles, University of California Press, (ed. 1947), pp.136
- 62 GRIMM Friedrich
2003 Konstruieren mit Hohlprofilen - Stahlbauten. Weinheim, Ernst, Wilhelm & Sohn, pp.204
- 63 HANSER David A.
2006 Architecture of France, Westport, Connecticut, Greenwood Publishing Group, pp.XXXV-333
- 64 HAYS Michael K. (ed.)
1998 Architecture Theory since 1968. A Columbia Book of Architecture, the Trustees of Columbia University in the City of New York and Massachusetts Institute of Technology, pp.XV-808.
- 65 HÂRȚA Marius Vlăduț, GIONCU Victor
2011 Iron Load-bearing Structure and Formal Characteristics in the Nineteenth Century Historicist Architecture. In Cosmin G. Chiorean (ed.) Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture Vol. 54 No. 3 (2011): 218-232.
- 66 HÂRȚA Marius Vlăduț
2013 The role of architectural theory in exploiting the potential of iron load-bearing structures. In Paulo J.S. Cruz (ed.), Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges; Proc. 2nd. intern. conf., Guimarães, Portugal 24-26 July 2013: 1704-1711, London, Taylor & Francis Group
- 67 HÂRȚA Marius Vlăduț, GIONCU Victor
2014 The impact of iron load bearing structures in architecture. In Federico M. Mazzolani, Gülay Altay (ed.), Prohitech '14; Proc. 2nd. intern. conf., Antalya, Turkey, 07-09 May 2014: 829-836, Istanbul, Boğaziçi University Publishing, Istanbul 2014, pp.894
- 68 HERTZBERGER Hermann
2000 Space and the architect - Lessons in architecture 2, Rotterdam, 010 Publishers, pp.292
- 69 HERZOG & DE MEURON
2005 "... unsere Stadien sind Wahrnehmungsmaschinen zwischen Zuschauer und Spielfeld" Un interviu cu Herzog și de Meuron. DETAIL 09/2005, pp. 900-906.
- 70 HITCHCOCK, Henry Russel
1958 Architecture: Nineteenth and Twentieth Centuries, Baltimore, Penguin Books, pp. 688
- 71 HOLGATE Alan
1997 The art of structural engineering - The work of Jörg Schlaich and his team, Stuttgart - Feldbach, Edition Axel Menges, pp.294
- 72 HUNTINGTON Craig G.
2004 The Tensioned Fabric Roof, Reston, Virginia, ASCE Publications, pp.XIV-248
- 73 HYATT Peter, HYATT Jennifer (ed.)
2004 Great Glass Buildings: 50 Modern Classics, Mulgrave, Victoria, Images Publishing Group Pty Ltd, pp.236

- 74 Images Publishing Group
2000 Dominique Perrault: The Master Architect Series, IV: Selected and Current Works, pp.236
- 75 JENCKS Charles
2002 The New Paradigm in Architecture: The Language of PostModernism, New Haven, Yale University Press, pp. 279
- 76 JENNINGS, Alan
2004 Structures - From theory to practice, Milton Park, Oxfordshire, Taylor & Francis Group - Spon Press, pp.XV-622
- 77 JODIDO Philip
1997 New Forms: Architecture in the 1990s , Benedikt Taschen Verlag, pp.237
- 78 JOHN Geraint, SHEARD Rod, VICKERY Ben
1994 Stadia - a design and development guide, Oxford, Elsevier - Arhitectural Press (ed. a IV-a 2007) pp.XIV-306
- 79 JOHNSON Paul-Alan
1994 The Theory of Architecture - Concepts, Themes & Practices, New York, John Wiley & Sons, pp. 512
- 80 KAMIN Blair
2001 Why architecture matters - lessons from Chicago, Chicago, University of Chicago Press, pp.XXII-408
- 81 KIRKLAND David, GRIMSHAW Nicholas
2004 A process-oriented architecture. In Alan J. Brookes and Dominique Poole (ed.) Innovation in architecture: 49-66, London, Taylor & Francis Ltd. - Spon Press (ed. electronică, Taylor & Francis Ltd. e-Library 2005) pp.199
- 82 KLOFT Harald
2005 Non-standard structural design for non-standard architecture, în Branko Kolarevic & Ali M. Malakawi (ed.) Performative architecture - Beyond instrumentality: 135-148, New York, Taylor & Francis Group - Spon Press, pp.V-266
- 83 KOHLMAIER Georg, SARTORY von Barna
1981 Das Glashaus Ein Bautypus Des 19 Jahrhunderts, München, Prestel-Verlag (trad. en. John c. Harvey A Nineteenth-Century Building Type, Cambridge, The MIT Press, 1986) pp. 652
- 84 KOLAREVIC Branko
2003 Architecture in the digital age - design and manufacturing, New York, Taylor & Francis Group - Spon Press, pp.V-314
- 85 KOLAREVIC Branko
2005 Towards the performative in architecture, în Branko Kolarevic & Ali M. Malakawi (ed.) Performative architecture - Beyond instrumentality: 203-214, New York, Taylor & Francis Group - Spon Press, pp.V-266
- 86 KOOLHAAS Rem
2007 Navigating the Local Rem Koolhaas Rotterdam In conversation with Sang Lee. In Sang Lee and Ruth Baumeister (ed.) The Domestic and the Foreign in Architecture, Rotterdam, 010 Publishers, pp.340-350
- 87 KRUFTH Hanno-Walter
1985 Geschichte der Architekturttheorie: Von der Antike bis zur Gegenwart, München, C.H. Beck'she Verlagsbuchhandlung (trad. en. Ronald Taylor, Elsie Callander and Antony Wood - A history of architectural theory: from Vitruvius to the present, New York, Princeton Architectural Press, 1994) pp. 707
- 88 KURRER Karl-Eugen
2008 The History of the Theory of Structures - From arch analysis to computational mechanics, Ernst & Sohn, pp.855

-
- 89 LANGMEAD Donald, GARNAUT, Christine
2001 Encyclopedia of architectural and engineering feats, ABC-Clio Inc., pp.IX-388
- 90 LAWSON Bryan
1980 How Designers Think: The Design Process Demystified, Oxford, Architectural Press, (ed. a IV-a 2005), pp.321
- 91 LeCUYER Annette
2003 Stahl & Co.: Neue Strategien für Metalle in der Architektur, Basel, Berlin, Boston, Birkhäuser, pp.143
- 92 LEMOINE Bertrand
1999 Wohnhäuser aus Stahl. DETAIL 04/1999, pp. 592-597.
- 93 LEUPEN Bernard
2006 Frame and generic space - A study into the changable dwelling, proceeding from the permanent, Rotterdam, 010 Publishers, pp.255
- 94 LINDSEY Bruce
2001 Digital Gehry - material resistance / digital construction, Basel, Birkhäuser, pp.93
- 95 LLEWELLYN David T. & HUDD Roger C.
1992 Steels Metallurgy & Applications, Oxford, Butterworth-Heinemann, (ed. a II-a 1994, reprintată în 1995, ed. a III-a 1998, reprintată în 2000), pp.389
- 96 LOTHER Klaus
2007 Integrierte Fassaden zum Heizen und Kühlen: Stahlfassade BMW Welt München. DETAIL 07-08/2007, pp. 236-844.
- 97 LYONS Arthur
1997 Materials for architects and builders, Oxford, Elsevier - Butterworth-Heinemann Ltd (ed. a IV-a 2010), pp.XIII-420
- 98 MACAULAY James
2004 Rejecting Overt Historicism: architectural influences. In William Buchanan (ed.) Mackintosh's Masterwork: The Glasgow School of Art, London, The Glasgow School of Art Press by A&C Black (Publishers) Limited pp.131-140
- 99 MACDONALD Angus J.
1994 Structure and Architecture, Oxford, Butterworth-Heinemann - Architectural Press (ed. a II-a, 2001) pp.XIII-164
- 100 MACDONALD Angus J.
2000 Anthony Hunt, London, Thomas Telford Ltd., pp. 168
- 101 MAINSTONE Rowland J.
1975 Developments in structural form, RIBA Publications Ltd. (ed. a II-a Oxford, Butterworth-Heinemann - Architectural Press, 2001) pp.384
- 102 MAINSTONE Rowland J.
1988 Hagia Sophia: Architecture, Structure and Liturgy of Justinian's Great Church, New York, Thames and Hudson, 1997.
- 103 MALLGRAVE Harry Francis
2005 Modern Architectural Theory - A Historical Survey, 1673-1968, Cambridge University Press, pp.503
- 104 MARGOLIUS Ivan
2002 Architects + Engineers = Structures, University of Michigan, Wiley-Academy, pp.104
- 105 MARSHALL Bill
2009 The French Atlantic - Travels in Culture and History, Liverpool University Press, pp.375

- 106 McCLEARY Peter
2005 Performance (and performers): in search of direction (and a director), în Branko Kolarevic & Ali M. Malakawi (ed.) Performative architecture - Beyond instrumentality: 215-224, New York, Taylor & Francis Group - Spon Press, pp.V-266
- 107 McCLEARY Peter
2005 Operative Performativity, interviu în Branko Kolarevic & Ali M. Malakawi (ed.) Performative architecture - Beyond instrumentality: 237-246, New York, Taylor & Francis Group - Spon Press, pp.V-266
- 108 McCORMAC Jack C., CSERNAK Stephen F
2011 Structural Steel Design, 5th Edition, Prentice Hall, pp.724
- 109 McDONOUGH William, BRAUNGART Michael
2002 Cradle to Cradle - remaking the way we things, North Point Press, pp.193
- 110 MERWOOD Joanna
2005 Western Architecture: Regionalism and Race in the Inland Architect, în Charles Waldheim, Katerina Rüedi Ray (ed.) Chicago Architecture: Histories, Revisions, Alternatives: 3-14, Chicago, University of Chicago Press, pp.425
- 111 MIGNOT, Claude
1983 Architecture of the 19th Century, Köln, Benedikt Taschen Verlag (ed, 1994), p. 322
- 112 MILLAIS Malcolm
1997 Building Structures: from concept to design, Spon Press (a II-a ediție 2005) pp. Viii-427
- 113 MILES Mike E., GAYLE Berens, MARC A Weiss
2000 Real Estate Development: Principles and Process, Washington, D.C. ULI-the Urban Land Institute (a III-a ediție 2000)
- 114 MOE Kiel
2008 Integrated Design in Contemporary Architecture, New York, Princeton Architectural Press, pp.203
- 115 MORNEMENT Adam & HOLLOWAY Simon
2007 Corrugated Iron - Building on the Frontier, Frances Lincoln Ltd, pp.223
- 116 NASH Eric Peter, McGRATH Norman
2005 Manhattan Skyscrapers, New York, Princeton Architectural Press, pp.197
- 117 NERDINGER Winfried (ed.)
2005 Frei Otto. Das Gesamtwerk: Leicht bauen, natürlich gestalten. Basel: Birkhäuser 2005
- 118 PALLADINO-PIEDMONT Susan
2007 Tools of the Imagination - Drawing Tools and Technologies from the Eighteenth Century to the Present, Princeton Architectural Press, pp.129
- 119 PARKE G. A. R., DISNEY P.
2002 Space structures 5 - volumul I, London, Thomas Telford Ltd., pp.1613
- 120 PARRISH J.
2009 The architectural design concept. The Arup Journal: The Beijing National Stadium special issue 1/2009, pp.08-14.
- 121 PASTERNAK H.
2006 From the CargoLifter airship hangar to Tropical Islands, in Steel - a new and traditional material for building - proceedings of the International Conference in Metal Structures, Poiana Brașov, România, september 20-22, 2006, London, Taylor & Francis, pp.XIV-653

-
- 122 PIETER van WESEMAEL
2001 Architecture of Instruction and Delight - A socio-historical analysis of World Exhibitions as a didactic phenomenon (1798-1851-1970), Rotterdam, 010 Pubkischers, pp.852
- 123 PIZZI Emilio
2003 Renzo Piano, Basel, Springer - Birkhäuser, (trad.en. Lucinda Byatt, Edinburgh), pp.254
- 124 POHL Ethel Baraona
2007 Piel. Skin, Barcelona, Ethel Baraona Pohl, pp. 124
- 125 POLONCEAU Antoine-Rémy
1839 Notice sur le nouveau système des ponts en fonte suivi dans la construction du pont du Carrousel, Paris, Carilian-Goeury et V. Dalmont, pp.XVIII-129
- 126 POPOVIC LARSEN Olga, TYAS, Andy
2003 Conceptual Structural Design - Bridging the gap between architects and engineers, London, Thomas Telford Ltd., pp.IX-232
- 127 PUGLISI Luigi Prestinenzza
1998 HyperArchitettura. Spazi nell'eta dell'elettronica, Torino, Testo & Immagine (trad. en. de Byatt Lucinda Hyper Architecture - Spaces in the Electronic Age, Basel, Boston, Berlin, Birkhäuser, 1999), pp.97
- 128 PUGLISI Luigi Prestinenzza
2008 New Directions in Contemporary Architecture: Evolutions and Revolutions in Building Design Since 1988. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, pp.240
- 129 RAPPAPORT, Nina
2006 Deep Decoration. In Emily Abruzzo, Johnathan D. Solomon (ed.) Decoration, New York, 306090, Inc. 2006, pp.190
- 130 RATTENBURY Kester, BEVAN Robert, LONG Kieran
2004 Architects Today, London, Laurence King Publishing Ltd., pp.240
- 131 REICHEL Alexander, ACKERMANN Peter, HENTSCHEL Alexander, HOCHBERG Anette
2007 Hinzert documentation pavilion. In Detail Practice, Building with Steel, Munich, Edition Detail, pp.112
- 132 RICE Peter
1994 An Engineer Imagines, Zurich, Artemis (retipărită în 1996 Ellipsis London PressLtd), pp.191
- 133 RICHARDS Brent, GILBERT Dennis
2006 New glass architecture, London, Laurence King Publishing, pp.239
- 134 RONDELET Jean-Baptiste
1802-1817 Traité théorique et pratique de l'art de bâtir Supplément de G. Abel Blouet, Paris, Firmin Didot, 1847, pp.248
- 135 ROSENBLATT Arthur
2001 Building type basics for museums, New York, John Wiley and Sons (ed. a II-a 2001), pp.XX-262
- 136 RUSKIN John
1849 The Seven Lamps of Architecture, New York, John Wiley & son (republicată de Unabridged Dover, 1989 după ed.a 2-a publicată de George Allen,Sunnyside, Orpington, Kent, 1880), pp.264
- 137 SADLER Simon
2005 Archigram - Architecture Without Architecture, Cambridge, MIT Press, pp.249
- 138 SAINT Andrew
2007 Architect and Engineer - A study in sibling rivalry, New Haven and London, Yale University Press, pp.542

- 139 SANDAKER, Bjørn, Normann
2008 On span and space, London, Taylor & Francis Ltd. e-Library, pp.222
- 140 SCHITTICH Christian
2002 Im Detail, Japan - Architekten, Konstruktionen, Stimmungen, Basel, Birkhäuser, Edition Detail, pp.176
- 141 SCHULITZ, Helmut C., SOBEK, Werner, HABERMANN, Karl J.
1999 Stahlbau-Atlas, München, Birkhäuser (trad.en. de Gerd Söffker, Philip Thrift Steel Construction Manual, München, Birkhäuser, 2000) pp.404
- 142 SCHULZE, Franz
2005 Illinois Institute of Technology - The campus guide, New York, Princeton Architectural Press, pp.XVI-111
- 143 SEMPER Gottfried
1834 Vorläufige Bemerkungen über bemalte Architektur und Plastik bei den Alten. Altona: Johann Friedrich Hammerich
- 144 SEMPER Gottfried
1851 Die vier Elemente der Baukunst. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn
- 145 SEMPER Gottfried
1863 Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten, oder Praktische Ästhetik, vol.2, München, F. Bruckmann, pp.592
- 146 SILVER Nathan
1997 The making of Beaubourg - A building biography of the Centre Pompidou, Paris, Cambridge, MIT Press, pp.XVIII-206
- 147 SKEMPTON Alec
2002 Biographical Dictionary of Civil Engineers - Volume 1 - 1500 to 1830, Londra, Thomas Telford Publishing, pp.903
- 148 SMITH, G. E. Kidder
1996 Source book of American architecture, New York, Princeton Architectural Press, pp.678
- 149 SPIEKER Elisabeth
2005 Günter Behnisch - Die Entwicklung des architektonischen Werkes: Gebäude, Gedanken und Interpretationen. Teză susținută la Fakultät für Architektur und Stadtplanung, Universität Stuttgart
- 150 STEINER, Frances H.
1984 French Iron Architecture, Michigan, UMI Research Press, pp. 290
- 151 STRIKE, James
1991 Construction into design - The influence of new methods of construction on architectural design 1690-1990, Oxford, Butterworth-Heinemann Ltd , p. 227
- 152 SUMMERSON John
1963 The Classical Language of Architecture, Cambridge, MIT Press, pp.81
- 153 SZALAPAY, Peter
2001 CAD principles for architectural design - analytical approaches to computational representation of architectural form, Oxford, Elsevier - Architectural Press, pp.XIV-242
- 154 TESSMANN Oliver
2008 Collaborative Design Procedures for Architects and Engineers, dizertatie la Universitatea din Kassel, Books on Demand GmbH, pp.176
- 155 THUCYDIDES
History of The Peloponnesian War. (trad. en. de Richard Crawley, The Floating Press, 2009) pp.881
- 156 TREBILCOCK Peter LAWSON R.M.
2004 Architectural Design in Steel, Spon Press, pp.225

- 157 TREIBER, Daniel
1992 Norman Foster, Basel, Birkhäuser Verlag AG (trad. en. de Crhristian Caryl, Norman Foster, London, Chapman & Hall - E&FN Spon, 1995) pp.144
- 158 TYRRELL Henry Grattan
1911 History of Bridge Engineering, Chicago, Williams co. Printers, (republicat în 2007 Read Books, 2008 Lightning Source Inc, 2010 Nabu Press) pp. 484
- 159 UNDERWOOD Rod, CHIUINI Michele
1998 Structural design - A Practical Guide for Architects, John Wiley and Sons, pp.703
- 160 VAN DER VOORDT Theo, VAN WEGEN Herman
2005 Architectuur en Gebruikswaarde (trad.en de Arthur Payman Architecture in Use: An introduction to the programming, design and evaluation of buildings, Architectural Press - Elsevier), pp.237
- 161 VAROUFAKIS, G. J.
1992 The iron clamps and dowels from the Parthenon and Erechtheion. În Journal of the Historical Metallurgy Society, Vol.26 1-18 (Eng).
- 162 VELTCAMP Martijn
2007 Free Form Structural Design: Schemes, Systems & Prototypes of Structures for Irregular Shaped Buildings, Amsterdam, IOS Press BV, pp.187
- 163 VENTURI, Robert; SCOTT BROWN, Denise; IZENOUR, Steven
1972 Learning from Las Vegas. Cambridge: MIT Press.
- 164 VIOLET-LE-DUC Eugène Emmanuel
1863 Entretiens sur L'Architecture, vol.1, Paris, A. Morel, pp.495
- 165 VIOLET-LE-DUC Eugène Emmanuel
1872 Entretiens sur L'Architecture, vol.2, Paris, A. Morel, pp.485
- 166 VON NAREDI-RAINER Paul
2004 Entwurfsatlas Museumsbau, Berlin, Birkhäuser (trad.en. de Fiona Greenwood Museum buildings - A design manual, Berlin, Birkhäuser, 2004) pp.248
- 167 WAHL Iver
2007 Building anatomy - an illustrated guide to how structures work, New York, McGraw-Hill Companies, pp.XX-381
- 168 WALDHEIM Charles, RÜEDI Ray Katerina
2005 Chicago Architecture: Histories, Revisions, Alternatives, Chicago, University of Chicago Press, pp.425
- 169 WALKER Derek, ADDIS Bill
1997 Happold - The confidence to build, Happold Trust Publications Ltd. (ed. electronică, Taylor & Francis Ltd. e-Library 2005), pp.224
- 170 WEISMANN Winston R.
1973 "Mid 19th century commercial building by James Bogardus" articol Monumentum, nr. volum 9, Bruxelles, Conseil International des Monuments et des Sites, ICCROM, pp.63-76
- 171 WHALLEY Andrew
2005 Product and process: performance-based architecture, în Branko Kolarevic & Ali M. Malakawi (ed.) Performative architecture - Beyond instrumentality: 21-40, New York, Taylor & Francis Group - Spon Press, pp.V-266
- 172 WHITTICK Arnold
1974 European Architecture in the Twentieth Century, Abelard-Schuman, p706
- 173 WRIGHT Frank Loyd
1931 Modern Architecture: being the kahn lectures for 1930, "The Tyranny of the Skyscraper", Princeton, Princeton University, pp.208

- 174 WURM Jan
2007 Glass Structures - Design and Construction of Self-supporting Skins (trad.în engl. din germană de Raymond Peat, Aberdeenshire, UK, și de Elizabeth Schwaiger, Picton, Canada), Birkhäuser, pp.255
- 175 XUE Charlie Q. L.
2005 Building a revolution - Chinese architecture since 1980, Hong Kong, University Press, p.XIV-208
- 176 ZAERA-POLO Alejandro
2007 A Scientific Autobiography, 1982-2004: Madrid, Harvard, OMA, the AA, Yokohama, the Globe. In William S. Saunders (ed.) The New Architectural Pragmatism: A Harvard Design Magazine Reader Volumul 5 din Harvard design magazine readers, Minneapolis, U of Minnesota Press, pp.201
- 177 ZEVI Bruno
1973 Il linguaggio moderno dell'architettura, Milano, Piccola Biblioteca Einaudi (trad.ro. de Ana Gabriela Tabacu Codul anticlasic - Limbajul modern al arhitecturii, București, Editura Paideia, 2000) p. 93
- 178 ZUNZ Jack
1987 In Peter Jones, Ove Arup: Masterbuilder of the Twentieth Century, New Haven și Londra, Yale University Press 2006, pp.364

Internet

- 179 engineering. 2014. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 25 Octombrie, 2014, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/187549/engineering>
- 180 Charleson. Structures - the green veges of architecture.
Preluat în 01 Octombrie 2009, de pe <http://akoaootearoa.ac.nz/community/ako-aotearoa-academy-tertiary-teaching-excellence/resources/pages/andrew-charleson-tertiar>
- 181 Santiago Calatrava. 2010. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe:
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1008977/Santiago-Calatrava>
- 182 Metal. (2010). În DEX online.
Preluat în 01 Octombrie, 2010 de pe: <http://dexonline.ro/definitie/metal>
- 183 Thucydides. 2010. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/594236/Thucydides>
- 184 Parthenon. 2014. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/444840/Parthenon>
- 185 Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://www.worldgreatestsites.com/colosseum.htm>
- 186 Salisbury Cathedral. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Salisbury_Cathedral&oldid=624779077
- 187 building construction. 2010. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/83859/building-construction>
- 188 Filippo Brunelleschi. 2010. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/82167/Filippo-Brunelleschi>

- 189 Michelangelo. 2014. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/379957/Michelangelo>
- 190 Sir Christopher Wren. 2010. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/649414/Sir-Christopher-Wren>
- 191 Thomas Farnolls Pritchard. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thomas_Farnolls_Pritchard&oldid=629198372
- 192 Abraham Darby III. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Abraham_Darby_III&oldid=630170992
- 193 Thomas Telford. 2010. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/586270/Thomas-Telford>
- 194 Antoine-Rémy Polonceau. 2010. Wikipédia, l'encyclopédie libre.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Antoine-R%C3%A9my_Polonceau&oldid=106553404.
- 195 Pont du Carrousel. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Pont_du_Carrousel&oldid=605209939
- 196 Marc Seguin. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Marc_Seguin&oldid=621239997
- 197 John A. Roebling. 2010. In Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=John_A._Roebling&oldid=629702500
- 198 Washington Roebling. 2010. In Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Washington_Roebling&oldid=613151230
- 199 Robert Stephenson. 2010. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/565525/Robert-Stephenson>
- 200 Francis Thompson (architect). 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Francis_Thompson_\(architect\)&oldid=615600517](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Francis_Thompson_(architect)&oldid=615600517)
- 201 William Fairbairn. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=William_Fairbairn&oldid=604295120
- 202 Eaton Hodgkinson. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Eaton_Hodgkinson&oldid=615423534
- 203 Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://mitworld.mit.edu/speaker/view/335>
- 204 Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe
<http://mcis2.princeton.edu/candela/billington.html>
- 205 Benjamin Baker (engineer). 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Benjamin_Baker_\(engineer\)&oldid=629630946](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Benjamin_Baker_(engineer)&oldid=629630946)
- 206 William Strutt (inventor). 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=William_Strutt_\(inventor\)&oldid=623284981](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=William_Strutt_(inventor)&oldid=623284981)

- 207 Charles Bage. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Charles_Bage&oldid=628953511
- 208 Thomas Hopper (architect). 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thomas_Hopper_\(architect\)&oldid=592571095](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thomas_Hopper_(architect)&oldid=592571095)
- 209 Charles Rohault de Fleury. 2010 Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Charles_Rohault_de_Fleury&oldid=630030810
- 210 Joseph Paxton. 2010 Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Joseph_Paxton&oldid=623055955
- 211 Decimus Burton. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Decimus_Burton&oldid=627875865
- 212 John Claudius Loudon. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=John_Claudius_Loudon&oldid=612824342
- 213 Richard Turner (iron-founder). 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Richard_Turner_\(iron-founder\)&oldid=626030299](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Richard_Turner_(iron-founder)&oldid=626030299)
- 214 Théodore Charpentier. 2014. Wikipédia, l'encyclopédie libre.
Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Th%C3%A9odore_Charpentier&oldid=107555329
- 215 Victoria (plant). 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Victoria_\(plant\)&oldid=627976827](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Victoria_(plant)&oldid=627976827)
- 216 Francois-Joseph Belanger. 2014. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1352981/Francois-Joseph-Belanger>
- 217 Victor Baltard. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 01 Octombrie, 2010, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Victor_Baltard&oldid=630447267
- 218 Preluat în 01 Octombrie, 2010 de pe http://www.memo.fr/LieuAVisiter.asp?ID=VIS_SUI_GEN_022
- 219 Pierre-François-Léonard Fontaine. 2010. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Pierre-Fran%C3%A7ois-L%C3%A9onard_Fontaine&oldid=599930771
- 220 Giuseppe Mengoni. 2010. Wikipedia, L'enciclopedia libera.
Preluat în 01 Octombrie, 2010 de pe http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Giuseppe_Mengoni&oldid=67578797
- 221 Jean-Pierre Cluysenaar. 2014. In Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Jean-Pierre_Cluysenaar&oldid=618857322
- 222 Paul Lelong. 2014. Wikipédia, l'encyclopédie libre.
Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Paul_Lelong&oldid=106558737
- 223 Jean-Louis Victor Grisart. 2013. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Jean-Louis_Victor_Grisart&oldid=582164881

- 224 Joseph-Antoine Froelicher. 2014. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Joseph-Antoine_Froelicher&oldid=134598486
- 225 Philip Hardwick. 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Preluat în 26 Octombrie, 2014, de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Philip_Hardwick&oldid=627408657
- 226 Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe <http://www.telegraph.co.uk/culture/art/3558540/Euston-time-to-rebuild-this-colossus.html>
- 227 George Stephenson. 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=George_Stephenson&oldid=630386755
- 228 Lewis Cubitt. (n.d.). A Dictionary of Architecture and Landscape Architecture. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe <http://www.answers.com/topic/lewis-cubitt-1>
- 229 Isambard Kingdom Brunel. 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Isambard_Kingdom_Brunel&oldid=629876390
- 230 Matthew Digby Wyatt. 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Matthew_Digby_Wyatt&oldid=616527215
- 231 Charles Fox (civil and railway engineer). 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Charles_Fox_\(civil_and_railway_engineer\)&oldid=623688348](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Charles_Fox_(civil_and_railway_engineer)&oldid=623688348)
- 232 James Bogardus. 2014. Encyclopædia Britannica Online. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/71408/James-Bogardus>
- 233 Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe <http://www.oxforddnb.com/index/2/101002141/>
- 234 Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe <http://homepage.eircom.net/~jas/benson.html>
- 235 Georg Carstensen. (n.d.). A Dictionary of Architecture and Landscape Architecture. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe <http://www.answers.com/topic/georg-carstensen>
- 236 Karl Gildemeister. 2013. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Karl_Gildemeister&oldid=557009236
- 237 August von Voit. 2014. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=August_von_Voit&oldid=133214159
- 238 Western architecture. 2008. Encyclopædia Britannica Online. Preluat în 08 August, 2008 de pe <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/32952/Western-architecture>
- 239 Neoclassical architecture. 2008. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Preluat în 08 August, 2008 de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Neoclassical_architecture&oldid=628816637
- 240 Henri Labrouste. (n.d.). Biographies. Preluat în 12 Septembrie, 2014 de pe <http://www.answers.com/topic/henri-labrouste>
- 241 John Soane. 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=John_Soane&oldid=628994462
- 242 Robert Smirke (architect). 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Preluat în 03 August, 2014 de pe [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Robert_Smirke_\(architect\)&oldid=623559030](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Robert_Smirke_(architect)&oldid=623559030)

- 243 JAMES STEVENS CURL.
"Montferrand, Henri-Louis-Auguste-Ricard de." A Dictionary of Architecture and Landscape Architecture. 2000. Encyclopedia.com. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe <http://www.encyclopedia.com/doc/1O1-MontferrandHenrLsgstRcrdd.html>
- 244 Sydney Smirke. 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sydney_Smirke&oldid=593040681
- 245 Westminster Arcade. 2014. Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Westminster_Arcade&oldid=629065474
- 246 François-Alexandre Duquesney. 2014. Wikipédia, l'encyclopédie libre.
Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fran%C3%A7ois-Alexandre_Duquesney&oldid=107909218
- 247 Ludwig Förster. 2014. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie.
Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ludwig_F%C3%B6rster&oldid=135208811
- 248 Karl Etzel. 2014. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie.
Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Karl_Etzel&oldid=133585253
- 249 Karl Friedrich Schinkel. (n.d.).
A Dictionary of Architecture and Landscape Architecture. Preluat în 26 Octombrie, 2014 de pe <http://www.answers.com/topic/karl-friedrich-schinkel>
- 250 Preluat în 06 Martie 2008 de pe
<http://www.allertonok.com/merseySights/NorthLiverpoolEA.html>
- 251 Preluat în 06 Martie 2008 de pe
<http://www.engineering-timelines.com/scripts/engineeringItem.asp?id=732>
- 252 Preluat în 06 Martie 2008 de pe
<http://www.oum.ox.ac.uk/learning/htmls/arch.htm>
- 253 Daniel H. Burnham. 2014. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 27 Octombrie, 2014 de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/85650/Daniel-H-Burnham>
- 254 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe
http://www.rsh-p.com/work/all_projects/centre_pompidou/conception
- 255 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe
http://www.rsh-p.com/work/all_projects/inmos_microprocessor_factory
- 256 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe
<http://www.gmp-architekten.com/projects/stuttgart-airport-terminal-1.html>
- 257 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe
<http://grimshaw-architects.com/project/international-terminal-waterloo/>
- 258 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe
<http://www.arcspace.com/architects/miralles/cnar/cnar.html>
- 259 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe
<http://www.jeannouvel.com/english/preloader.html>
- 260 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe
from <http://www.steelconstruct.com/publications/cs/eccs12.pdf>
- 261 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe
<http://www.tschumi.com/projects/14/>
- 262 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe
<http://www.scribd.com/doc/38610433/Tschumi-Interview-Fresnoy>

- 263 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe http://www.perraultarchitecture.com/en/projects/2464-velodrome_and_olympic_swimming_pool.html
- 264 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.mvrdv.nl/#/projects/015wozoco>
- 265 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.nox-art-architecture.com/>
- 266 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.zonneveld.com/en/projects/special/delta-expo,-neeltje-jans>
- 267 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe http://www25.big.or.jp/~k_wat/yokohama/estruc.htm
- 268 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe http://www.rsh-p.com/work/all_projects/millennium_experience
- 269 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.kisho.co.jp/page.php/268>
- 270 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.cylee.com/>
- 271 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.fosterandpartners.com/Projects/1004/Default.aspx>
- 272 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.structuremag.org/OldArchives/2005/November%202005/Seattle-Central-Library.pdf>
- 273 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.oma.eu/projects/2004/seattle-central-library>
- 274 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.bollinger-grohmann.de/>
- 275 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/176-200/178-prada-aoyama.html>
- 276 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.alsoparchitects.com/>
- 277 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.serpentinegallery.org/architecture/>
- 278 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=117>
- 279 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.fuksas.it/#/progetti/0703/>
- 280 Ove Arup. The Key Speach. 1970.
Preluat în 17 Iunie 2012 de pe www.arup.com
- 281 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.ingenia.org.uk/ingenia/articles.aspx?index=463>
- 282 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.building.co.uk/crazy-angles-soaring-steel-zaha-hadid%E2%80%99s-guangzhou-opera-house/3145121.article>
- 283 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.abt.eu/sitemanager/files/teahouse%20-%20artikel%20Dax%2022.pdf>
- 284 Preluat în 17 Iunie 2012 de pe <http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=122>
- 285 Fier. 2014. Wikipedia, enciclopedia liberă.
Preluat în 30 Iulie 2013 de pe <http://ro.wikipedia.org/w/index.php?title=Fier&oldid=8837930>

- 286 Preluat în 30 Iulie 2013 de pe
http://www.esdep.org/members/master/wg01b/l0410.htm#SEC_2_1
- 287 Puddling (metallurgy). 2014. In Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 18 Septembrie, 2014 de pe [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Puddling_\(metallurgy\)&oldid=623881381](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Puddling_(metallurgy)&oldid=623881381)
- 288 Steel. 2014. In Wikipedia, The Free Encyclopedia.
Preluat în 18 Septembrie, 2013 <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Steel&oldid=631348552>
- 289 building construction. 2014. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 28 Octombrie, 2014, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/83859/building-construction>
- 290 architecture. 2014. Encyclopædia Britannica Online.
Preluat în 18 Septembrie, 2014, de pe
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/32876/architecture>
- 291 Preluat în 15 Iulie 2014, de pe
<http://aehistory.wordpress.com/1946/10/04/1946-arup-founded/>
- 292 Preluat în 30 Ianuarie 2009, de pe
<http://www.fosterandpartners.com/Projects/0188/Default.aspx>
- 293 Preluat în 22 Ianuarie 2009, de pe
http://www.richardrogers.co.uk/Asp/uploadedFiles/Image/0200_Inmos_Factory/RSHP_A_JS_0200_L_E_GB.pdf

ANEXA 1

METALUL CA ELEMENT STRUCTURAL ÎN ARHITECTURĂ – ILUSTRĂȚII

2.1 Perioada dinaintea revoluției industriale

fig.2.1a Parthenon, ATHENA, Grecia (447- 438îCh.), arhitecți Ictinos și Callicrates, sculptor Fidias - agrafe din fier forjat manual, turnate în plumb, ameliorează conlucrarea blocurilor de zidărie.



fig.2.1b Pont du Gard, NÎMES, Franța - blocurile de piatră sunt legate cu agrafe din fier forjat manual, turnate în plumb.



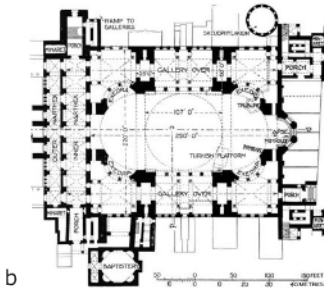
fig.2.1c Colosseum, ROMA, Italia (69-223dCh.) - blocurile de travertin care formează zidurile eliptice sunt fixate laolaltă cu agrafe metalice.



fig.2.1d Hagia Sofia, CONSTANTINOPOL, Turcia (532-537) - proiectanți pricipali Anthemius din Tralles și Isidor din Milet - agrafe din fier forjat manual leagă blocurile de marmură pe care descarcă uriașa cupolă, în așa fel încât să formeze o centură perimetrală continuă; tiranți din fier forjat manual ajută la preluarea împingerilor rezultate în marile bolți cilindrice.



a



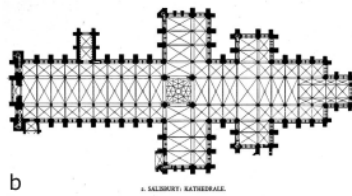
b



c



fig.2.1e **Catedrala Salisbury**, SALISBURY, Anglia (1220-1258) - turnul prezintă o ingenioasă structură compozită cu parament de piatră așezat pe un schelet din lemn legat la bază cu benzi din fier forjat manual.



a



c

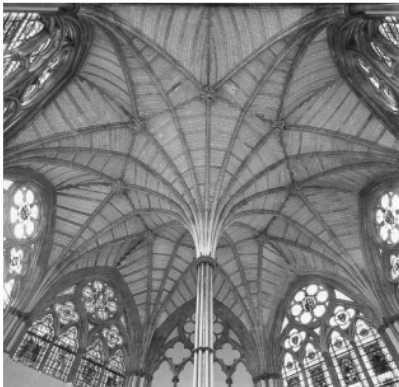


fig.2.1f **Chapter House**, Westminster Abbey, Anglia (1245-1255) - un sistem de armare din fier forjat manual, în formă de umbrelă, era înglobat în zidărie cu scopul de a împiedica pereții să se distanțeze. O soluție constructivă care relevă slaba cunoaștere a felului în care lucrează materialul.

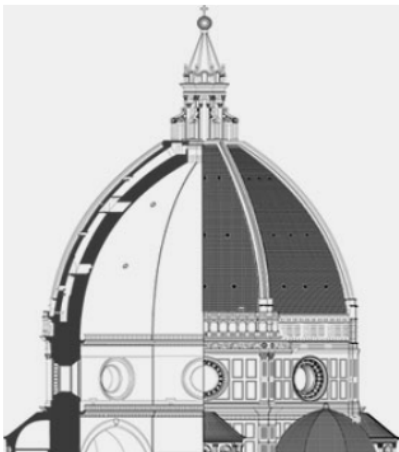


fig.2.1g **Cupola Basilica di Santa Maria del Fiore**, FLORENȚA, Italia (1420-1436) - arh. Brunelleschi - în lipsa unor contraforți puternici, împingerile cupolei sunt preluate de o bază formată din trei rânduri de blocuri mari de zidărie, ținute laolaltă de lanțuri din fier. Un principiu similar cu cel folosit la cupola catedralei Hagia Sofia.

fig.2.1h **Cupola Basilica di San Pietro in Vaticano, ROMA, Italia (1546)** - arh. Michelangelo - folosind principiul consacrat de cupola Florentină, aici șase centuri perimetrice din lanțuri de fier leagă blocurile de zidărie de la baza cupolei.

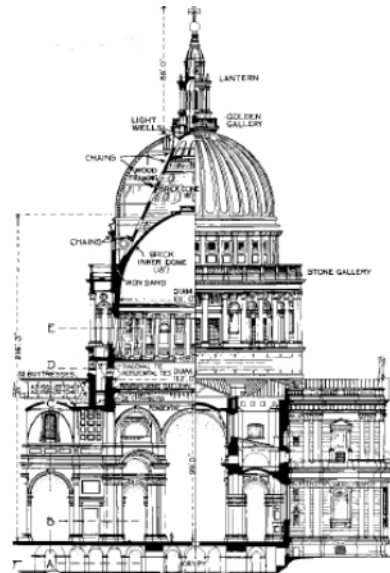


a



b

fig.2.1i **Cupola Catedralei Sf. Paul, LONDRA, Anglia (1675-1710)** - arh. Sir Christopher Wren folosește pentru prima dată forma catenară, formă adaptată liniei optime de descărcare a eforturilor, pentru a reduce împingerile laterale; pe această formă erau aplicate apoi cojile de forme adaptate cerințelor interioare și exterioare; centuri perimetrice din lanțuri de fier sunt folosite ca o măsură suplimentară de consolidare. Acest ansamblu de soluții avea să devină tehnologia standard a perioadei respective.



2.2 Perioada revoluției industriale

2.2.1 Construcții funcționale și arhitectura comercială a secolului XIX

fig.2.2.1a1 **Podul Coalbrookdale, comitatul SHROPSHIRE, Anglia (1777-1779)** - arh. Tomas Pritchard, realizat de meșterul fierar Abraham Darby III - prima construcție în care structura principală era în totalitate din fontă. Soluția de preluare a deschiderii de cca. 30,5m este dată de cinci arce semicirculare care imită prin desenul elementelor liniare din fontă rosturile unei construcții similare din piatră.

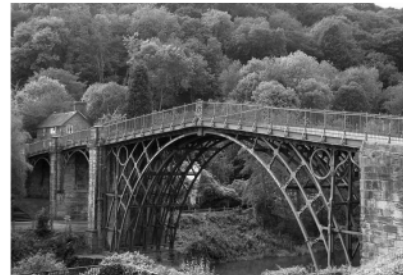




fig.2.2.1a2 **Podul Buildwas**, Anglia (1796) - ing. Thomas Telford - o interesantă structură din fontă cu arce suprapuse dovedește, pe de o parte, necunoașterea deplină a caracteristicilor noului material, pe de alta, creșterea încrederii în potențialul acestuia.



fig.2.2.1a3 **Podul Sunderland**, WEARMOUTH, Anglia (1796) - conceput de ing. Thomas Paine în 1787 și patentat șase ani mai târziu de Rowland Burdon - structura de cca. 72m deschidere depășea tot ce s-a construit până atunci în materie de poduri de fier.



fig.2.2.1a4 **Podul Waterloo**, BETWS-Y-COED, Anglia (1815) - ing. Thomas Telford - unul din exemplele de estetizare a structurilor metalice din fontă.

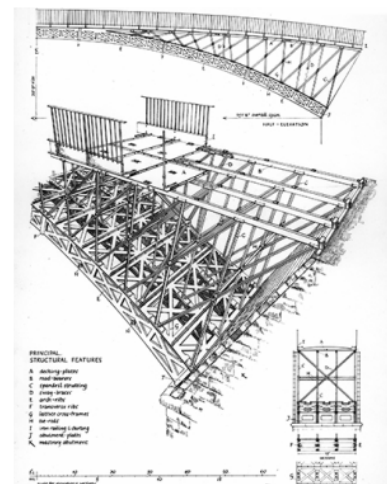


fig.2.2.1a5 **Podul Craigellachie**, peste râul Spey, Scoția (1815) - ing. Thomas Telford folosește pentru prima dată arce de fontă cu panouri contravântuite. Soluția expresivă este dată aici de prelucrarea capetelor de pod din zidărie într-un stil pitoresc, ce oferă mai degrabă imaginea unor turnuri de apărare.



fig.2.2.1a6 **Podul Menai**, Țara Galilor (1819-1824) - ing. Thomas Telford - principiu de suspendare cu lanțuri metalice, capete de pod tratate în stil Neoclasic.



a



b

fig.2.2.1a7 **Podul Conway**, Marea Britanie (1826) - ing. Tomas Telford - deși identic din punct de vedere structural cu podul Menai, datorită proximității castelului Edwardian, preia stilul 'castel medieval'.

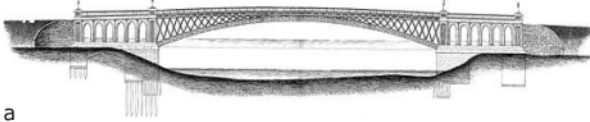


a



b

fig.2.2.1a8 **Podul Tewkesbury**, GLOUCESTERSHIRE, Anglia (1826) - ing. Thomas Telford - esteticizarea structurii metalice se face aici prin tratarea în stil gotic a panourilor de contravântuire.



a



b

fig.2.2.1a9 **Pont des Arts**, PARIS, Franța (1801-1803) - exemplu de structură metalică încă relativ modestă.



fig.2.2.1a10 **Pont du Carrousel**, PARIS, Franța (1823-1838) - ing. Antoine-Rémy Polonceau - o construcție ce poate fi considerată remarcabilă în domeniul structurilor în arc, deși forma circulară a componentelor care leagă arcul de puntea de călcare nu denotă o bună cunoaștere a felului în care lucrează metalul.





fig.2.2.1a11 **Pont Tournon-sur-Rhône**, Franța (1824) - ing. Marc Seguin - inovația tehnică o reprezintă înlocuirea lanțurilor de suspendare, cu cabluri.

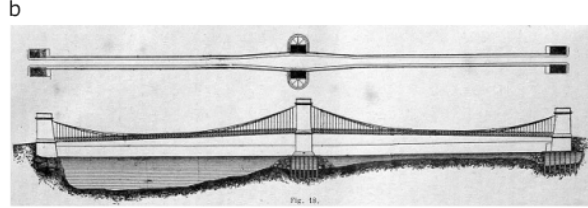


fig.2.2.1a12 **Brooklyn Bridge**, NEW YORK, America (1869-1883) - ing. John Roebling - poate fi considerat punctul culminant al utilizării sistemului de suspendare pe cabluri.



fig.2.2.1a13 **Britannia Bridge**, (1845-1851) - ing. Stephenson și arh. Thompson, ajutați de inginerii consultanți Fairbairn și Hodgkinson - un extraordinar exemplu de colaborare între specialiști de marcă - soluția structurală cu două tuburi de secțiune rectangulară, realizate din plăci nituite de fier forjat astfel încât să formeze grinzi continue, reprezintă o noutate absolută în domeniu.

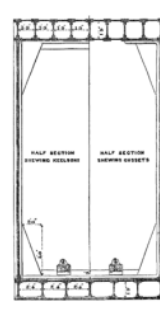
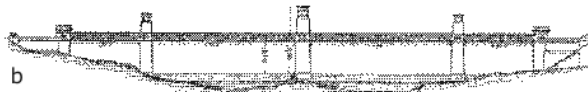
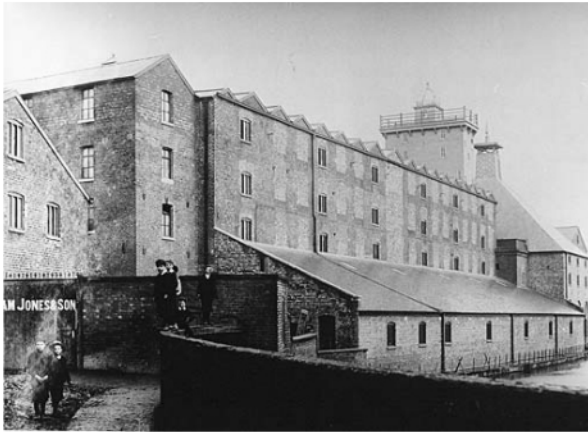


fig.2.2.1b1 **Ditherington Flax Mill,** SHREWSBURY, Anglia (1796) - arh.ing. Charles Bage - construcție pe 5 niveluri care folosește pentru prima dată un schelet interior complet din fontă.



b



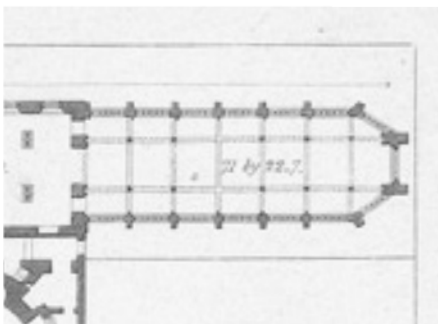
a



c

d

fig.2.2.1c1 **Carlton House,** LONDRA, Anglia (1811-1812) - arh. Thomas Hopper - printre primele construcții de acest fel cu structură de fontă, oferă o variantă bogat ornamentată.



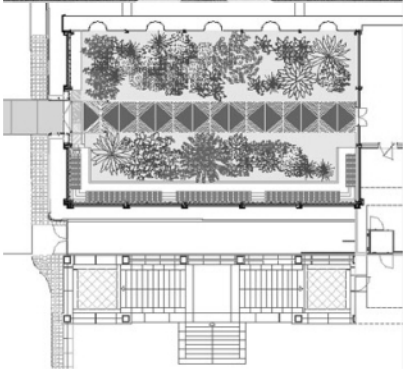
a



b



fig.2.2.1c2 **Jardin des Plantes, PARIS, Franța** (1833-1836) - arh. Charles Rohault de Fleury - prima seră de pe continentul european, lipsită complet de ornament stilistic. Dincolo de dimensiunile impresionante obținute cu o structură exclusiv metalică, se remarcă fațada de fontă multietajată care servește și ca suport al acoperișului.



a

b



fig.2.2.1c3 **Conservatory Chatsworth, Anglia** (1836-1840) - horticultorul Joseph Paxton realizează un sistem constructiv dintr-o succesiune de travei identice care combină arce din lemn lamelar cu stâlpi din fontă; decorația se rezumă la cele câteva piese de zidărie concepute de arhitectul Decimus Burton în stil neoclasic.

a



b



c

fig.2.2.1c4 **Palm Stove**, KEW, Anglia (1844-1848) - Joseph Paxton - elementele din lemn lamelar sunt înlocuite aici cu grinzi și șprosurile curbate din fier forjat, iar sistemul coamă și dolie face loc unei închideri în planul structurii.

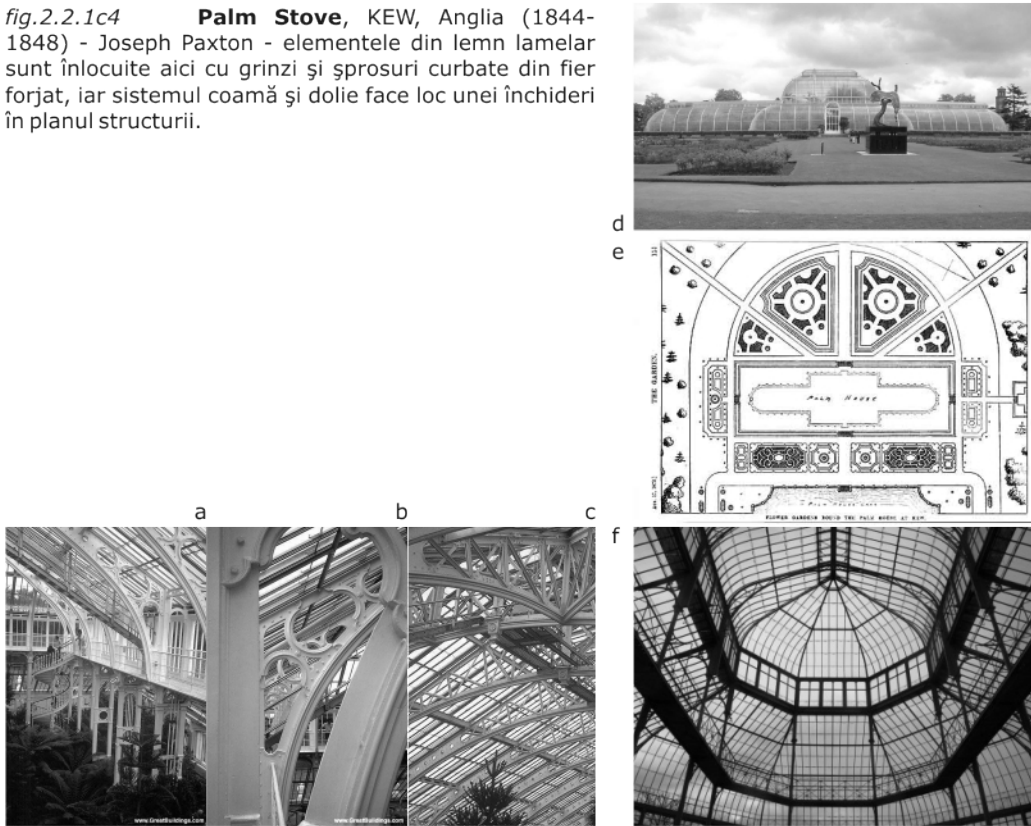
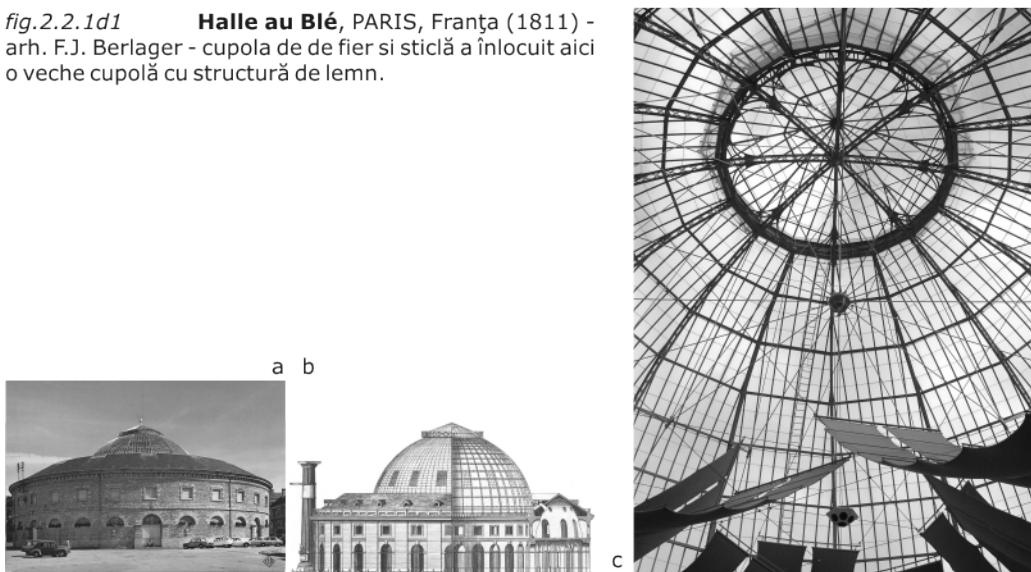


fig.2.2.1d1 **Halle au Blé**, PARIS, Franța (1811) - arh. F.J. Berlaier - cupola de fier și sticlă a înlocuit aici o veche cupolă cu structură de lemn.



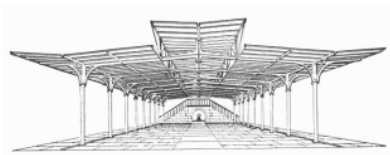


fig.2.2.1d2 **Hungerford Fish Market**, LONDRA, Anglia (1835) - arh. Charles Fowler - dincolo de linia interesantă a acoperișului cu ușoară pantă spre axul stâlpilor, care permitea scurgerea apelor prin interiorul acestora, este remarcabilă renunțarea la carcasa de zidărie, devenită posibilă prin preluarea contravânturii la nivelul structurii metalice.



fig.2.2.1d3 **Halles Centrales**, PARIS, Franța (1853-1858) - arh. Victor Baltard, cu asistența arhitectului F.F.Callet - un ansamblu modular complet acoperit, constând în pavilioane identice din fier și sticlă.



fig.2.2.1d4 **Galerie d'Orleans**, PARIS, Franța (1829-1831) - arh. Pierre Fontain - acoperișul din fier forjat și sticlă reușește să ofere o senzație de 'libertate și deschidere' similară cu cea din spațiile exterioare.



fig.2.2.1d5 **Passage Pommeraye**, NANTES, Franța (1843) - arh. H. D. Gasselín și arh. J.B. Buron - acoperișul de metal și sticlă ce protejează o zonă de tranziție care face legătura între două străzi aflate la 9,40m diferență de nivel, contribuie esențial la creșterea gradului de intimitate și, implicit, a calității spațiului.

fig.2.2.1d6 **Galeria Vittorio Emanuele,** MILANO, Italia (1865-1877) - ing. și arh. Giuseppe Mengoni - o galerie impresionantă nu doar prin dimensiuni. Ea se remarcă și prin raportarea inspirată a structurii metalice la stilul neorenescentist.



a



b

fig.2.2.1d7 **Galerie Saint-Hubert,** BRUXELLES (1847) - arh. J.P. Cluysenaer - una dintre cele mai bine păstrate galerii din Europa, excepțională și prin dimensiunea colosală.

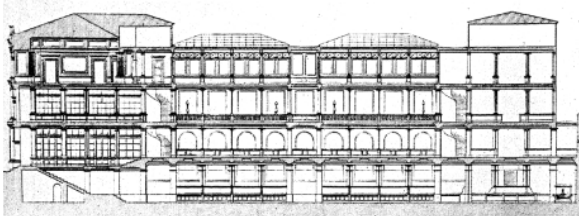


fig.2.2.1d8 **Galeries du Commerce et de l'Industrie,** PARIS, Franța (1838) - arh. Grisart și arh. Froehlicher - realizată în jurul unor curți impresionante, această galerie comercială ajunge să se remarcă și prin arhitectura fațadelor renescentiste.



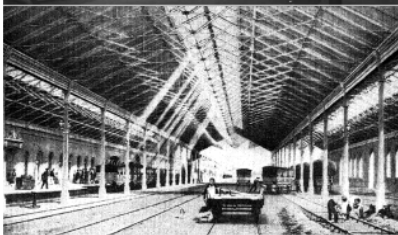
fig.2.2.1e1 **Euston Arch**, LONDRA, Anglia (1835-1837) - ing. Robert Stephenson - frontispiciul, conceput de arhitectul Philip Hardwick, apreciat ca un "superb exemplu neoclasic", ignoră cu desăvârșire zona funcțională construită după planurile ing. R. Stephenson.



fig.2.2.1e2 **Crown Street Station**, LIVERPOOL, Anglia (1830) - ing. George Stephenson - una dintre primele gări, prezentând o structură mai degrabă modestă.



fig.2.2.1e3 **Tri Junct Station**, DERBY, Anglia (1839-1841) - rod al colaborării fructuoase dintre arh. Thompson, cel care a conceput clădirea de cărămidă în stil victorian într-o evidentă apropiere stilistică de acoperirea peroanelor, și ing. Robert Stephenson.



a
b



a

fig.2.2.1e4 **King's Cross**, LONDRA, Anglia (1851-1852) - arh. Lewis Cubitt alege exprimarea în fațadă a structurii de acoperire a peroanelor.



b

fig.2.2.1e5 **Paddington, LONDRA, Anglia (1852-1854)** - ing. Brunel și arh. Wyatt - pentru elementele metalice ale structurii de acoperire în formă de arc cu trei articulații s-a folosit o ornamentație ce se dorea adaptată stilistic noului material.



fig.2.2.1f1 **Biserica Hemming, BRISTOL, UK (1843)** - bisericile prefabricate din fier, realizate de industriașul Samuel Hemming, ajung să fie exportate în lumea întreagă.



fig.2.2.1g1 **Bogardus Factory, Center Street, NEW YORK, S.U.A. (1848)** - constr. James Bogardus - o structură urbană de patru niveluri în care pereții exteriori sunt compuși din pile (coloane) și grinzi buiandrug din fontă. Sistemul avea să fie răspândit ulterior atât în New York, cât și alte orașe americane.

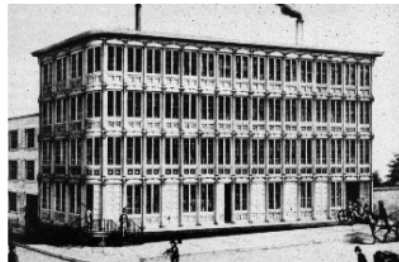


fig.2.2.1g2 **Milhau Store, NEW YORK, S.U.A. (1848)** - constr. James Bogardus - prima fațadă din fontă de pe Broadway.

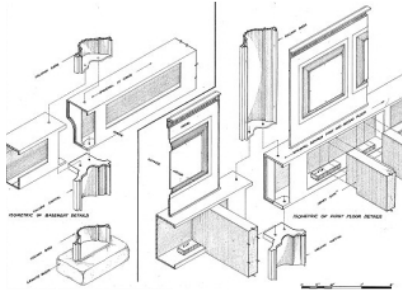


fig.2.2.1g3 **Edgar Laing Store**, NEW YORK, S.U.A. (1849) - constr. James Bogardus - clădirea finalizată în numai două luni arată potențialul extraordinar al sistemului ei constructiv.



a

b

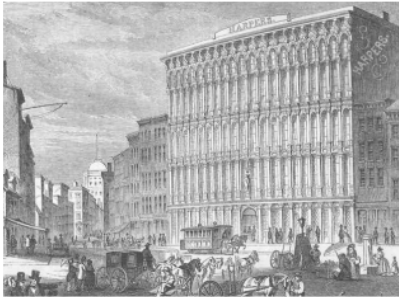


fig.2.2.1g4 **Harper's Bilding**, NEW YORK, S.U.A. (1854) - arh. John B.Corlies - exemplu relevant de ornamentație kitsch în stil renaștere târzie, încorporează primele grinzi din oțel laminat.



a

b



fig.2.2.1g5 **Hopkins Store**, Murray Street, NEW YORK, S.U.A. (1875) - constr. James Bogardus - soluție ornamentală kitsch, mai ieftină decât piatra, în care proporția elementelor este imitată de coji subțiri turnate din fontă.

a



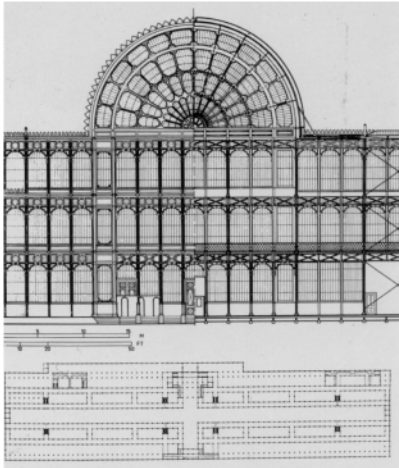
b

fig.2.2.1h1 **Crystal Palace**, LONDRA, Anglia (1851) - Joseph Paxton - soluția bazată pe sistemul pus la punct în sera de la Chatsworth, strângea laolaltă o bună parte din inovațiile realizate până atunci în domeniul structurilor metalice. Galeriile laterale, care aveau și rolul de a asigura rigiditatea ansamblului, se bazează pe principiul structurilor scheletale multietajate utilizate în construcția de fabrici. Inovația esențială adusă pe această direcție era nodul semirigid care, împreună cu contravântuirile diagonale, permitea obținerea stabilității în lipsa zidurilor masive de închidere.



a

b



c

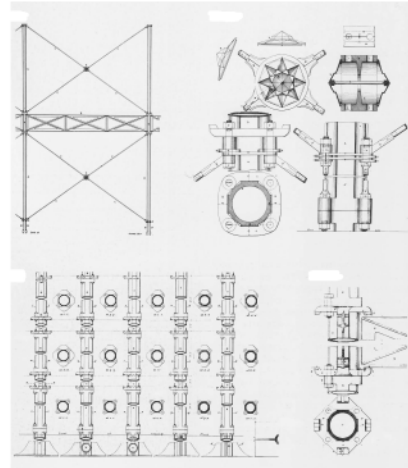
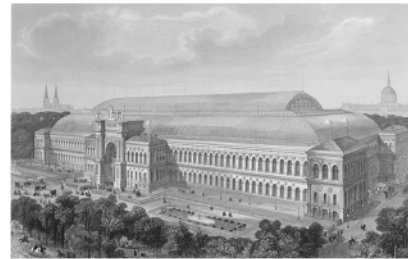


fig.2.2.1h2 **Palais de L'Industrie**, PARIS, Franța (1855) - prima expoziție internațională din Paris nu a beneficiat de un palat de cristal, ci de o clădire mixtă, în care marile arce ce acopereau spațiul erau complet mascate la exterior de o coajă de zidărie absolut convențională, tratată în stil neorenascentist.



a



b



c

2.2.2 Arhitectura neoclasică 1750-1930



fig.2.2.2a **Marble Palace**, ST. PETERSBURG, Rusia (1768-1772) - arh. Antonio Rinaldi - stil Neoclasic timpuriu; una dintre primele clădiri care utilizează grinzi de fier la construcția acoperișului.



fig.2.2.2b **Bank Stock Office**, LONDRA, Anglia (1794) - arh. Sir. John Soane - bolțile clădirii sunt realizate din elemente ceramice susținute de o structură metalică. Oculusul din bolta centrală este la rândul său acoperit cu un luminator din fier și sticlă.



fig.2.2.2c **North Lodge**, Buckingham Palace, LONDRA, Anglia (1825) - arh. John Nash - coloane dorice turnate din fontă la proporția clasică.



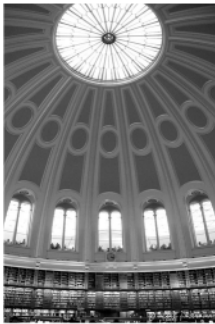
fig.2.2.2d **King's Library**, British Museum, LONDRA, Anglia (1823-1827) - arh. Robert Smirke - dimensiunile extraordinare (91m lungime, 12m înălțime, 9m lățime, cu o secțiune centrală de 18m lățime) impun utilizarea grinzilor din fontă.



fig.2.2.2e **Catedrala Sf. Isaac, ST. PETERSBURG, Rusia (1842)** - arh. August Augustovich Monferan - scheletul de fontă pentru cupolă reprezintă o remarcabilă inovație tehnică, permițând obținerea unei deschideri excepționale, comparabilă cu marile deschideri ale cupolelor din Renaștere și Baroc, fără efortul presupus de ridicarea unei cupole de zidărie.



fig.2.2.2f **British Museum, LONDRA, Anglia (1857)** - arh. Sydney Smirke - structura din fontă a acoperișului sălii de lectură este ascunsă cu grijă în spatele elementelor decorative.



a



b

fig.2.2.2g **Westminster Arcade, PROVIDENCE, Rhode Island, SUA (1828)** - arh. Russell Warren și James Bucklin - concepută ca un mare templu al comerțului, este tratată cu considerația estetică cuvenită celor mai importante edificii publice.



a



b



fig.2.2.2h **Gare de l'Est**, PARIS, Franța (1847-1852) - arh. François Duquesney - monument major al Neoclasicismului raționalist, oferă un exemplu de exprimare în fațadă a spațialității interiorului funcțional marcat de acoperișul din fier și sticlă al peroanelor.

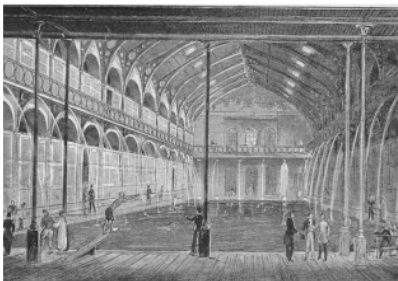


fig.2.2.2i **Dianabad**, VIENA, Austria (1841-1843) - arh. Ludwig Förster și ing.-arh. Karl Etzel - un acoperiș elegant cu grinzi din fontă, expuse cu dezinvoltură la interior. Contravântuirile circulare, un sistem frecvent utilizat la elementele de deschidere mare din fontă de la acea vreme, care denotă de altfel o slabă înțelegere a comportamentului structural, se potriveau excepțional cu detalierea Neoclasică 'Rundbogenstil' a zidăriei.



fig.2.2.2j **Bauakademie**, BERLIN, Germania (1831-1836) - arh. Kark Fridrich Schinkel - remarcabilă pentru abordarea inovativă, aproape complet lipsită de ornament aplicat, îngloba grinzi de fier pe care sprijineau bolțișoare de cărămidă. Acest sistem portant cu grinzi de fier descărcate pe pile de zidărie este considerat unul din premergătorii sistemului structural scheletal.



fig.2.2.2k **Sainte-Geneviève**, PARIS, Franța (1843-1850) - arh. Henry Labrouste - una din primele construcții publice care utilizează „exclusiv și aparent” o structură metalică. Radical diferită de soluțiile convenționale, această bibliotecă mizează pe principiul pe care erau construite fabricile englezești.



a

b

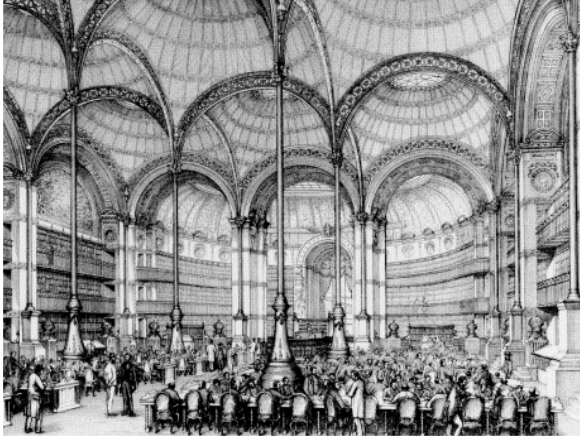


fig.2.2.2l **Bibliothèque Nationale**, PARIS, Franța (1862-1868) - arh. Henry Labrouste - sala de lectură este acoperită de cupole luminator din teracotă, purtate de coloane și arce fine de metal. Un sistem structural ce avea să uimească (sau să contrarieze) prin spațialitate, eleganță și funcționalitate.

2.2.3 Arhitectura neogotică 1730-1930

fig.2.2.3a **Entretiens sur l'architecture** (1863-1872) - arh. Viollet-Le-Duc - set de proiecte nerealizate, pentru clădiri ce combinau fierul cu zidăria. Proiecte care aveau să devină sursă majoră de inspirație pentru arhitecții lumii moderne.

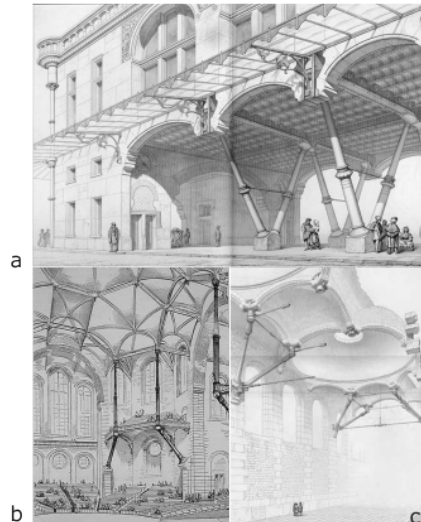


fig.2.2.3b **Biserica St. Anne**, Great Richmond street, LIVERPOOL, Anglia (1770-1772) - Coloanele care susțin galeria bisericii St. Anne reprezintă probabil primul exemplu de utilizare a fierului la scară arhitecturală.





a

fig.2.2.3c **Biserica St. George**, Everton, LIVERPOOL, Anglia (1812-1814) - meșter fierar John Cragg și arh. Thomas Rickman pun în valoare avantajele prefabricării structurilor metalice.



b



a

fig.2.2.3d **Biserica St Michael**, Hamlet, LIVERPOOL, Anglia (1813-1815) - meșter fierar John Cragg și arh. Thomas Rickman - refolosirea matrițelor pentru prefabricarea elementelor structurale și ornamentale duc la o reducere substanțială a costurilor. Fonta, utilizată inițial doar la interior, preia aici toate detaliile posibile, ajungând să fie exprimată inclusiv la nivel de fațade.



b

c



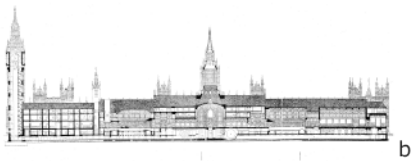
a

fig.2.2.3e **Kreuzberg Memorial**, BERLIN, Germania (1819) - arh. Karl Friedrich Schinkel - exemplu timpuriu de utilizare a fierului în arhitectura Neogotică din afara Marii Britanii.



b

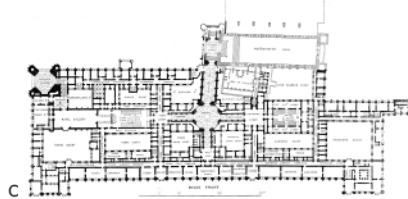
fig.2.2.3f **Westminster Palace**, LONDRA, Anglia (1840) - arh. Charles Barry și arh. A. W. Northmore Pugin - chiar în perioada în care scrierile lui Pugin influențau substanțial gândirea doctrinară anti-industrială a curentului Neogotic, această construcție mizează, din motive de rezistență la foc, pe componente structurale metalice atât la construcția acoperișului, cât și a planșeelor. Atent ascunse de ochiul privitorului, aceste soluții reprezentau punctul culminant al dezvoltării tehnologice din acel moment.



b

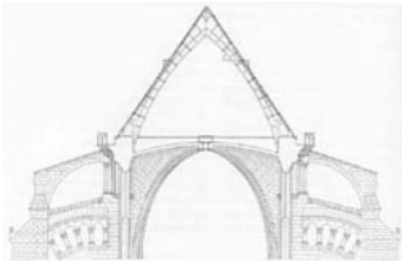


a



c

fig.2.2.3g **Catedrala Chartres**, PARIS, Franța (1837-1839) - concepută și executată de C.-J. Baron și industriașul Emile Martin - structura din fontă a acoperișului care protejează bolțile este una din lucrările de mare amploare și elaborare tehnică din acea perioadă.



a



b

fig.2.2.3h **Bazilica Sainte-Clotilde**, PARIS, Franța (1846-1857) - arh. F. C. Gau, terminată de T. Ballu - impresionează prin turlele din fontă ce lasă să se întrevadă oportunitățile oferite de utilizarea noului material.





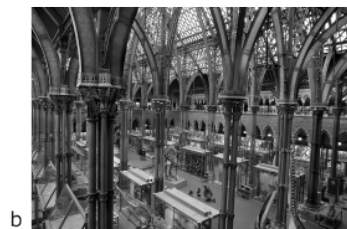
fig.2.2.3i **Fleșa Catedralei din Rouen, Franța (1848-1877)** - Jean-Antoine Alavoine și finalizată de E. Barthelemy și L. F. Desmarest - o fascinantă structură din fontă, complet deschisă, un exemplu impresionant prin dimensiunile care o plasează între cele mai înalte turlă din Franța 151m.



fig.2.2.3j **Saint Eugene, PARIS, Franța (1854-1855)** - arh. Louis-Auguste Boileau - prima biserică din Paris construită pe o structură aproape în totalitate din fier. Nu oferă forme sau spații ieșite din comun, poate cel mult contradictorii prin dimensiunea neobișnuită a componentelor goticizate.



fig.2.2.3k **Oxford University Museum, OXFORD, Anglia (1855-1860)** - arh. Thomas Deane și Benjamin Woodward - notabil este caracterul articulat al structurii și ornamentul din fier forjat reprezentând ramuri de platan, nuc și palmier, a căror elaborare pare făcută în întâmpinarea tehnologiei de producție.



2.2.4 Arhitectura eclectică 1840-1930

fig.2.2.4a **Royal Pavilion**, BRIGHTON, Anglia (1818-1821) - arh. John Nash - unul din exemplele eclecticismului romantic, ce prezintă transformarea, 'frivolizarea' unei construcții de stil neoclasic timpuriu. Bucătăria și câteva din camerele atașate de Nash aveau să ofere primele exemple notabile de utilizare a fierului la o scară proprie, dată de calitățile materialului și nu imitând dimensiunile zidăriei.



a

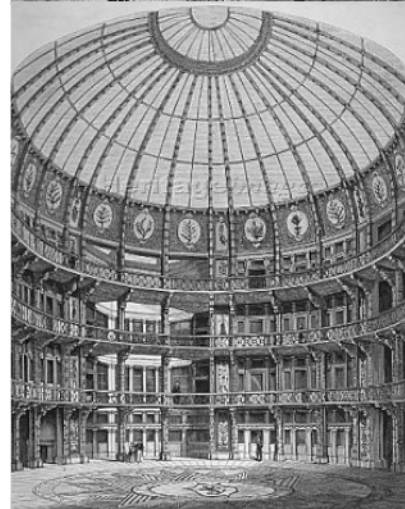


b

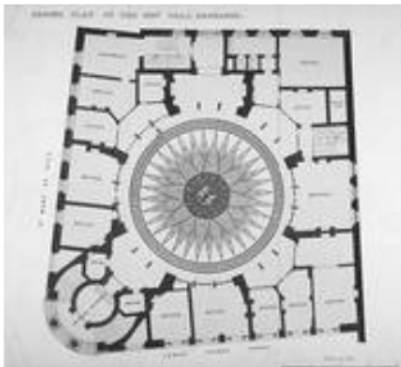
fig.2.2.4b **Coal Exchange**, LONDRA, Anglia (1846-1849) - J.Bunstone Bunning - două „palazzo” așezate la un unghi relativ ascuțit și articulate de un turn în stil pitoresc, ascund un interior greu de intuit: zidăria, aproape invizibilă lasă loc unei elegante „colivii din elemente metalice fine, ce urcă spre marea cupolă din fier și sticlă”.



a



c



b

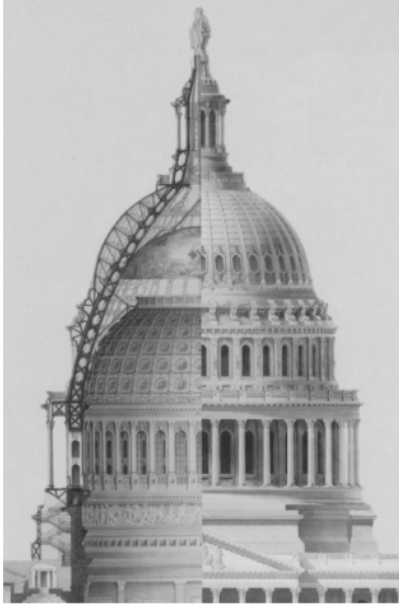


fig.2.2.4c **Cupola Capitoliului** din Washington, S.U.A. (1855-1865) - Thomas U. Walter - concepută în stil second empire, evidențiată mai ales prin dimensiuni, rivalizează cu cele mai mari cupole ale Barocului din Europa. Silueta asemănătoare cu cea a cupolei lui Michelangelo ascunde o structură din fontă motivată de facilitatea execuției, greutatea redusă ce putea fi suportată de o structură preexistentă și costurile reduse substanțial în raport cu cele ale unei cupole similare construite din zidărie.

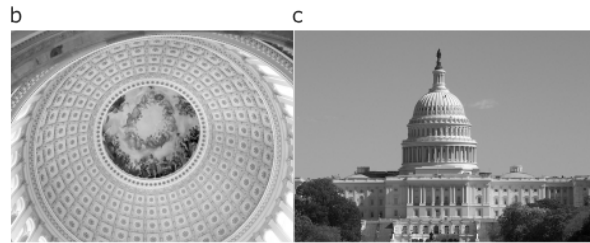


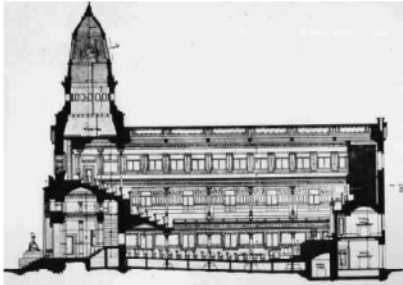
fig.2.2.4d **Paleis voor Volksvlijt**, AMSTERDAM, Olanda (1856) - Cornelis Outshoorn - construit pe modelul palatelor de cristal pentru a găzdui expoziții de tot felul, ne prezintă o structură metalică ameliorată de un eclectism second empire cu accente neorenescentiste.



fig.2.2.4e **Vincent street Church**, GLASGOW, Scoția (1859) - Alexander Greek Thomson - un alt exemplu de expunere a fierului într-un interior eclectic.



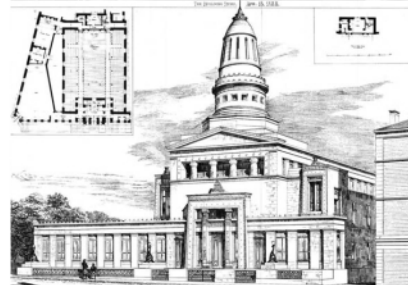
fig.2.2.4f **Queen's Park Church, GLASGOW, Scoția (1867)** - Alexander Greek Thomson - combină stilul neoclasic cu fațade de o profunzime mai degrabă baroc, cu o turlă de influență Hindu. Elementele metalice sunt folosite cu o logică remarcabilă: atât turnul masiv de zidărie, cât și lucarnele, sprijină pe coloane metalice delicat proporționate, puse în valoare cu o franchete greu de egalat înaintea secolului XX.



b



a



c

fig.2.2.4g **Biserica Saint Augustin, PARIS, Franța (1860-1867)** - Victor Baltard - un exemplu, considerat nefericit, de articulare a arcelor metalice cu designul Romanic-Renascentist al structurii de zidărie.



a



b



c

fig.2.2.4h **St Mary's Church, EALING, Anglia (1866-1873)** - Samuel Sanders Teulon - în această biserică de concepție gotică, cu influențe bizantine, coloane de fier preiau arcadele de zidărie ale navelor.



b

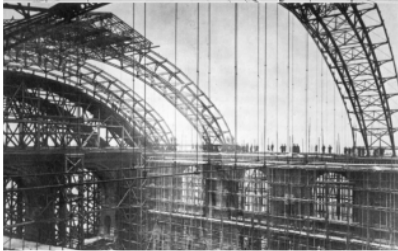




fig.2.2.4i **Anhalter Bahnhof, BERLIN, Germania (1872-1880) - Franz Schwechten** - considerat un avans tehnologic, produs al culturii germane, stilul național 'Rundbogenstil', rezultat din combinația rigorii clasice cu limbajul medieval romanic, expresie a materialelor de construcție aflate la dispoziție în spațiul German, avea să se dovedească foarte potrivit cu marea structură de acoperire pe arce din fontă. Deschiderea de 62m la acoperirea peroanelor, cea mai mare de pe continent, reprezintă un adevărat pas înainte în domeniul clarității și coerenței organizării.



a



b



d



e



fig.2.2.4j **Gara din Amsterdam, Olanda (1881-1889) - Pierre Cuijper** - acoperișul funcțional din fier și sticlă al peroanelor se împletește cu clădirea ce combină elemente romanice și renașcentiste.

a



b



c



d

2.3 Curente premoderne

2.3.1 Școala Chicago

fig.2.3.1a **Clădire comercială de pe strada Jamaica**, GLASGOW, Scoția (1855) - arh. necunoscut. - unul din exemplele care pot fi creditate ca eventual model pentru noua tipologie a construcțiilor comerciale multietajate, total atipic pentru perioada în care a fost construit. Fațada realizată complet din fontă păstrează urma arcadelor ce par a proveni de la modelul 'palazzo'.



fig.2.3.1b **Oriel Chambers**, LIVERPOOL, Anglia (1864-1865) - Peter Ellis - multe din elementele devenite normă în construcția 'zgârie-nor' se regăseau deja în această clădire: ferestre bovindow concepute ca unități prefabricate care exprimă construcția modulară a clădirii, vitrajul fațadelor posterioare, scos în consolă, ce constituie un exemplu timpuriu de fațadă cortină.



a



b

fig.2.3.1c **16 Cook Street**, LIVERPOOL, Anglia (1866) - Peter Ellis - la fel ca și Oriel Chamber, sau clădirea de pe strada Jamaica, acest edificiu își poate revendica primatul în domeniul noii tipologii constructive.





fig.2.3.1d **Leiter Building**, CHICAGO, S.U.A. (1879) - arh.ing. William le Baron Jenney folosește o structură scheletală ce poate fi considerată independentă. Greutatea celor cinci planșee, aici pe grinzi de lemn, era preluată în totalitate pe stâlpi de fontă, pilele de zidărie ale fațadei având doar rol autoportant.

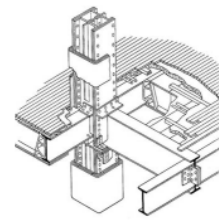
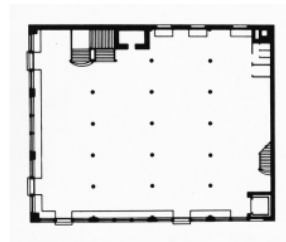


fig.2.3.1e **Montauk Block**, CHICAGO, S.U.A. (1882-1883) - arh.ing. John Root și arh. Daniel Burnham - cea mai înaltă clădire din Chicago la momentul finalizării, avea să se dovedească remarcabilă prin însăși forma de abordare a proiectării, caracteristică mai degrabă construcțiilor funcționale. Acest edificiu cu zece niveluri era susținut de un schelet metalic interior și o fațadă portantă de zidărie. Contribuția importantă pe care John Root avea să o aducă în această construcție rezidă în două inovații esențiale ce vin mai degrabă din domeniul ingineriei: placarea grinzilor structurale cu elemente ceramice cu goluri, ce creștea substanțial rezistența la foc a construcției, și sistemul de fundare, cu șine de cale ferată încastate în beton, ce făcea posibilă distribuția greutății unei clădiri de asemenea dimensiuni pe solul mlăștinos al orașului Chicago.



fig.2.3.1f **Home Insurance Building**, CHICAGO, S.U.A. (1883-1885) - arh.ing. William le Baron Jenney - clădirea care își revendică primatul în utilizarea sistemului constructiv 'zgârie-nor', considerată pasul decisiv în evoluția structurii în cadre de fier și oțel. Întreaga clădire, inclusiv fațadele, descarcă aici pe un schelet metalic format din stâlpi cilindrici din fontă și chesoane din fier forjat și grinzi cu profil I din fier forjat și oțel.

fig.2.3.1g **Marshall Field Wholesale Store**, CHICAGO, S.U.A. (1885-1887) - arh. Henry Hobson Richardson - clădirea care avea să marcheze un punct culminant în încercarea de restilizare a palatului renașcentist. Într-un concept logic și expresiv greu de egalat, structura internă modulară ordonează ritmul arcadelor și organizează fațada, în timp ce grosimea exprimată a zidăriei însoțește și accentuează gradarea verticală obținută prin reducerea dimensională a arcadelor ce înrămează suprafețele vitrate, a scării de texturare și chiar a dimensiunii blocurilor de zidărie.



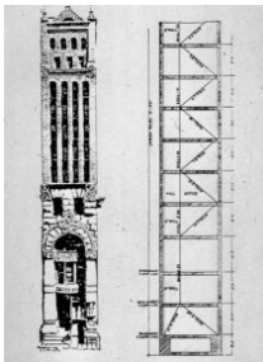
fig.2.3.1h **Rookery Building**, CHICAGO, S.U.A. (1885-1886) - Burnham & Root. O structură de tranziție ce folosește atât structura scheletală cât și zidăria portantă.



fig.2.3.1i **Auditorium Building**, CHICAGO, S.U.A. (1890) - Adler & Sullivan. Cea mai mare clădire din Statele Unite în momentul finalizării. Fațadele din zidărie portantă preiau stilul Richardsonian adaptând-ul pentru mai multe niveluri.



fig.2.3.1j **Willoughby Building**, CHICAGO, S.U.A. (1887) - Leroy Buffington, cel care avea să scoată un patent pe construcția cu sistem scheletal în 1888 - fațadele de la stradă sunt aproape complet din sticlă așezată între stâlpi din fontă și grinzi parapet din fier forjat. Ornamentul greoi distrage atenția de la ceea ce ar fi un caroiaj deschis de pile înguste ce încadrează ferestrele largi.



a

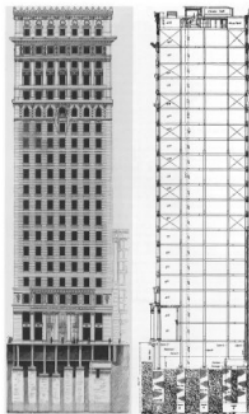


b

fig.2.3.1k **Tower Building**, NEW YORK, S.U.A. (1888-1889) - prima clădire construită pe noul sistem la New York, soluția fiind impusă de amplasamentul extrem de îngust pe care o variantă cu fațadă de zidărie nu era fezabilă. Ornamentul rămâne aici istorist.



a



b

fig.2.3.1l **American Surety Building**, NEW YORK, S.U.A. (1894-1896) - arh. Bruce Price - exemplu caracteristic de sistem structural 'zgârie nori' împachetat în ornament istorist.

fig.2.3.1m **St James Building**, NEW YORK, S.U.A. (1897-1898) - arh. Bruce Price - exemplu caracteristic de sistem structural 'zgârie nori' împachetat în ornament istorist.



fig.2.3.1n **Park Building**, PITTSBURGH, S.U.A. (1897-1898) - arh. George B. Post - exemplu caracteristic de sistem structural 'zgârie nori' împachetat în ornament istorist.

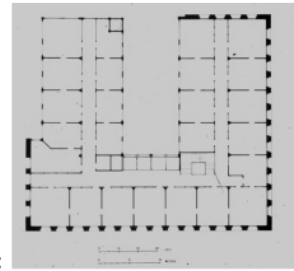


fig.2.3.1o **Leiter Building II**, CHICAGO, S.U.A. (1889-1890) - arh. ing. William le Baron Jenney și William Bryce Mundie - una dintre cele mai impresionante lucrări de arhitectură comercială în spirit empiric. Traveile extraordinar de largi și înălțimea de nivel neobișnuită, combinată cu stâlpii zvelți de oțel, produc un efect dinamic de deschidere și spațiu. Scheletul din oțel și fier forjat devine aici mijlocul expresiei arhitecturale.





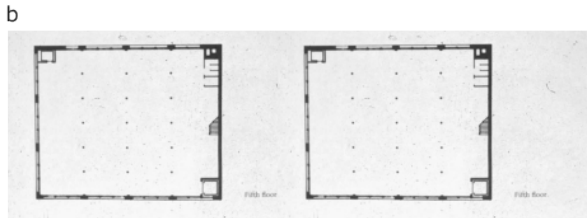
fig.2.3.1p **Wainwright Building**, CHICAGO, S.U.A. (1890-1891) - ing. Dankmar Adler, arh. Louis Sullivan - încorporează exemplar teoriile lui Sullivan privind compoziția tripartită.



a b c



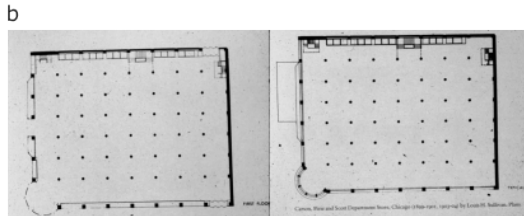
fig.2.3.1q **Guaranty Building**, Buffalo NEW YORK, S.U.A. (1896) - ing. Dankmar Adler, arh. Louis Sullivan - o nouă temă în designul zgârie norilor - stâlpii parterului devin aproape liberi, permițând pătrunderea spațiului sub clădire și generând astfel o puternică senzație de volum.



b



fig.2.3.1r **Carson Pirie & Scott Department Store**, CHICAGO, S.U.A. (1903-1904) - ing. Dankmar Adler, arh. Louis Sullivan - în afara pavilionului rotund de colț, accentul pus pe verticală dispăre. Ferestrele largi 'Chicago' sunt tăiate în teracota albă, formând o rețea ordonată de cadrele din oțel structural, care generează mai degrabă un efect orizontal. Aici ultimul nivel avea să fie cel retras, exprimând partea superioară a pilelor ca mici colonete ce stau libere sub placa acoperișului.



b

a

2.3.2 Art Nouveau

fig.2.3.2a **Fabrica de ciocolată Menier,** NOISEL, Franța (1871-1873) - Jules Saulnier - folosește oțelul într-un sistem structural ce amintește formal de casele franțuzești din lemn și zidărie. Un schelet metalic cu contravânturi diagonale preia încărcările planșelor și le descarcă pe fundațiile așezate în albia râului. Închiderilor din cărămidă le rămâne aici strict rolul de anvelopantă.

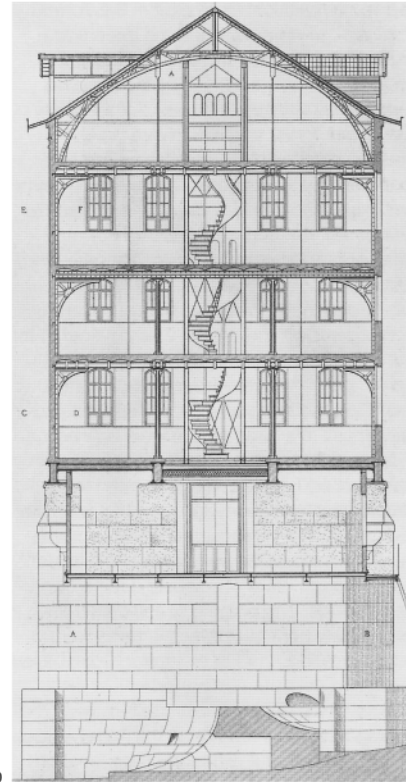


fig.2.3.2b **Casa Tassel,** BRUXELLES, Belgia (1893-1894) - arh. Victor Horta - structura metalică, folosită într-o manieră expresivă absolut originală, permite deopotrivă legarea flexibilă a scârilor și podestelor intermediare cu încăperile așezate pe jumătăți de nivel și inundarea spațiilor cu lumină. Întreg ansamblul gravitează în jurul acestui miez, ce primește rolul ceremonial de primire a oaspeților.

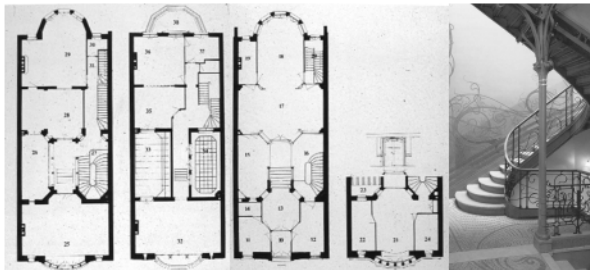




fig.2.3.2c **Hotel Solvay**, BRUXELLES, Belgia (1895-1900) - arh. Victor Horta - se poate observa o exprimare mai sobră a structurii metalice la interior, o abordare ce generează imagini cel puțin inedite pentru acea perioadă.



fig.2.3.2d **Casa Van Eetvelde**, BRUXELLES, Belgia (1895) - arh. Victor Horta - fațada, de un stil aproape Sullivanian, exprimă sistemul de închidere compus din casete de fier forjat fixate între arcade de fontă aparente. Salonul reprezintă o capodoperă ce depășește poate casa de scară a casei Tassel.

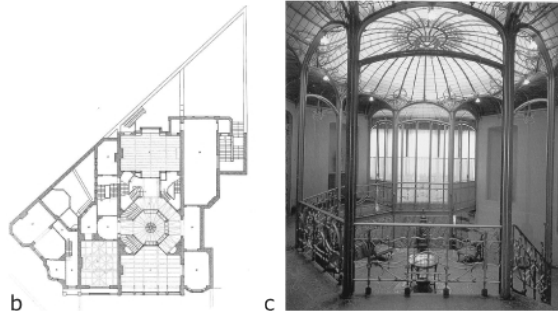


fig.2.3.2e **Maison du Peuple**, BRUXELLES, Belgia (1896-1899) - arh. Victor Horta - o mare parte a peretelui exterior constă într-un schelet metalic aparent, așezat între masivele de zidărie care definesc lateralele și traveea de intrare. Auditoriumul avea să fie adevăratul succes a lui Horta. Grinzile din fier forjat, ce susțineau acoperișul, formau un sistem structural complex împreună cu galeriile laterale. Curbele extrem de expresive erau esențialmente structurale. În jurul acestui cadru structural auditoriumul este închis doar cu ajutorul sticlei și al plăcilor opace susținute de rame metalice, într-un sistem asemănător mai degrabă cu pereții cortină de la mijlocul secolului XX.

fig.2.3.2f **Innovation Department Store**, BRUXELLES, Belgia (1901) - fațada, realizată aproape în întregime din metal și sticlă, este un remarcabil exemplu de desen decorativ Art Nouveau la scară arhitecturală.



fig.2.3.2g **Metro Paris**, PARIS, Franța (1898-1901) - arh. Hector Guimard - proiectul presupunea confecții executate complet din fontă. Virtuozitatea lor este cu atât mai surprinzătoare cu cât reprezintă produse de serie.

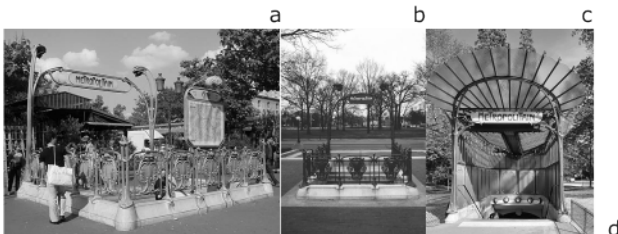


fig.2.3.2h **Samaritaine**, PARIS, Franța (1905) - arh. Frantz Jourdain - magazin universal din Parisul începutului de secol care a folosit structura de metal cu un succes notabil.





a

fig.2.3.2i **Grand Bazar de la Rue de Rennes, PARIS, Franța (1905)** - arh. Henry Gutton - relevă din plin ușurința și finețea construcției de metal și sticlă.

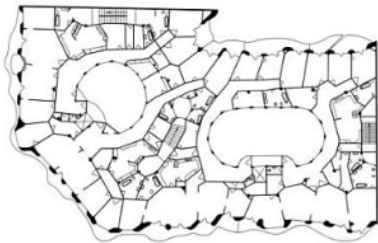


b



a

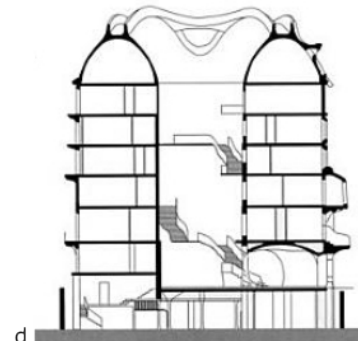
fig.2.3.2j **Casa Milà, BARCELONA, Spania (1905-1910)** - arh. Antoni Gaudí - deși nu poate fi considerată un exemplu tipic de arhitectură Art Noveau, reprezintă indiscutabil o capodoperă. Structura metalică neexpusă era folosită eminent ca un schelet portant ce lasă liberă forma fațadelor și a compartimentărilor interioare. Oțelul este prezent aici în forma lui cea mai puțin tectonică, într-un sistem constructiv foarte asemănător cu cele care fac posibilă astăzi construcții organice sau sculpturale.



b



c



d



e

2.4 Curențe moderne

2.4.1 Protoraționalism

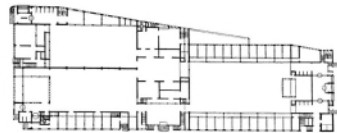
fig.2.4.1a **Amsterdam Beurse**, AMSTERDAM, Olanda (1896-1903) - arh. Hendrik Petrus Berlage - păstrând un exterior de zidărie tratat oarecum asemănător stilului Richardsonian, construcția se evidențiază prin structura acoperișului, ce marchează puternic atmosfera spațiului interior. Forma, expresia lipsită de ornament aplicat, detaliile de îmbinare atent rezolvate, sunt toate elemente care pun în valoare exemplar calitățile oțelului.



a

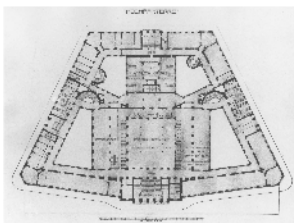


b



c

fig.2.4.1b **Postsparkasse**, VIENA, Austria (1904-1906) - arh. Otto Wagner - acoperișul curții se evidențiază aici într-o altă formulă: dacă la Berlage scheletul metalic își punea amprenta puternic asupra spațiului interior, la Wagner avem de a face cu o soluție structurală ascunsă în spatele aluminiului și sticlei lăptoase.



a



b



c

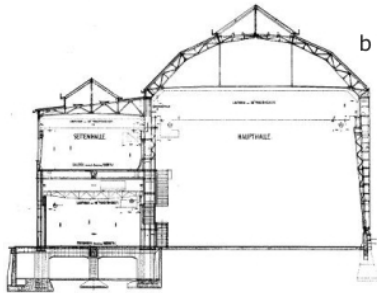


d



fig.2.4.1c **Turbinenfabrik** AEG, BERLIN, Germania(1908-1909) - arh. Peter Behrens - betonul armat și oțelul se regăsesc aici alături într-o formulă de excepție. Deși avem de a face cu un program industrial, construcția nu mai este considerată un obiect pur utilitar. Ea preia rolul de imagine a companiei în care muncitorii ar trebui să fie mândri că lucrează. Spațiile sale luminoase, ce își propun să readucă bucuria de a munci, se supun regulilor funcționale, fără să piardă din vedere nevoia de reprezentare.

a

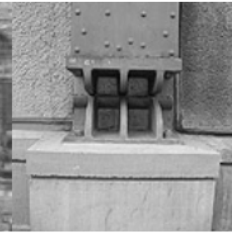


b



c

d



2.4.2 Expresionism

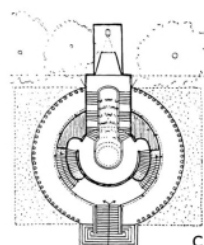


fig.2.4.2a **Glaspalast**, KÖLN, Germania (1914) - arh. Burno Taut - oțelul, mai rar folosit în arhitectura expresionistă, are aici rolul de a susține închiderile unei arhitecturi de sticlă.

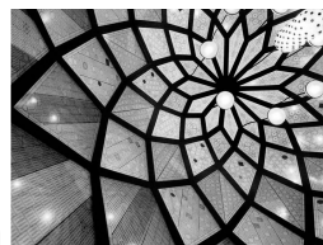
a



b



c



d

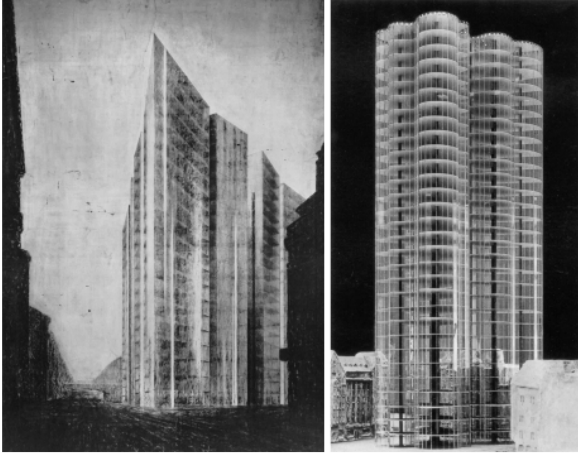


fig.2.4.2b **Proiect de concurs pentru zgârie nori de sticlă, KÖLN, Germania (1914)** - arh. Ludwig Mies van der Rohe - o variantă de clădire înaltă a arhitecturii expresioniste de sticlă.

2.4.3 Futurism; Constructivism

fig.2.4.3a **Turnul lui Tatlin**, pentru A Treia Internațională din 1919 - Vladimir Tatlin - turnul de 300m, ce se dorea construit din oțel și sticlă, materialele produse de noua industrie, propunea o structură simbolică în spirală, conținând volume platonice în mișcare.

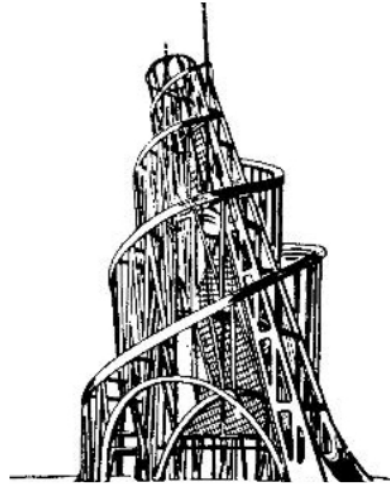


fig.2.4.3b **Restaurant propunere**, (1922) - Simbirchev - consola uriașă propusă ca structură pentru acest restaurant, dovedește încrederea 'oarbă' în potențialul încă neexploatat al structurilor metalice.

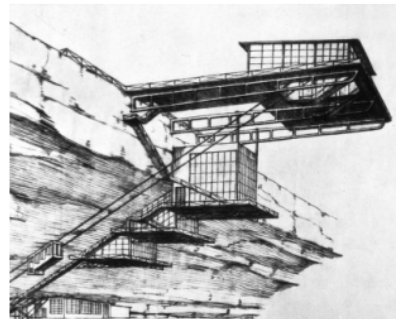


fig.2.4.3c **Turnul Pravda,**
LENINGRAD, Rusia (1924) - arh.
Alexander Vesnin.



fig.2.4.3d **Turnul Radio,** MOSCOVA, Rusia
(1922) - ing. Wladimir Grigorjewitsch Schuchow - deși
propunerea inițială ar fi fost mai înaltă decât turnul
Eiffel, datorită sistemului constructiv cu paraboloizi
hiperbolici reticulați, pus la punct de Schuchow pentru
turnuri de apă, ar fi trebuit să cântărească un sfert din
greutatea acestuia.



2.4.4 Neoplasticism

fig.2.4.4a **Casa Schröder**, UTRECHT, Olanda (1924-5) - arh. Gerrit Rietveld - pentru a induce senzația deliberat antigravitațională de plutire, structura convențională din zidărie și lemn este ajutată aici de elemente liniare din oțel.



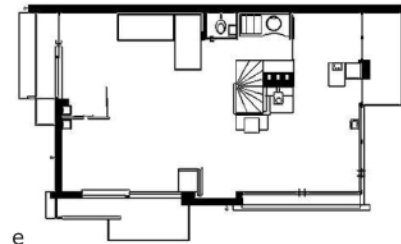
a



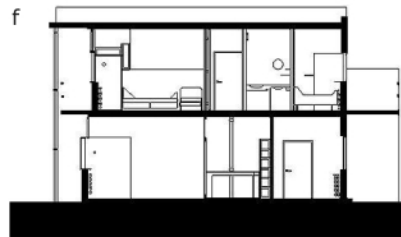
d



b



e



f

c

2.4.5 Raționalism; Stilul internațional

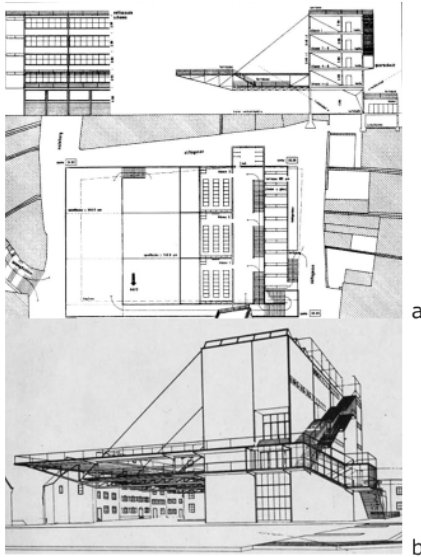


fig.2.4.5a **Petersschule**, BASEL, Elveția (1926) - arh. Hannes Meyer și Hans Wittwer - pentru a susține platforma ce oferea spațiul necesar curții de recreație sunt prevăzute grinzi cu zăbrele suspendate de masivul din beton armat. Soluția structurală imaginată de arhitecți, relevă încă ceva din entuziasmul limbajului constructivist ce se regăsea în primele proiecte, încă neexecutate, ale perioadei.

fig.2.4.5b **League of Nations**, GENEVA, Elveția (1926-1927) - arh. Hannes Meyer și Hans Wittwer - proiectul de concurs a cărui rigoare a fost pusă la îndoială din cauza 'compoziției pitorești', își susține raționalismul prin folosirea unei structuri modulare ce ar permite prefabricarea. Oțelul își găsește aici locul în structura reticulată a acoperișului marii săli.

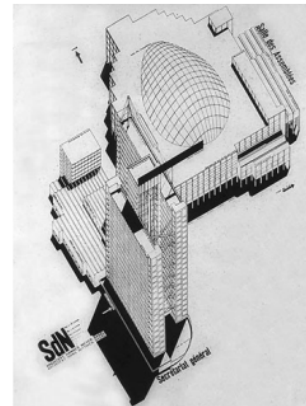
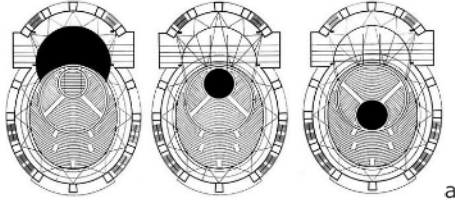
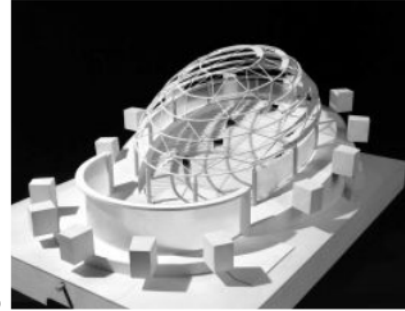


fig.2.4.5c **Fabrica Van Nelle**, ROTTERDAM, Olanda (1926-1930) - Jan Brinkman și Leen van der Vlugt - unul dintre primele proiecte raționaliste executate. Oțelul are aici rolul de a susține pasarele și benzi transportoare ce rezolvă legătura funcțională dintre cele două clădiri cu structură din beton armat.

fig.2.4.5d **Teatrul Total**, , (1927) - arh. Valter Gropius - structura reticulată din oțel, propusă pentru acoperirea sălii mari a League of Nations, avea să fie propusă mai târziu și la proiectul pentru Teatrul Total.



a

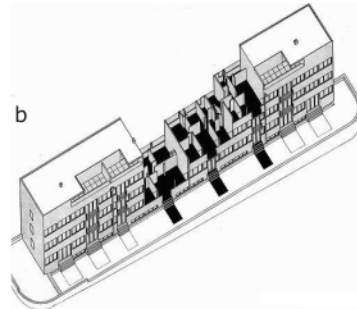


b

fig.2.4.5e **Bloc de locuințe în Weissenhof**, STUTTGART, Germania (1927) - arh. Mies van der Rohe - conceput pe o structură scheletală de oțel cu închideri din cărămidă cu goluri verticale, permitea o utilizare flexibilă a apartamentelor. Acestea erau gândite ca un plan liber, în care compartimentările rămăneau la latitudinea fiecărui chiriaș sau proprietar.



a



b

c



b



d



fig.2.4.5f **Lovell Health House**, LOS ANGELES, S.U.A. (1927-1929) - arh. Richard Neutra - expresie arhitecturală derivată direct din structura scheletală finisată cu panouri ușoare. Scheletul dens de oțel, integrat în compoziția abstractă de plane transparente și opace, este expus pe alocuri intenționat, devenind montant al tâmplăriei sau suport al balcoanelor în consolă.

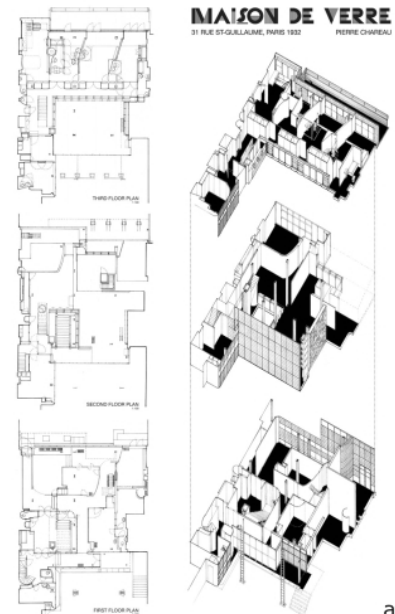
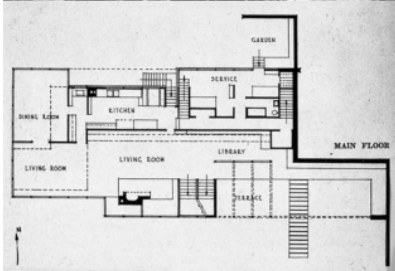


fig.2.4.5g **Maison de Verre**, PARIS, Franța (1928-1932) - arh. Pierre Chareau - oțelul, devenit pentru prima dată componentă de lux, este folosit peste tot, de la structura portantă la elementele de mobilier. Cerute între altele și de motive funcționale, având în vedere condițiile de amplasament care impuneau preluarea ultimului nivel al unei foste clădiri, structura metalică, componentele structurale și detaliile de îmbinare caracteristice, sunt expuse și tratate cu mare prețiozitate, transformând soluția "industrială" în imagine simbol.

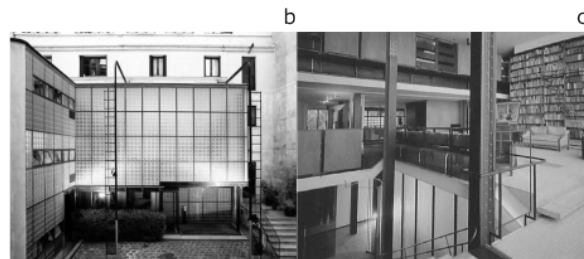
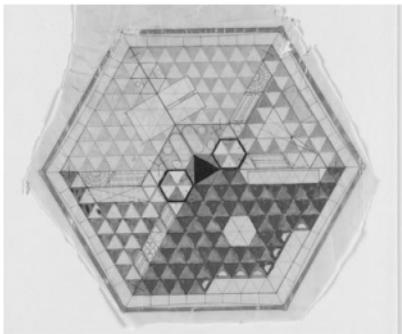
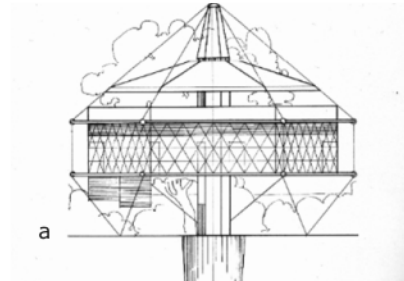


fig.2.4.5h **Dymaxion House, (1927)** - arh. Richard Buckminster Fuller - fără să își pună prea mari probleme legate de imagine sau context, această casă era gândită pentru producția de serie. Construcția cu schelet metalic presupunea două plane hexagonale paralele, cel de călcare și cel de acoperire, îmbinate între ele cu elemente reticulare. Acestea erau fixate de un stâlp central pe sistemul roților spițate. Pornind de la principiul maximei eficiențe, această formă se impunea, în viziunea lui Fuller, ca „singură și inevitabilă soluție”.



b



a



c

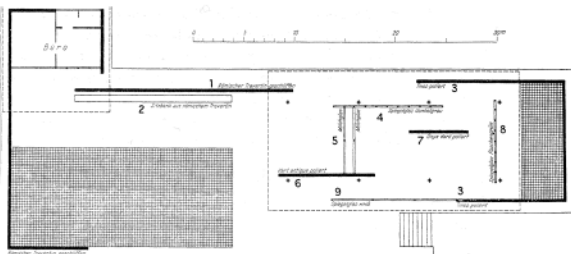
fig.2.4.5i **Pavilionul German al Expoziției Internaționale de la Barcelona, Spania (1929)** - Mies van der Rohe - aflat sub o evidentă influență Neoplasticistă, pavilionul mizează pe susținerea planșeului de către un schelet metalic care oferă libertate deplină prețioaselor suprafețe verticale ce joacă rolul de 'moderator - modelator' al relațiilor spațiale. Supte, în această determinare a cerințelor pur estetice, componentele structurale verticale primesc rolul de ordonator al compoziției, stabilind esențiale puncte de articulare între spațiile aflate într-un echilibru compozițional perfect.



a



b



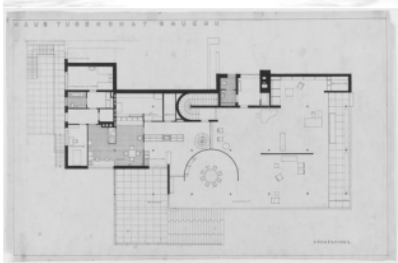
c



d



fig.2.4.5j **Tugendhad House**, BRONO, Cehia (1928-1928) - arh. Mies van der Rohe - o variantă funcționalizată a pavilionului de la Barcelona.



a



c



fig.2.4.5k **Eames House**, LOS ANGELES, S.U.A. (1949) - arh. Charles și Ray Eames - unul din exemplele demne de menționat, produse de Case Study House Program a lui John Entenza, ce își propunea să ofere soluții de locuire modernă exemplară la un preț rezonabil. Avem aici o mostră clară a preocupării intense pentru promovarea structurilor de oțel în construcția de locuințe din primii ani de după război.

a



b



c



d

2.4.7 Art Deco

fig.2.4.7a **Chrysler Building**, NEW YORK, S.U.A. (1930) - arh. William Van Alen - cea mai înaltă clădire din lume la momentul deschiderii, susținută de o structură metalică, își impunea mărimea printr-o 'fleșă' decorativă în stil cvasi-gotic, placată cu oțel inoxidabil.



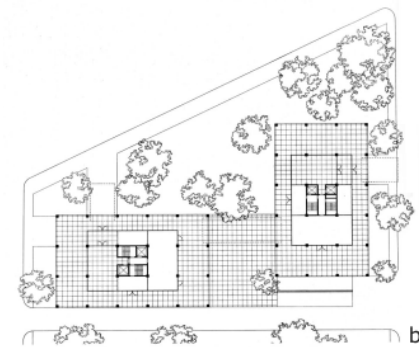
fig.2.4.7b **Rockefeller Center**, NEW YORK, S.U.A. (1930-1939) - arh. Raymond Hood, arh. Wallace Harrison - ansamblu art deco de zgârie nori pe structură metalică, o reprezentare monumentală a spiritului capitalismului înfloritor.



2.4.8 Modernism târziu



fig.2.4.8a **Lake Shore Drive Appartement Building**, CHICAGO, S.U.A. (1948-1951) - arh. Mies van der Rohe - o primă formulare coerentă a sistemului constructiv pentru clădirea multietajată înaltă. Structura metalică protejată cu beton îmbrăcat în oțel vopsit negru, este adusă în planul fațadei și exprimată printr-un profil I standardizat; un profil care, dispus continuu pe linia montanților tâmplăriei, are atât rolul ordonator, cât și funcția de rigidizare a fațadei cortină.



b



c



fig.2.4.8b **Seagram Building**, CHICAGO, S.U.A. (1954-1958) - arh. Mies van der Rohe și arh. Philip Johnson - sistemul constructiv consacrat de Lake Shore Drive, dar rafinat la nivel de detalii, avea să îndeplinească aici sarcina de reprezentare a unei corporații de succes. Imaginea rezultată avea să domine pentru o lungă perioadă clădirile înalte de birouri.

fig.2.4.8c **Farnsworth House**, PLANO, Illinois, S.U.A. (1951) - arh. Mies van der Rohe - pornită de la un plan cu simetrie parțială, această soluție avea să reprezinte încercarea de punere în practică la scara unei locuințe a sistemului enunțat la Biblioteca IIT. Liberă de riguroasele prescripții de rezistență la foc ce trebuiau respectate la clădirile înalte, aici elementele structurale sunt exprimate direct.



b

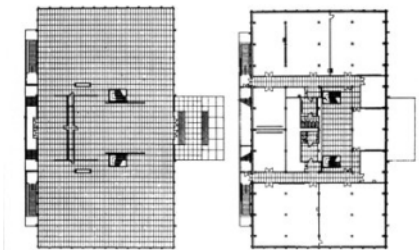


a



c

fig.2.4.8d **Crown Hall IIT**, CHICAGO, S.U.A. (1950-1956) - arh. Mies van der Rohe - concepută pentru a găzdui facultatea de arhitectură a IIT, reprezintă o sinteză a tipului de construcție cu un singur nivel și o singură deschidere, preluat apoi în nenumărate construcții similare.



b



a



c



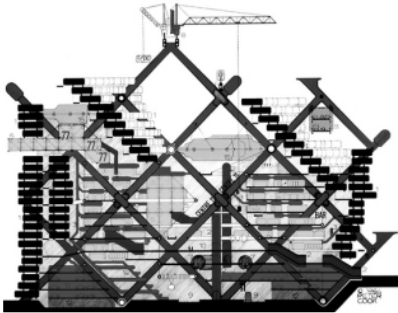
fig.2.4.8e **Neue Nationalgalerie**, BERLIN, Germania (1962-1968) - arh. Mies van der Rohe - acest limbaj arhitectural al profilului industrial standardizat, al cărui expresie avea să fie comparată cu măreția și seninătatea atinse doar de culmile clasicismului, se baza pe un sistem constructiv extrem de rațional, ce avea să fie adoptat pe scară largă în industria de construcții americană începând cu anii 50'.

2.5 Curențe postmoderne

2.5.1 High-Tech



(1)



(2)

fig.2.5.1a (1) orașe în mișcare (Ron Herron, 1964), (2) grile infrastructurale ce înlocuiesc orașul definit de clădiri (Peter Cook, 1964), (3) gigantice cupole din sticlă pe structuri metalice reticulate, al căror rol ar fi acela de a proteja orașul împotriva 'mediului ostil' generat de poluare (Buckminster Fuller, 1960).

(3)



fig.2.5.1b **C e n t r u l**
P o m p i d o u, PARIS, Franța (1972-1977) - arh. Richard Rogers și arh. Renzo Piano - o materializare a retoricii tehnologice și infrastructurale a [grupului] Archigram; în concepția inițială ansamblul funcționa asemenea unui colossal mecanism ce permitea deplasarea tuturor elementelor de definiție spațială, inclusiv a planșeelor.



fig.2.5.1c **Hong Kong and Shanghai Bank**, HONG KONG, China (1986) - arh. Norman Foster - imagine tehnologică a clădirii înalte de birouri, ce exprimă în fațadă o structură de oțel cu stâlpi gigantici, pe care sprijină uriașe grinzi, care preiau câte opt etaje suspendate pe tiranți.



fig.2.5.1d **INMOS Microprocessor Factory**, NEWPORT, Wales (1982) - arh. Richard Rogers - sistemul structural, ce combină grinzi cu zăbrele tridimensionale cu o soluție de suspendare, se dorește a fi expresia directă a soluționării cerințelor economice și funcționale.

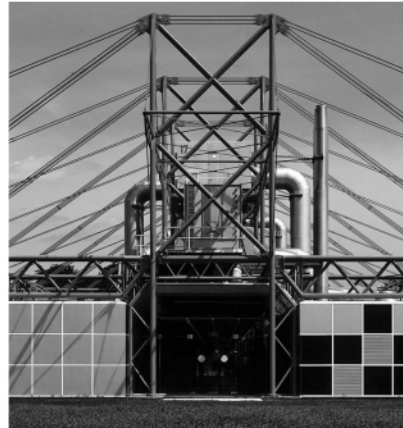


fig.2.5.1e **Olympiapark**, MÜNCHEN, Germania (1968-1972) - arh. Günter Benish, ing. Frei Otto - închiderile în formă de cort cu configurație liberă, susținute de rețelele de cabluri din oțel, devin pentru acest ansamblu infrastructura ordonatoare. Formele structurale impuse de liniile de forță, care în asemenea condiții determină aproape nemijlocit limbajul arhitectural, sunt inedit alăturate în efortul comun de adaptare la teren și nevoi funcționale, generând o fascinantă completare a formei naturale, specifice arhitecturii peisaj



2.5.2 Postmodernism



fig.2.5.2a **Glass House**, NEW CANAAN, Connecticut, S.U.A. (1947) - arh. Philip Johnson - structura portantă se retrace în planul fațadei transparente, alterând imaginea tectonică tipică modernismului raționalist.



fig.2.5.2b **AT&T building**, NEW YORK, S.U.A. (1984) - arh. Philip Johnson - structura modernă de oțel rămâne invizibilă în spatele aparentei masivități a plăcilor de marmură roz, care o îmbracă. Dincolo de trimerite istorice, este reluată chiar tratarea tripartită a fațadelor și accentuarea verticalelor, utilizate și în perioada Art-Deco, ce aveau pe vremea lui Sullivan rolul de a accentua înălțimea devenită posibilă tocmai datorită structurilor metalice.

2.5.3 Deconstructivism



fig.2.5.3a **Falkenstrasse remodelare acoperiș**, VIENA, Austria. (1984) - Coop Himmelb(l)au - proiectul de remodelare a acoperișului unei clădiri de secol XIX pune în valoare calitățile eliberatoare ale structurii metalice.



fig.2.5.3b **H y s o l a r Institute**, STUTTGART, Germania (1986-1987) - arh. Günter Behnisch - îmbinarea aparent întâmplătoare a elementelor de construcție și combinația componentelor prefabricate cu soluții meșteșugărești, în încercarea de a lăsa impresia unui proiect neterminat, reprezintă încă o abordare primitivă a acestui stil care avea în cele din urmă să își bazeze expresia de 'haos controlat' pe imagini bine studiate și structuri atent calculate cu ajutorul programelor de proiectare asistată de calculator.



fig.2.5.3c **Guggenheim Museum**, BILBAO, Spania (1991-1997) - arh. Frank O. Gehry - complicata structură din bare și profile de oțel zincat, devenită posibilă datorită utilizării tehnologiei informatice, se supune docil formelor impuse de gândirea maestrului, rămânând ascunsă în spatele placajului de titan sau contribuind la dinamica generală în zonele transparente de articulație.

2.6 Căutări contemporane

fig.2.6a **Stuttgart Airport**, Germania (1981-1991) - arh. Meinhard von Gerkan - tipic arhitecturii high-tech, expresia este dominată, aici cu preponderență la nivelul spațiului interior, de sistemul structural inspirat de cercetările lui Frei Otto, care în încercarea de a elimina eforturile de încovoiere, transformă stâlpii în structuri arborescente, supuse strict la compresiune.



fig.2.6b **Stadelhofen Station**, Elveția (1983-1990) - arh. Santiago Calatrava - o formă aparte de punere în valoare a expresivității structurii metalice; o creație artistică sculpturală, un expresionism structural dominat de forme inspirate de scheletul uman.



fig.2.6c **Waterloo International Terminal**, Anglia (1988-1993) - arh. Nicolas Grimshaw - eleganța soluției, bazată pe expunerea structurii metalice proiectate de inginerul Anthony Hunt, derivă din medierea dintre dorința de utilizare eficientă a materialului și cerințele contextuale; mediere care transformă modelul pur repetitiv, într-o realitate complexă, adaptată spiritului timpului.

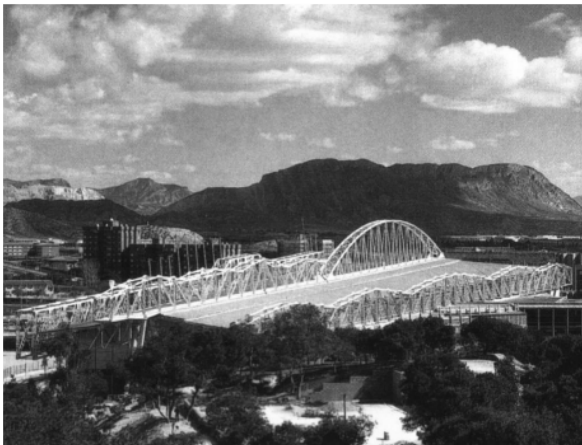


fig.2.6d **Centro de Gimnasia Ritmica y Deportiva**, Spania (1989-1993) - arh. Enric Mirales și arh. Carme Pinos - componentele metalice de la nivelul acoperișului se supun unei forme globale ce mimează undulația telurică, rezultatul fiind transformarea unei structuri de tip High Tech într-un semnal la scara peisajului.

fig.2.6e **KKL**, Elveția (1989-2000) - arh. Jean Nouvel - uriașul acoperiș în consolă de până la 45m pe diagonală, realizat pe o structură metalică, marchează decisiv expresia ansamblului construit.



fig.2.6f **Le Fresnoy Art Center**, Franța (1992-1997) - arh. Bernard Tschumi - expusă nonșalant și lipsită de un control expresiv foarte strict, structura metalică, a cărei formă corespunde deopotrivă matricei arhitecturale și nevoilor structurale, lasă o puternică amprenta pe calitatea spațiilor dintre marea conținător și vechile clădiri.

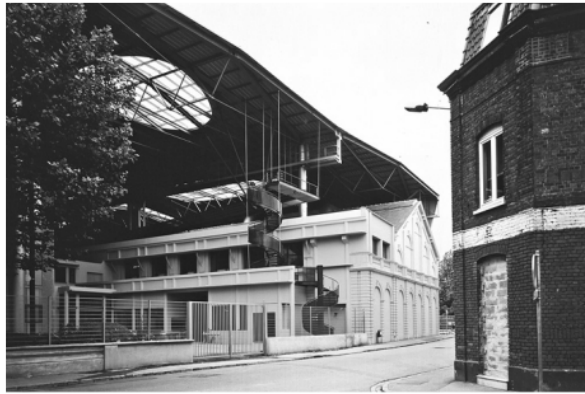


fig.2.6g **Velodrome and Olympic Swimming Pool Berlin**, Germania (1992-1999) - arh. Dominique Perrault - spațiul interior este dominat aici de impresionanta structura metalică proiectată de inginerii de la Ove Arup & Partners, ce face posibile deschideri de până la 115m.





fig.2.6h **WOZOCO Housing**, Olanda (1994-1997) - arh. MVRDV - invizibilă, structura metalică primește totuși un rol deosebit de important, acela de a prelua apartamentele care, nemaigăsind spațiu în cadrul volumului construit, au ajuns să fie suspendate pe fațadă.

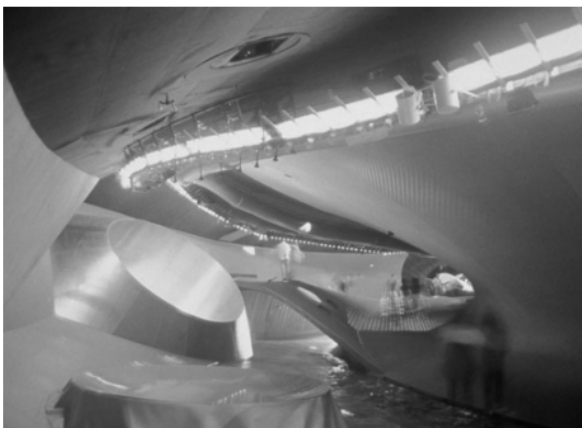


fig.2.6i **Water Pavilion**, Olanda (HtwoOexpo, 1994-1997) - NOX - versatilitatea metalului face posibilă introducerea unui limbaj formal complet nou, unul în care pardoselile devin deopotrivă pereți și pereții deopotrivă tavane.



a

b



fig.2.6j **Acoperișul Great Court - British Museum**, Anglia (1994-2000) - arh. Norman Foster - soluția aparent simplă a formei toroidale, ușor asimetrică, proiectată sub controlul inginerului Stephen Brown de la Buro Happold, mizează din plin pe tehnologia informatică de ultimă oră, cea care face posibilă deopotrivă proiectarea și materializarea numărului mare de componente și noduri diferite.

fig.2.6k **Experience Music Project**, USA (1995-2000) - arh. Frank Gehry - proiectată de inginerii de la Magnusson Klemencic Associates, această soluție structurală cu componente unicat de forme extrem de complexe, a devenit posibilă datorită avansului în tehnologia CAD/CAM.



fig.2.6l **Eden Project**, USA (1995-2001) - arh. Nicholas Grimshaw și inginerii de la Anthony Hunt Associates și MERO - dorința de a reduce la minim consumul de material și umbra lăsată de componentele structurale, determină aici, precum în cazul serelor din secolul XIX, atât forma sistemului structural cât și pe cea a sistemului de închidere.



fig.2.6m **Sendai Mediatheque**, Japonia (1995-2001) - arh. Toyo Ito - structura metalică este invitată să preia în componentele liniare eforturile ce se doreau a fi descărcate, nu în stâlpi, ci în câteva tuburi hiperboloidale care oferă deopotrivă suport, rigidizare și legături spațial-funcționale pe verticală.



a



b

© Naōsato & Partners Inc.

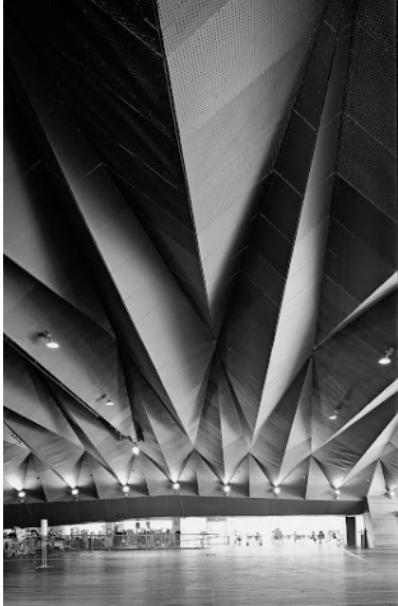


fig.2.6n **Yokohama International Port Terminal**, Japonia (1995-2002) - Foreign Office Architects și ing. Kunio Watanabe - soluția plăcii cutate metalice, deși nu a făcut parte din baza conceptuală a proiectului care câștiga concursul din 1995, a ajuns să satisfacă cu desăvârșire cerințele formale, spațiale și funcționale.

b



fig.2.6o **Millenium Dome**, UK (1996-2000) - arh. Richard Rogers - forma globală, ce contravine mai degrabă formei anticlastice, ce poate fi considerată caracteristică sistemului structural cu pânze întinse, pare să fi fost determinată de considerente simbolice.



fig.2.6p **Oita Stadium**, Japonia (1996-2001) - arh. Kisho Kurokawa - structura metalică se impune datorită mării deschideri și a nevoii de mișcare a acoperișului.

a



b



fig.2.6q **Taipei 101**, Taiwan (1997-2004) - arh. C.Y. Lee - încărcat de semnificație, uriașul turn își ascunde timid structura în spatele unei forme globale tipic postmoderne.



fig.2.6r **Swiss Re**, UK (1997-2004) - arh. Norman Foster - una dintre cele mai importante schimbări pe care le observăm în cadrul acestui edificiu desfășurat pe verticală, ce se dorește o alternativă ecologică high tech pentru clădirea înaltă de birouri, este reconsiderarea participării structurii la construcția imaginii fațadei.



fig.2.6s **Lord's Cricket Ground media centre**, UK (1998-1999) - arh. Future System - pentru a obține imaginea dorită, este ales un sistemul structural alternativ, familiar mai degrabă în domeniile construcției auto, navale sau aerospațiale.





fig.2.6t **Centrul comercial Selfridges din Birmingham, UK** (1999-2003) - arh. Future System, ing. Arup - forma 'bloby' este obținută printr-o fațadă din beton torcretat agățată pe o structură metalică în cadre dispuse neregulat, conformă cu cerințele funcționale.



fig.2.6u **Seattle Central Library, SUA** (1999-2004) - arh. Rem Koolhaas - rețeaua diagonală expusă în fațadă, ce asigură rigiditatea sistemului structural, contribuie aici deopotrivă la expresivitatea ansamblului și spațialitatea extraordinară.

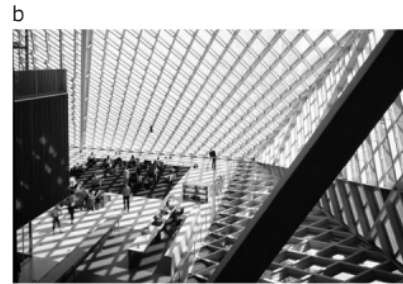


fig.2.6v **Natural Ellipse house, Japonia** (2000-2002) - arh. Masaki Endoh - această formă toroidală se materializează prin intermediul unui schelet metalic cu 24 de inele eliptice, invizibile în spatele cojii albe .



fig.2.6w **New Kunsthaus Graz**, Austria (2000-2003) - arh. Peter Cook și Colin Fournier (Spacelab) - aparența biomorfică îmbracă prin intermediul unei structuri triangulate cu dublă curbură cea mai mare parte a construcției principale de beton armat.



fig.2.6x **Prada**, Japonia (2000-2003) - arh. Jaques Herzog și Pierre de Meuron - structura portantă preia rolul principal, ea se supune însă deopotrivă formei globale impuse de amplasament și matricei funcționale.

fig.2.6y **Allianz Arena**, Germania (2000-2005) - arh. Jaques Herzog și Pierre de Meuron - expresia se obține prin intermediul unei anvelopante a cărei rețea romboidală, dictată de rațiuni expresive, împachetează uniform, independent de grila structurală, atât structura de beton a tribunelor cât și cea metalică a sistemului de acoperire.





fig.2.6z **Sharp Centre**, Canada (2000-2004) - arh. Will Alsop - structura metalică face posibilă ridicarea cutiei conținător deasupra clădirilor învecinate.

fig.2.6aa **Serpentine Pavilion**, UK, (1) Daniel Libeskind (2001), (2) Toyo Ito (2002), (3) SANAA (2009), (4) Jean Nouvel (2010). Cele patru proiecte total diferite, care au mizat toate pe structură metalică, evidențiază deopotrivă versatilitatea și indiferența față de stil a structurii metalice.



(2)



(1)

(3)



(4)



fig.2.6bb **Pavilionul Web of North**, Olanda (2002) - arh. Kaas Oosterhuis - carcasă structurală obținută prin intermediul unei rețele triangulare, cu elemente portante formate din plăci de tablă cu grosime și adâncime variabilă.

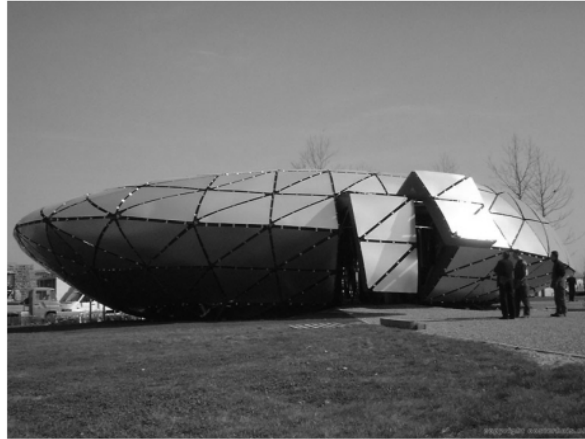


fig.2.6cc **Milan Trade Fair**, Italia (2002-2005) - arh. Massimiliano Fuksas - o formulă structurală cu ochiuri cvadrangulare și triangulare permite materializarea 'vălului' de metal și sticlă ce formează coloana vertebrală a ansamblului.

b



a



fig.2.6dd **CCTV**, China (2002-2010) - arh. Ole Scheeren și Rem Koolhaas - rețeaua structurală diagonală exprimată în fațadă, ce permite menținerea în picioare a formei imposibile, are aici rolul de a îmbogăți expresia arhitecturală.

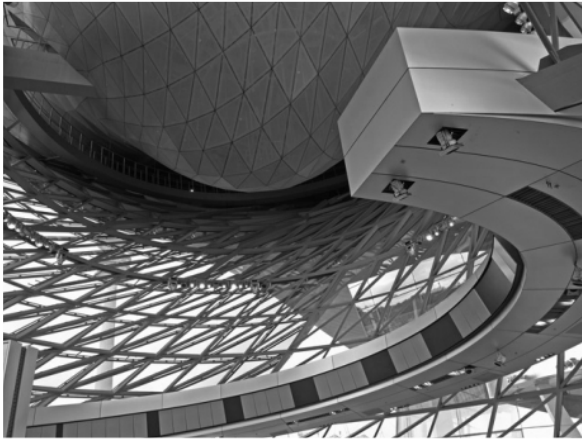


fig.2.6ee **BMW Welt**, Germania (2003-2007) - arh. Coop Himmelb(l)au - configurația liberă a 'norului artificial' devine posibilă tot datorită unei structuri metalice.

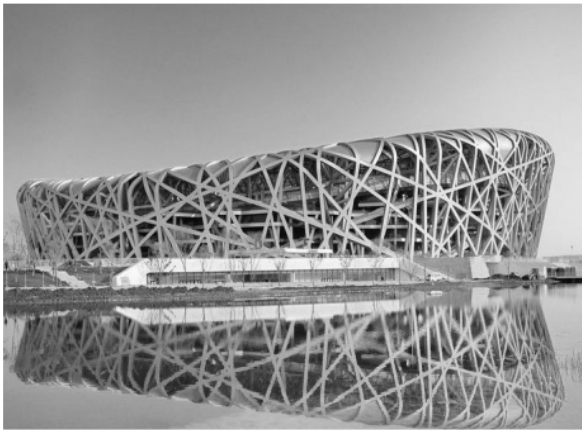


fig.2.6ff **Beijing National Stadium**, China (2003-2008) - arh. Herzog & de Meuron - aranjamentul aparent accidental al componentelor din oțel, face aproape imposibilă distincția dintre elementele structurale principale, secundare și terțiare.



fig.2.6gg **National Aquatics Center**, China (2003-2008) - PTW Architects & Arup - rețeaua structurală, ce are la bază subdiviziunea spațială Weaire-Phelan, generează împreună cu închiderile din ETFE imaginea aparent aleatorie a unui uriaș cub din bule de săpun.

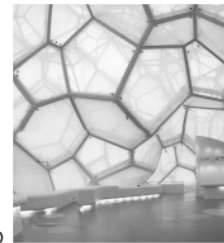


fig.2.6hh **Guangzhou Opera House**, China (2003-2010) - arh. Zaha Hadid - rețeaua metalică triangulată, de formă liberă, care împachetează sălile din beton, este exprimată deopotrivă în exteriorul și interiorul uriașelor 'pietricele' care compun acest ansamblu.



a



b

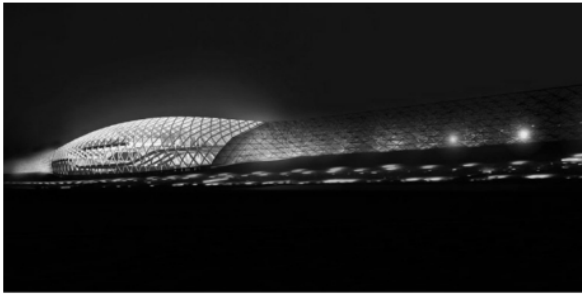
fig.2.6ii **Tea House**, Olanda (2004-2006) - UN Studio - ciudata apariție, care împachetează un buncăr construit în anii 1936, se bazează pe un schelet din profile HEB. Acesta îi permite, profitând de contragreutatea oferită de masivul de beton, ieșirea în consolă cu 14m.



a

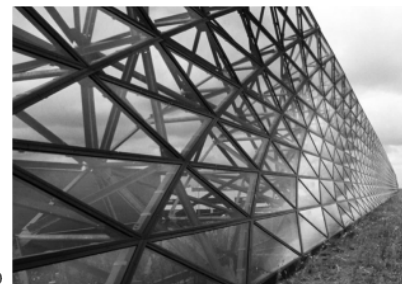


b



a

fig.2.6jj **Ansamblul Hessing Cockpit (2005) și Soundbarrier (2006)**, Olanda - arh. Kaas Oosterhuis - structura metalică, descrisă prin intermediul unui detaliu parametric unic, devine o uriașă plasă cu ochiuri triunghiulare, care prin 'contractii și dilatări' se supune nevoilor expresive și funcționale.



b



a

fig.2.6kk **Pavilionul de la Hinzert**, Germania - arh. Wandel Hoefer Lorch și Hirsch - deși mizează de la început pe imaginea oferită de sistemul portant, forma se supune cerințelor structurale doar în măsura în care acestea impun unghiurile minimale dintre componentele triunghiulare care formează sistemul, astfel încât lucrând împreună ca un continuu să genereze o placă cutată suficient de rigidă.



b



c

ANEXA 2

CARACTERISTICILE STRUCTURILOR METALICE – ILUSTRAȚII

3.2 Semifabricate

fig.3.2.a **Componente liniare sau cu pereți subțiri** caută să pună în valoare la maxim proprietățile structurale ale fontei (Elemente de fațadă - Laing Store).

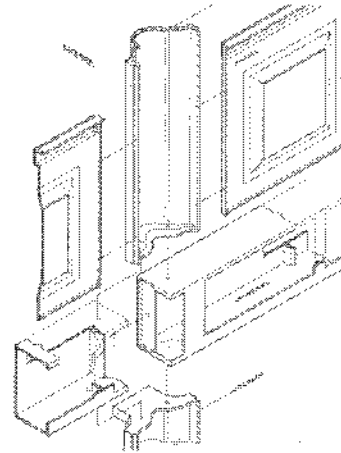


fig.3.2.b **Profile turnate din fontă** - datorită metodei de prelucrare prin turnare, a proprietăților tehnologice, unghiurile exterioare formează muchie vie; unghiurile interioare, pentru a evita vârfurile de sarcină, sunt preluate prin racorduri cu raze relativ mari.

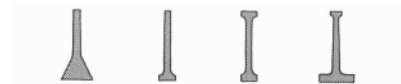


fig.3.2.c **Profile laminate din fier forjat** - materialul maleabil, prelucrat exclusiv prin procedee mecanice, permite obținerea de profile cu secțiuni diverse: platbande, plăci, corniere și bare.

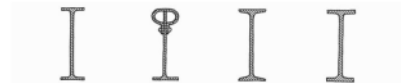


fig.3.2.d **Forme de o mare diversitate din oțel** - în funcție de conținutul de carbon și alte materiale de aliaj, oțelul se pretează în egală măsură la laminare și turnare, făcând posibilă obținerea aproape oricărui tip de formă (Gerberette - Centrul Pompidou).



3.3 Soluții de îmbinare

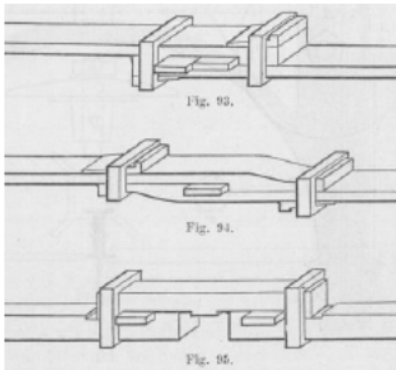


fig.3.3.a Chertări - imitând în bună parte îmbinările folosite în cazul lemnului, unde chertările au un rol extrem de important, buloanele, știfturile și penele, combinate cu modelări specifice ale zonei de îmbinare, au constituit primele variante (detaliu - Coalbrookdale).

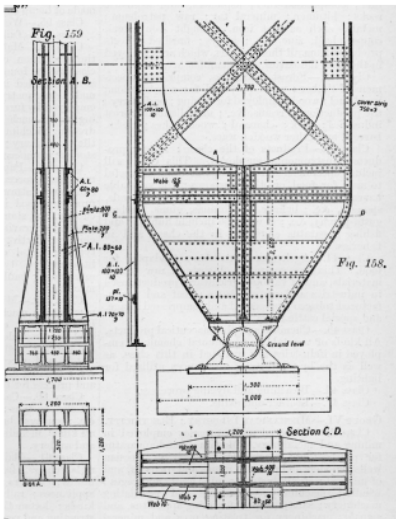
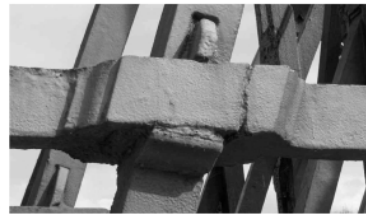


fig.3.3.b Nitui - îmbinări care au reprezentat un pas decisiv în revoluționarea domeniului îmbinării structurilor metalice; ele au permis realizarea de profile combinate și componente structurale din fier forjat și oțel de foarte mari dimensiuni (detalii - Galerie des machines).

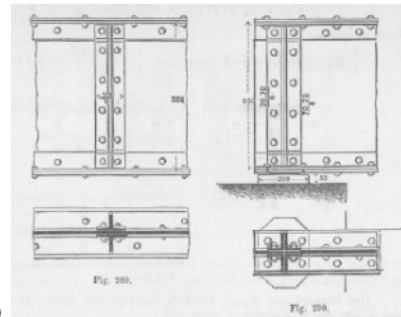


fig.3.3.c Sudura - adevărata revoluție, devenită posibilă datorită proprietăților oțelului, a reprezentat-o sudura. Acest tip de îmbinare face posibilă transformarea ansamblului elementelor puse laolaltă într-un cvasi-continuu (Experience Music Project).

3.4 Componente structurale metalice

fig.3.4.a **Stâlpul și arcul din fontă** - primele componente structurale semnificative, realizate din fontă, care la început înlocuiau pur și simplu componente structurale similare din piatră sau lemn, au fost stâlpul, arcul și grinda (arc -Saint Genevieve).

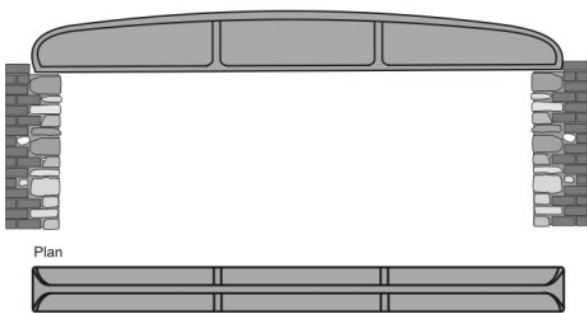
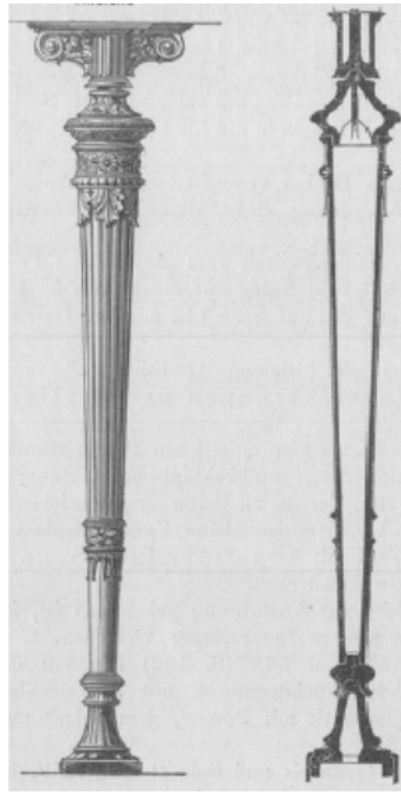
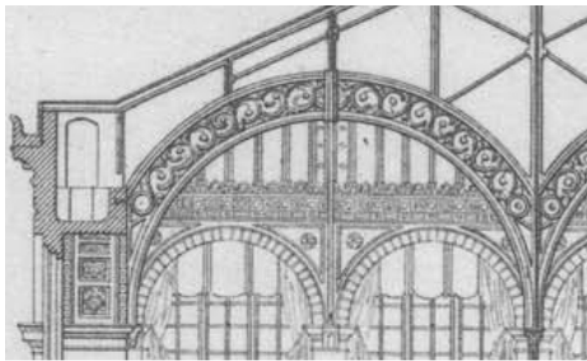


fig.3.4.c **Grinda Polenceau** - la femele cu tiranți putem observa combinații între fier forjat, ce prelua forțele de întindere, și fontă, sau chiar lemn, ce preluau forțele de compresiune.

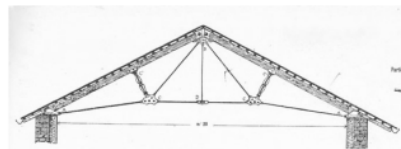


fig.3.4.d **Arc cu fermă cu tiranți** - tiranții inserați între capetele arcului, având rolul de a prelua împingerile laterale, transformau întregul sistem într-unul închis care transmite suporturilor doar încărcări verticale. Soluția permite, pe lângă creșterea substanțială a deschiderilor, reducerea masivității elementelor constructive pe care descarcă acoperișul.

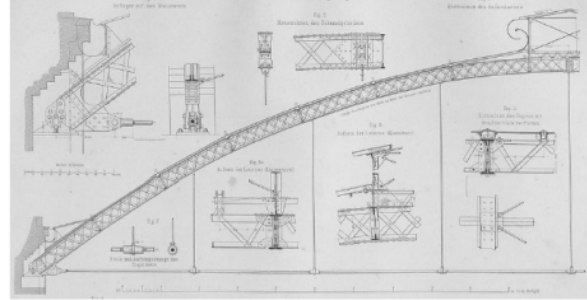


fig.3.4.e **Structură tensionată cu lanțuri din fier forjat** - (Menai bridge).



fig.3.4.f **Structură tensionată cu bare din fier forjat** - (Crathie bridge).



fig.3.4.g **Structură tensionată cu cabluri din oțel** - (Brooklyn Bridge).

fig.3.4.h **Grinda cu zăbrele** - variantă de grindă derivată din ferma cu tirant. Spre deosebire de ferma cu tirant, așa cum o trădează dimensiunea componentelor, la grinda cu zăbrele aceleași componente pot fi supuse în egală măsură la întindere și compresiune

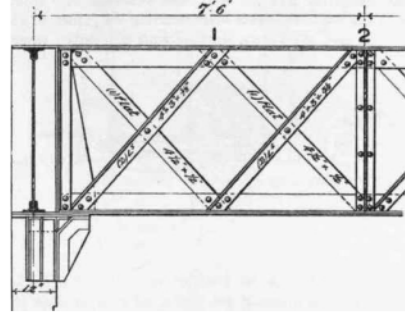


fig.3.4.i **Stâlpi cu zăbrele** - soluția cu zăbrele poate fi folosită cu succes și în cazul stâlpilor



fig.3.4.j **Structuri spațiale** - au capacitatea de a prelua mai eficient încărcările la care este supusă construcția, datorită formelor globale ce se pot obține prin conlucrarea tuturor componentelor (Zeiss - planetarium).



3.6 Dezvoltare pe orizontală

3.6.1 Coloane de fier

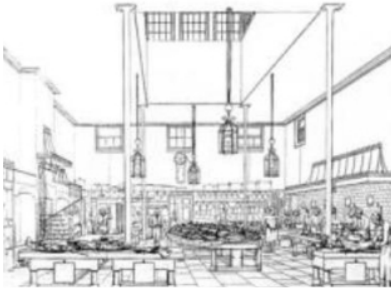


fig.3.6.1 Royal Pavilion (vezi și 2.2.4a) - impuse de nevoia unei suprafețe funcționale mari, neîntrerupte de masive de zidărie, coloanele ce susțin acoperișul bucătăriei, oferind imaginea unui uriaș baldachin, induc privitorului din acele timpuri o expresie derutantă. Pentru a îndulci impactul, în locul proiectului inițial care prevedea capiteluri simple, adaptate scopului, arhitectul va prefera soluția disimulării prin decorațiune a elementelor portante 'disproporționate'.

3.6.2 Arce de fier

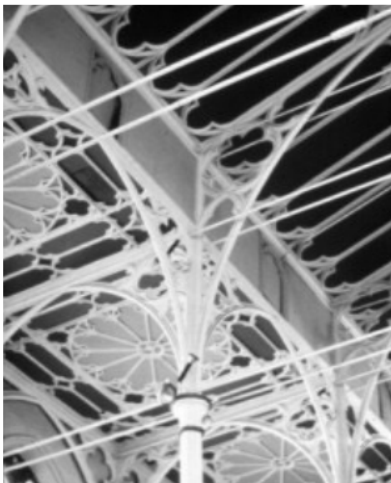


fig.3.6.2a St. George's Church (vezi și 2.2.3d) - imitarea formelor de piatră prin componente metalice avea să ducă la o experiență estetică contradictorie: disproporția elementelor portante, accentuată aici de formele imitative, este percepută a fi cel puțin deranjantă. Componentele structurale nu mai au nici forța necesară definirii spațiului și nici greutatea vizuală care să ofere observatorului încrederea obișnuită în rezistența și stabilitatea construcției.

fig.3.6.2b Hale au Blé (vezi și 2.2.1c1) - uriașa bulă transparentă, susținută de coaste filigrane, ce înlocuia vechea cupolă de lemn, avea să reprezinte cu adevărat relevarea unei noi spațialități. Arcele de fontă, ce converg în oculusul central, închid un spațiu puternic luminat zenital, transformând dramatic imaginea protectoare a cupolei.

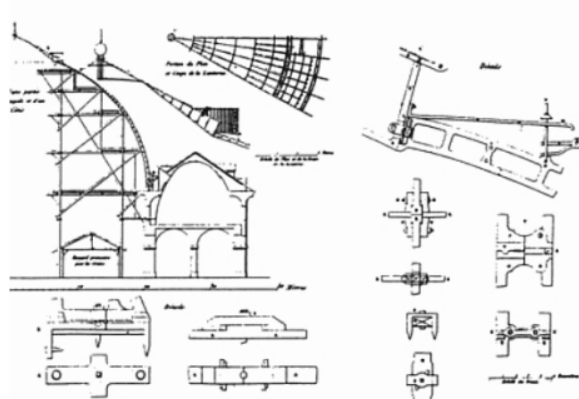


fig.3.6.2c **Coal Exchange** (vezi și 2.2.4b) - cupola de metal și sticlă, susținută de coaste ce continuă structura de fontă a galeriilor interioare, avea să fie asemănată cu o elegantă colivie din elemente de fier.



fig.3.6.2d **Dianabad** (vezi și 2.2.2h) - în lipsa ornamentelor caracteristice materialelor clasice, structura aparentă a acoperișului amintește aici de estetica podurilor construite după reguli empirice.

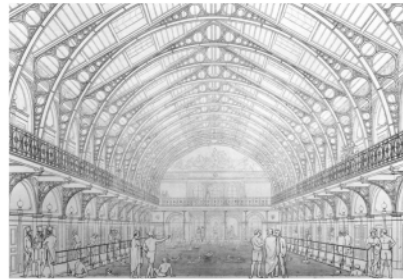
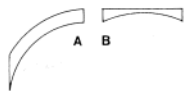
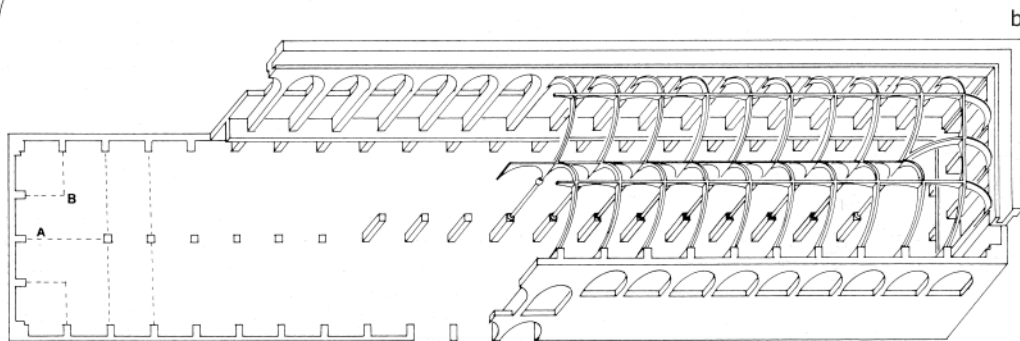


fig.3.6.2e **Saint-Genève** (vezi și 2.2.2j) - principiul bazilical, cu nave boltite susținute de arce din fontă, ce descarcă pe închideri perimetrice de zidărie și stâlpi centrali de asemenea din fontă, reprezintă doar matricea ordonatoare a extraordinarului spațiu, marcat de prezența structurii metalice, al acestei săli de lectură.



a



b



fig.3.6.2f **Oxford Museum** (vezi și 2.2.3l) - acoperișul de sticlă, conceput pe structură cu arce frânte, aici din fier forjat, avea să permită iluminarea zenitală a curții interioare. Spațiul inundat de lumină este marcat și mai puternic de liniile structurale care, deși se supun în cea mai mare măsură limbajului gotic, diferă substanțial atât prin proporția și detalierea componentelor, cât și prin ornamentația, ce pare intenționat adecvată tehnologiei de prelucrare a fierului forjat.

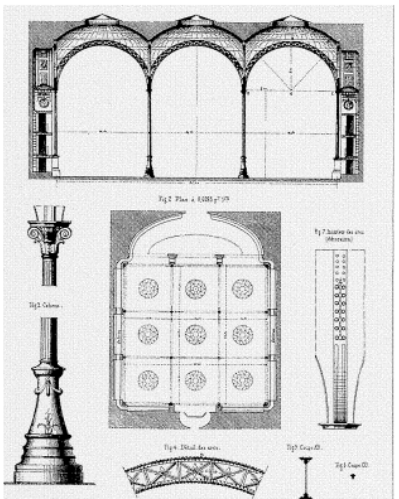
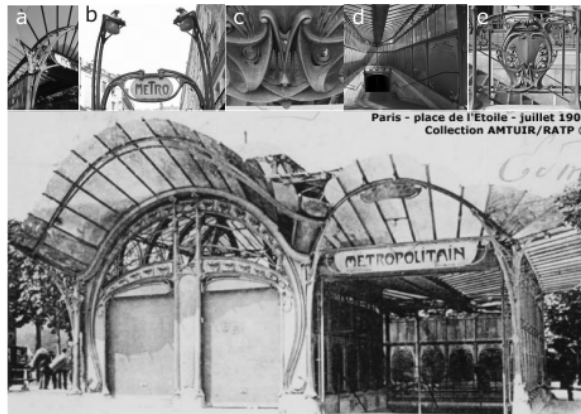


fig.3.6.2g **Bibliothèque Nationale** (vezi și 2.2.2k) - spațiul cuprins între clădirile existente este acoperit printr-o alăturare de nouă cupole din elemente ceramice cu luminator de sticlă, care descarcă pe arce din fier forjat preluate de coloane filigrane din fontă. Întregul sistem structural, stâlpi, arce, cupole luminator, participă, alături de galeriile de acces la rafturi ce înconjoară incinta, la definirea și punerea în valoare a spațiului.



fig.3.6.2h **Stațiile de metrou din Paris realizate de Guimard** (vezi și 2.3.2g) - calitățile tehnologice ale fontei, exploatate aici din plin, dau forma detaliului structural care, modelat în spiritul noii expresii arhitecturale, se contopește în reprezentarea de forță a spiritului timpului. Dacă rezistența superioară oferă suplețea de neegalat, tehnologia de prelucrare prin turnare permite, pe lângă prefabricare, ornamentarea bogată, perfect adaptată geometriei structurale liniare.



3.6.3 Ferme metalice

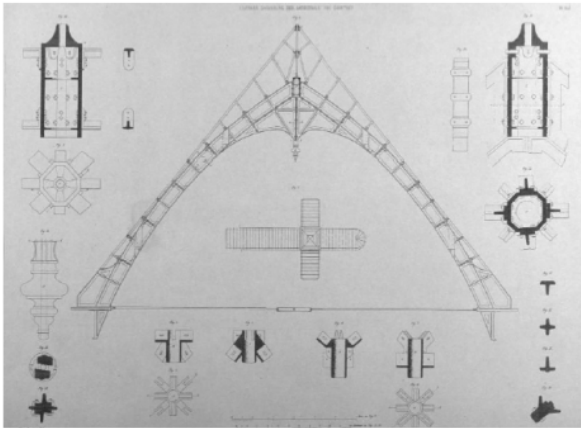


fig.3.6.3a Catedrala Chartres (vezi și 2.2.3.h) - deși structura acoperișului nu a oferit o experiență spațială directă publicului larg, sistemul folosit aici pentru a prelua o deschidere de asemenea dimensiuni cu materiale incombustibile, poate fi considerat un posibil model pentru fermele din fontă și fier forjat utilizate mai târziu.

fig.3.6.3b Gara St.Lazare - sistemul structural cu ferme Polonceau, ce preiau acoperirea peroanelor pe o deschidere de 40m, relevă unul dintre primele spații protejate de o asemenea scară.

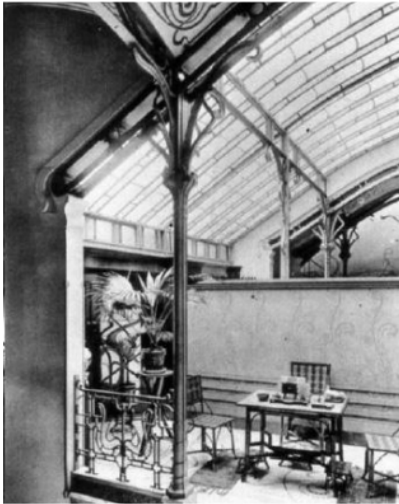


fig.3.6.3c Gara Austerlitz - ferme Polonceau permit aici acoperirea peroanelor pe o deschidere de 52,55m.



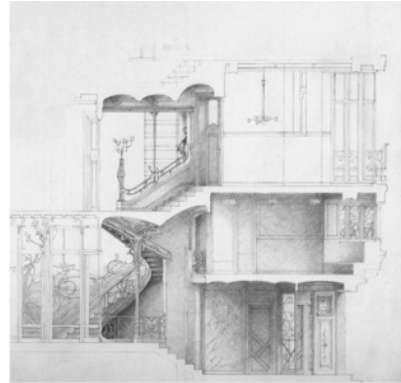
fig.3.6.3d Clădirea Brandbury - cantitatea mare de lumină ce intra prin acoperișul de metal și sticlă, relevă potențialul sistemului structural de a soluționa cerințe inedite.





a

fig.3.6.3e **Maison Tassel** - interiorul luminat prin intermediul acoperișului de metal și sticlă primește rolul principal în articularea și compunerea spațială a interiorului.



b

3.6.4 Arce cu tiranți.



a

fig.3.6.4a **Gara Paddington** - exemplul perfect de utilizare a sistemului de acoperire cu arce cu tiranți. Dacă înălțimea necesară trecerii garniturilor de tren era relativ mică, nefiind deranjată de tiranți care leagă capetele arcelor, spațiul împânzit de tiranți se dovedea util evacuării fumului lăsat de locomotivele cu aburi.

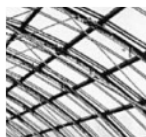


b



a

fig.3.6.4b **Galeria comercială GUMS** - sistemul de arc cu tiranți oblici avea să marcheze un spațiu extrem de interesant. Elementele liniare de mare finețe se pierd pur și simplu în lumina puternică, impresia lăsată fiind aceea a unei uriașe pânze de păianjen

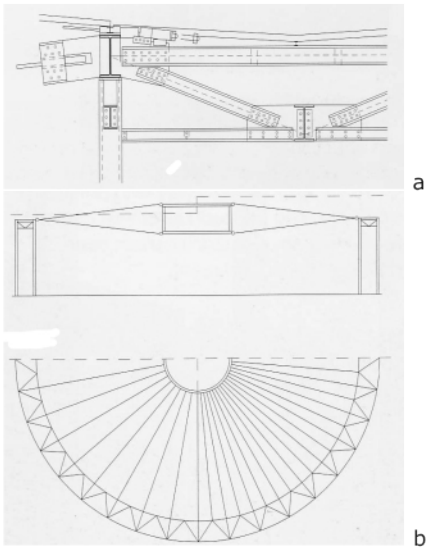


b



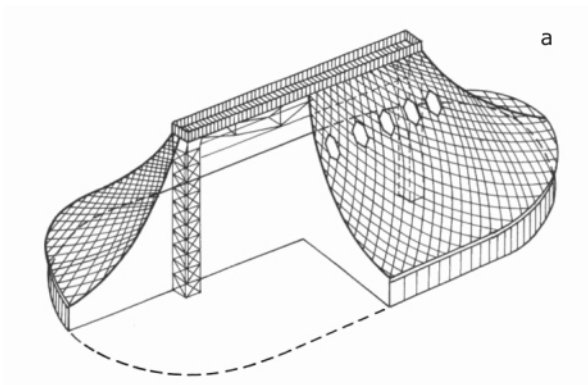
c

fig.3.6.4c **Pavilionul american de la expoziția internațională de la Bruxelles din 1958** - experiența spațială a structurii de acoperire, ce se aseamănă roții spițate de bicicletă, a fost relevată mai ales în faza de șantier a acestei construcții, în care definiția spațiului era dată doar de elementele tensionate extrem de fine.



3.6.5 Structuri tensionate

fig.3.6.5a **Hala All-Russian Exhibition din 1896** - rețeaua de benzi din fier forjat, întinsă între componentele structurale rigide din centru și cele de pe conturul clădirii, reface la o scară impresionantă spațialitatea cortului de circ.



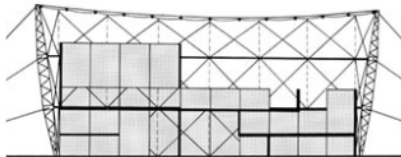
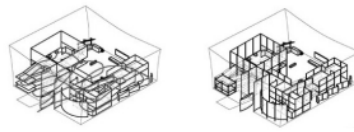
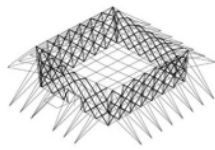


fig. 3.6.5b **Pavilion des Temps Nouveaux 1937** - primul exemplu de scară relativ redusă în care o soluție hibridă, cu componente metalice cu zăbrele, ținute în picioare de cabluri de ancoraj ce întind o rețea de cabluri tensionate, este exploatată într-o formă impusă dincolo de justetea calculului structural.



b

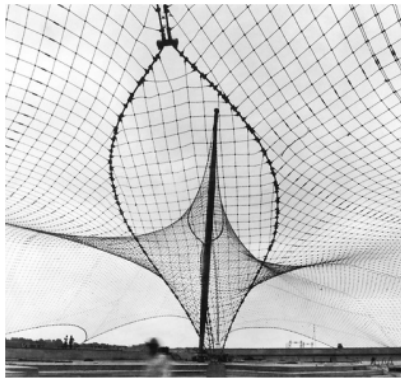


fig. 3.6.5c **Pavilionul german de la Montreal din 1967** - prima materializare independentă de componente rigide a cortului arhetipal, extins aici la o scară colosală. Forma și spațiul, definite de acoperișul transparent susținut de o rețea de cabluri, avea să inspire puternic arhitectura „free-form” din perioada contemporană.



b



c

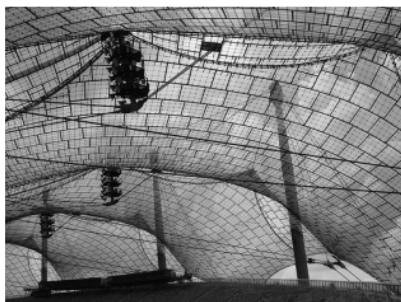


fig. 3.6.5d **Olympiapark** - formele structurale impuse de liniile de forță, care în asemenea condiții generează nemijlocit imaginea arhitecturală, sunt în mod inedit alăturate în efortul comun de adaptare la teren și protejare a funcțiilor necesare, într-o imagine ce continuă într-o manieră fascinantă formele naturale. Succesul acestor soluții avea să stimuleze industria în dezvoltarea unor noduri speciale din oțel turnat care să permită o creștere a încărcărilor preluate de îmbinări.

a

b

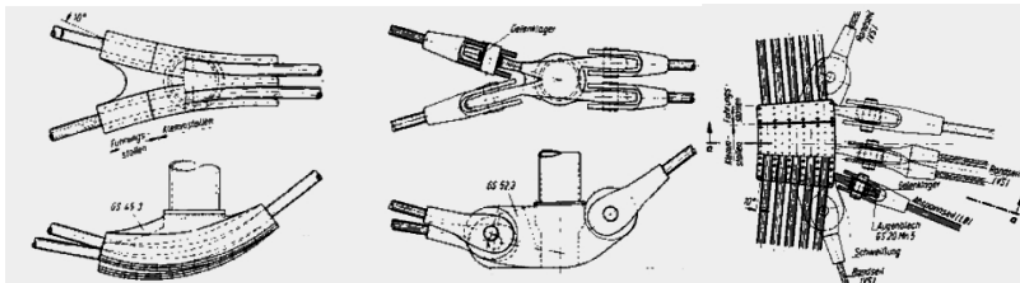
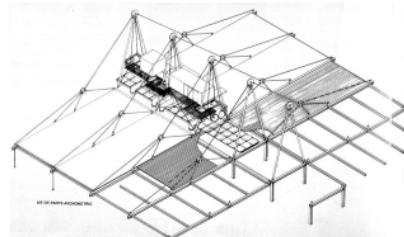


fig.3.6.5e **Fabrica de microprocesoare INMOS** - eficiența folosirii materialului structural impune o formă care, adaptată cerințelor funcționale prin folosirea spațiului central pe mai multe niveluri oferit de structura de suspendare, se suprapune perfect pe componenta arhitecturală. Multiplicarea în sistem modular a traveilor largi permite, pe lângă extinderea ulterioară, utilizarea eficientă a tehnologiei implicate.



a



b

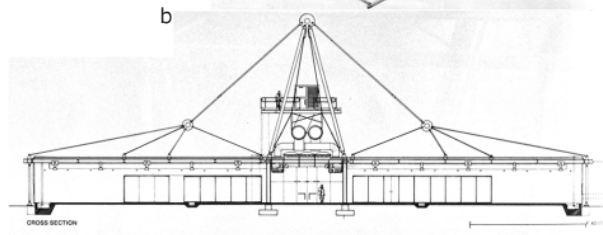
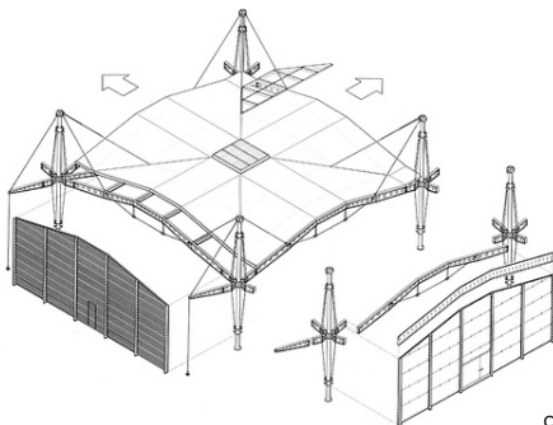


fig.3.6.5f **Reprezentanța Renault din Swindon** - folosirea eficientă a materialului structural este evidențiată prin transformarea formei rezultate din procesul de optimizare, în imagine de marcă. Sistemul modular permite și aici, atât multiplicarea într-un număr suficient de mare a componentelor pentru menținerea în parametrii economici, cât și extinderea, în acest caz pe mai multe direcții, a construcției.



a



c



b

3.6.6 Grinzi cu zăbrele



fig.3.6.6a **Marché de la Madeleine** - printre primele construcții care folosesc cu succes sistemul structural cu stâlpi de fontă și grinzi cu zăbrele din fier forjat. Un sistem care oferea privitorului experiența unui spațiu larg, definit de un mare acoperiș ce părea că plutește.

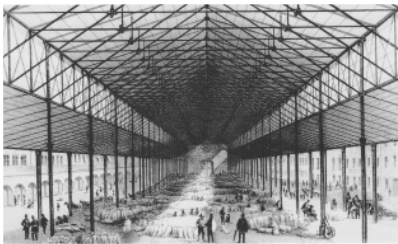


fig.3.6.6b **Piața din München (Schrannenhalle)** - contravântuirile suplimentare, ce se puteau observa atât la nivelul fermelor principale, cât și în cadrul elevațiilor dintre cele două acoperișuri, aveau să schimbe într-o bună măsură percepția spațiului. Fluiditatea se păstrează la nivelul util, datorită elementelor verticale filigrane, dar acoperișul primește și mai multă consistență.



a

b



fig.3.6.6c **Euston Station** - configurații tipice pentru ferme cu zăbrele construite empiric.

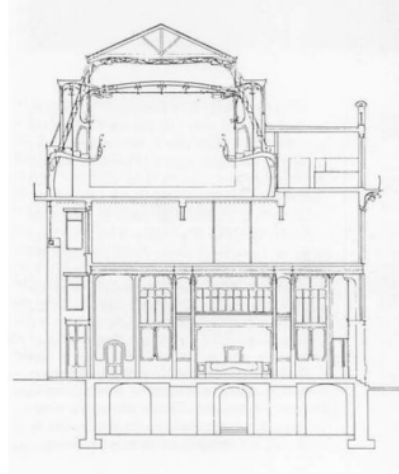


fig.3.6.6d **Victoria Station** - sistem constructiv cu ferme cu zăbrele construite empiric. Una dintre primele gări care supune atenției o asemenea soluție structurală la scară așa de mare.

fig.3.6.6e **Maison du Peuple** - libertatea formei oferite de fier forjat și oțel, materiale ce puteau prelua în egală măsură întindere și compresiune, avea să fie exploatată în sala mare. Spațiul arhitectural este marcat de structura aparentă. Grinzile cu zăbrele de formă sinuoasă, dar eminentamente structurală, contribuie substanțial la îmbogățirea expresiei estetice a auditoriului.

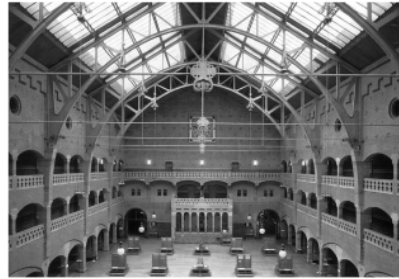


a

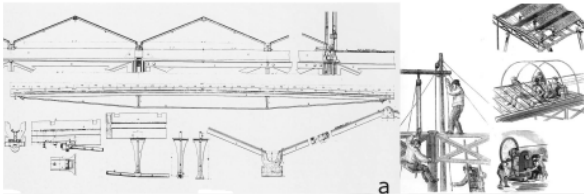


b

fig.3.6.6f **Amsterdam Beurse** - acoperirea spațiului dedicat negocierii relevă un sistem structural cu zăbrele ce intră în relație controlată cu forma generată de spațiul închis între blocuri masive de zidărie. Construcția, de dimensiuni relativ mici în comparație cu marile structuri devenite posibile în acea perioadă, permite o adaptare a detaliilor structurale la cerințele spațiale atât la nivelul formei globale cât și de detaliu.



3.6.7 Sisteme prefabricate



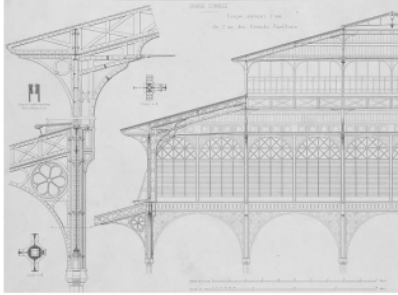
a

b



c

fig.3.6.7a **Crystal Palace, expoziția universală din anul 1851 de la Londra** - vasta construcție devenită posibilă prin prefabricare a generat un nou tip de spațiu arhitectural. Un tip de spațiu în care limita dispare, elementele structurale liniare se dizolvă în lumină, privirea alunecă liber între interior și exterior, între spațiul protejat și cel față de care oferă protecție, într-o continuitate nemiștinată până atunci, în care nici măcar vegetația nu trebuie deranjată, ea devenind sau nu parte a spațiului interior, doar în funcție de raportarea la limita imaterială.



a

fig.3.6.7b **Les Halles Centrales** - aceste clădiri, ce au ocupat pentru aproape un secol centrul Parisului, relevă încrederea acordată noilor soluții constructive.



b



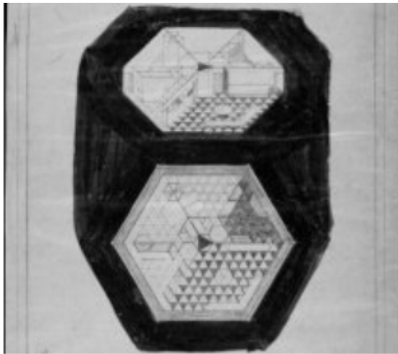
a

fig.3.6.7c **Case Study houses** - perioada modernă avea să revină sistematic, aproape obsesiv, la încercări de promovare a construcțiilor prefabricate.

b

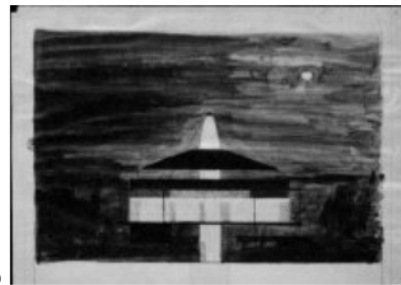


b

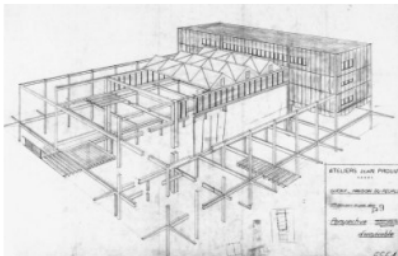


a

fig.3.6.7d **Dymaxion house**

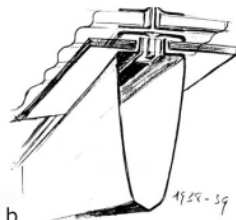


b



a

fig.3.6.7e Jean Prouvé - **Maison du Peuple de Clichy.**



b



c

3.6.8 Arce cu trei articulații.

fig.3.6.8a **Gara St.Pancras** - conturează pentru prima dată sistemul structural de arce cu trei articulații într-o construcție civilă. Efectul spațial al deschiderii de 73m din zona de acoperire a peroanelor era unul colosal.



fig.3.6.8b **Galerie des Machines** - uriașă hală construită cu ocazia expoziției universale din 1889 la Paris, ce depășea cu aproape 50% deschiderea acoperișului gării St.Pancras, avea să materializeze un spațiu mai mare decât cerințele funcționale ce puteau fi imaginat la acea vreme. Detaliile elegante ale sistemelor de articulare expuse marelui public aveau să genereze controverse fără precedent. Imaginea atectonică a uriașei structuri care abia atingeau reazemele, într-o contradicție flagrantă cu nevoia de suport consistent pe care intelectul privitorului să poată 'așeza' enorma greutate, poate fi privită ca o primă fază a deconstrucției trăirilor estetice 'clasice'.

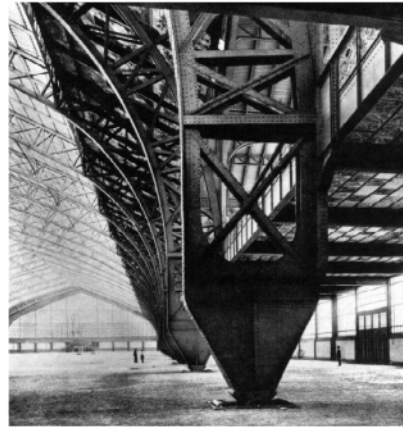


fig.3.6.8c **Gara din Frankfurt** - preluare a sistemului de arce cu trei articulații la acoperirea peroanelor.



fig.3.6.8d **Gara din Philadelphia** - preluarea tot mai frecventă a sistemului de arce cu trei articulații la acoperirea peroanelor arată încrederea dobândită în acest sistem structural și subliniază difuzarea acestei spațialități atât în Europa, cât și în Statele Unite.



3.6.9 Grinzi și stâlpi cu zăbrele

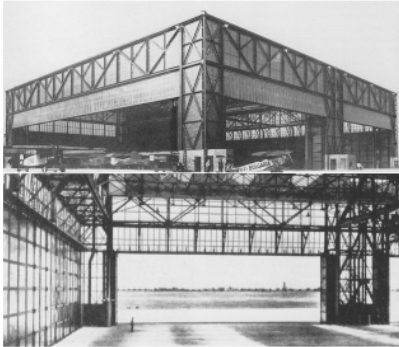


fig.3.6.9a **Hangarul de la Oberwiesefeld** - structura expusă avea să marcheze atât spațiul interior, în care elementele liniare întrețesute sunt cele care impun estetica, cât și forma exterioară, în care contravântuirile grinzilor cu zăbrele oferă scară și ritm fațadelor uriașe.

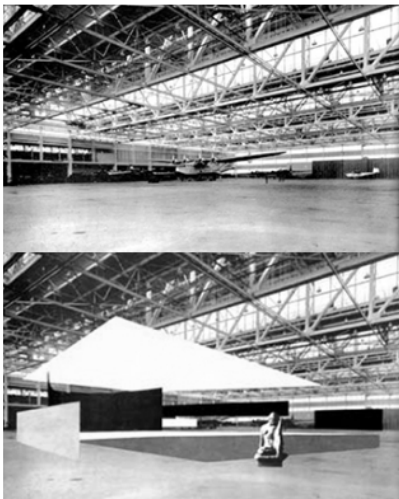


fig.3.6.9b **Hangarul din Baltimore** - spațiul uriaș, dominat de dimensiunea impresionantă a grinzilor cu zăbrele care făceau posibilă preluarea unei asemenea deschideri, avea să inspire colajul lui Mies pentru un proiect de sală de concerte. Spațiul rămas între grinzile cu zăbrele avea să își găsească utilizarea optimă prin decalarea acoperișului pentru a aduce lumină în interior. Uriașul spațiu protejat de intemperii primește astfel o mare cantitate de lumină naturală.

fig.3.6.9c **Hangarul din Brand** - realizare impresionantă impusă de noile cerințe din domeniul industriei aeronautice pentru transport de mărfuri. Rezolvat cu maximum de eficiență, prin alăturarea ultimelor cunoștințe din domeniul structural și tehnologic, acesta relevă dimensiunea colosală a spațiului ce poate fi protejat de o construcție.

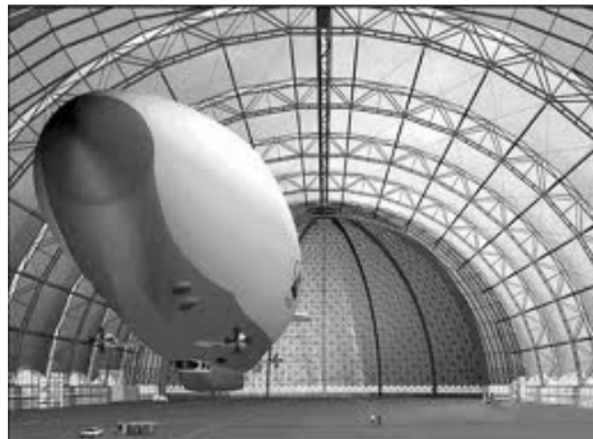
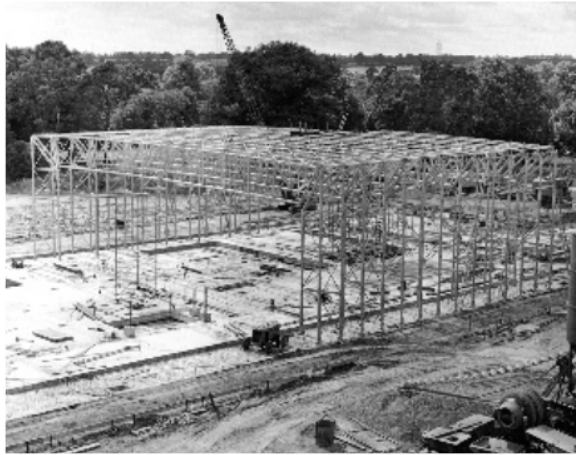


fig.3.6.9d **Sainsbury Centre for Visual Arts** - scara relativ mică a clădirii a permis utilizarea sistemului structural în strânsă relație cu nevoile funcționale complexe. Componentele tridimensionale cu zăbrele depășesc dimensiunile impuse de cerințele structurale pentru a face loc spațiilor tehnice și echipamentelor necesare bunei funcționări a ansamblului și menținerii parametrilor de confort.



3.6.10 Dom geodezic; Structuri reticulate spațiale.



a

fig.3.6.10a **Structura pavilionului USA de la Montreal** - prima construcție ce expunea la scară mare posibilitățile spațiale ale structurilor tridimensionale. Asemenea soluțiilor în arc cu trei articulații, suprafețele verticale și orizontale fuzionează aici într-o coajă continuă al cărei schelet portant este redus la minimul necesar.

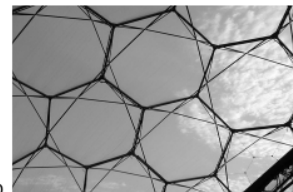


b



a

fig.3.6.10b **Proiectului Eden** - la marea seră, alăturarea formelor structurale impuse din considerente de eficiență relevă o configurație de ansamblu de mare libertate, ce poate fi adaptată cu ușurință cerințelor amplasamentului.



b

3.6.11 Grinzi și stâlpi din profile laminate.

fig.3.6.11a **Crown Hall** - ritmul structurii care susține învelișul spațiului generos, este cel care reglează sistemul de proporții al întregii clădiri. Exprimarea în fațadă a componentelor structurale, alături de modularea atentă a subdiviziunilor impuse de sistemele de anvelopare, aveau să devină modelul de tratare arhitecturală a construcțiilor civile cu structură metalică din perioada modernismului târziu.



3.7 Dezvoltare pe verticală.

3.7.2 Stâlpi și grinzi din fontă; structuri scheletale in carcasă de zidărie.



fig.3.7.2a **Ditherington Flax Mill** - structura internă de fontă nu schimbă substanțial imaginea de ansamblu a spațiului în comparație cu cele similare din clădirile industriale cu structură interioară din lemn, având în vedere că deschiderile folosite erau aproximativ aceleași. Amprenta asupra experienței estetice avea să fie pusă de schimbarea produsă la nivelul detaliilor de îmbinare și a formei locale a componentelor care sunt adaptate noului material.



fig.3.7.2b **Albert Dock din Liverpool** - acolo unde necesitățile funcționale impuneau folosirea mai eficientă a sistemului structural, ce permitea deschideri mai mari, interiorul relevă amplitudinea spațiilor ce pot fi obținute cu acest sistem constructiv.

3.7.3 Cadre de fațadă din fontă

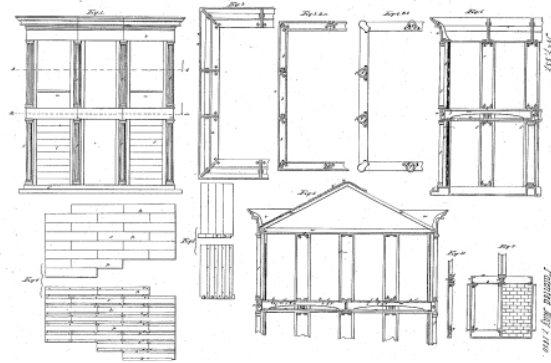
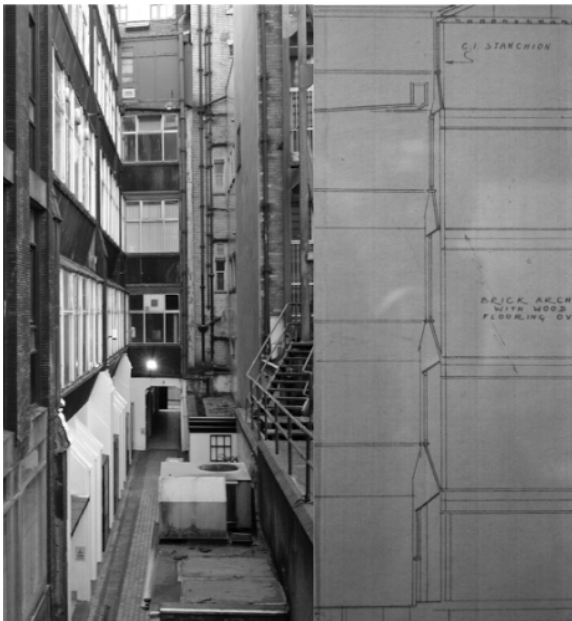


fig.3.7.3b **Magazinul Laing** - printre primele exemple de utilizare a fațadelor din fontă în clădiri comerciale.

fig.3.7.3a **Fabrica Bogardus** - fațada folosită a permis o mai bună iluminare a spațiilor interioare, oferind un model ce urma să fie preluat de contemporani în clădiri cu cele mai diverse structuri portante, de la lemn la zidărie.



fig.3.7.3c **Fațada clădirii de pe Jamaica Street din Glasgow** - lipsită de ornament istoric, oferă o imagine surprinzătoare atât la nivelul exteriorului, care intrigă prin 'inconsistența' structurală, cât și la cel al spațiilor interioare.



b



a

3.7.4 Grinzi din fier forjat; cadre multietajate independente.



a

fig.3.7.4a **Boat House din Sheerness** - componentele liniare metalice ce susțin spații pe mai multe niveluri, libere de elemente masive, permit deschiderea completă către exterior, într-un nou tip de relație care avea să fie exploatată de arhitectura modernă.



b



fig.3.7.4b **Casa Milà** - exemplu extraordinar de eliberare a elementelor de definiție spațială de sarcina structurală. Atât fațada, cât și compartimentările interioare, învâluie scheletul structural într-o uriașă sculptură tridimensională.



a

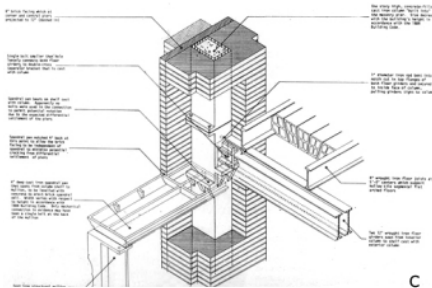
fig.3.7.4c **Pavilionul de la Barcelona** - o abordare diametral opusă din punct de vedere formal față de casa Milà, a aceleiași tematici a independenței arhitecturii de sarcini structurale. În cadrul acestei construcții efemere, realizate pe un singur nivel, fără restricții funcționale, libertatea oferită de sistemul constructiv scheletal avea să fie pusă în valoare într-o formă la fel de spectaculoasă. Rețeaua modulară a structurii, materializată în verticalele stâlpilor de oțel ce au rolul de a susține planul de acoperire, reglează poziția planelor de compartimentare care, profitând de independența tectonică, rămân pure elemente de definiție spațială: un spațiu fluid, pe care limita îl controlează dar nu îl închide, lăsându-l să alunece printre panourile opace, care nu mai separă interior sau exterior, ci doar spații cu valențe diferite, ce mediază relația omului cu mediul înconjurător.



b

3.7.5 Cadre semirigide.

fig.3.7.5a **Home Insurance** - considerată prima clădire înaltă care preia încărcările printr-o structură metalică scheletală, această construcție ne relevă, dincolo de cele câteva elemente decorative, o fațadă bogat vitrată, care permite o bună iluminare naturală a spațiilor interioare.



a



b



a

fig.3.7.5b **Reliance Building** - profită de sistemul structural scheletal pentru a propune o serie de bovindouri în consolă, care devin imaginea de marcă a clădirii.



b



c



fig.3.7.5c **Old Colony Building** - dincolo de aparența marcată de exteriorul ce amintește de construcțiile de zidărie, această clădire beneficiază de cel mai avansat sistem structural al momentului. Un sistem structural cu cadre portal, care permitea mărirea rigidității construcției în ansamblu, absolut necesară pentru a continua creșterea pe înălțime. Având în vedere prezența puternică a acestor componente, soluția structurală obliga suprapunerea unor elemente de compartimentare peste zonele de rigidizare, reducând astfel flexibilitatea spațiului interior.

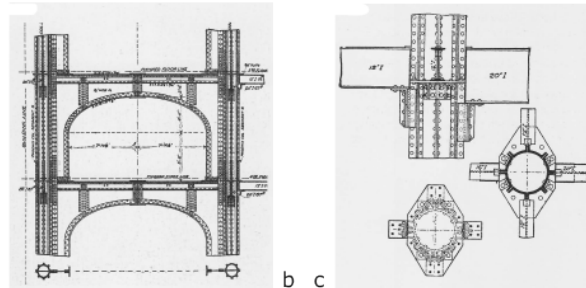


fig.3.7.5d **Maison de Verre** - scheletul structural este accentuat aici într-o formulă nemaîntâlnită, fiind pus în valoare atât la exterior cât și la interior. În sala de așteptare a cabinetului medical spațiul se extinde pe două niveluri, nu pentru a oferi un mare salon, ci pentru a expune ostentativ acele îmbinări cu buloane și nituri dintre stâlpii și grinzile care fac posibil acest adevărat miracol.



3.7.6 Cadre rigide.

fig.3.7.6a Lake Shore Drive - structura ansamblului reprezintă sinteza arhitecturală a evoluției științei și tehnologiei din domeniul construcțiilor metalice din acea perioadă. Eficiența structurală și tehnologică oferită de sistemul constructiv al cadrelor cu noduri rigide, a permis construirea cu costuri relativ reduse a unui ansamblu perfect proporționat, ce dezvăluie spații de o mare flexibilitate, iluminate abundant. Pe lângă rolul portant, structura oferă și un ritm modular intrinsec, evidențiat aici prin profilele 'I', desfășurate pe toată înălțimea clădirii.

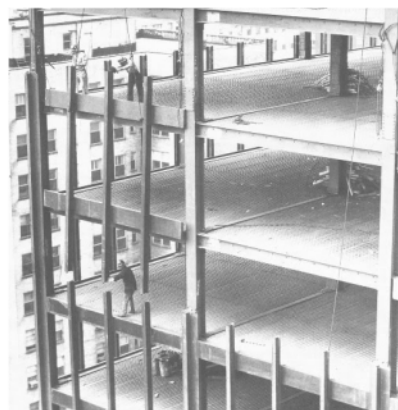


fig.3.7.6b World Trade Center - mutarea rigidizării ansamblului la nivelul fațadei, necesară pentru creșterea înălțimii, avea să ducă la o reducere considerabilă a vitrajului.



fig.3.7.6c Sears Tower - o bună perioadă de timp cea mai înaltă clădire din lume, a mizat pe alăturarea a două tuburi cu cadre rigide, exprimate arhitectural prin ridicarea lor la înălțimi diferite. Dezavantajul adâncimii de nivel relativ mari pe care o presupune o asemenea soluție, care permite greu o bună iluminare naturală, este compensat oarecum de spații flexibile de mari dimensiuni.



3.7.7 Cadre contravântuite.

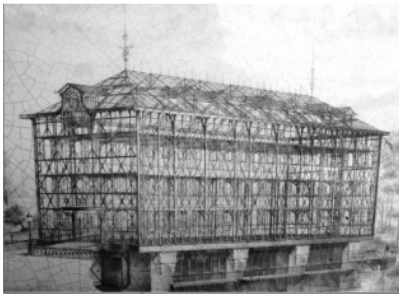
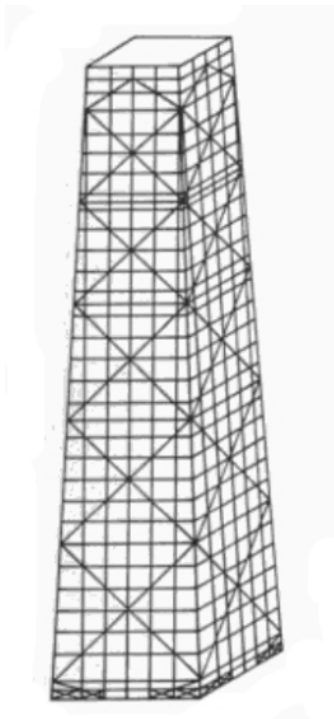


fig.3.7.7a **Fabrica de ciocolată Menier** - acest prim exemplu de clădire multietajată care folosește o structură metalică cu contravântuiri diagonale pare să imite sistemul constructiv al caselor cu structură de lemn. Schimbările ce apar la nivel de detaliu sunt impuse de componentele din fier forjat și de îmbinările impuse de acestea.



a

b



a

fig.3.7.7b **John Hancock Center** - prin introducerea sistemelor de contravântuire la nivelul fațadei, se obțin tuburi rigide cu componente suple, care permit suprafețe vitrate substanțial mai mari. Ceea ce ar putea părea un dezavantaj, necesitatea conceperii unor componente speciale atât la nivel de structură cât și de închidere, poate fi utilizat în folosul arhitecturii pentru îmbogățirea limbajului expresiv.



b

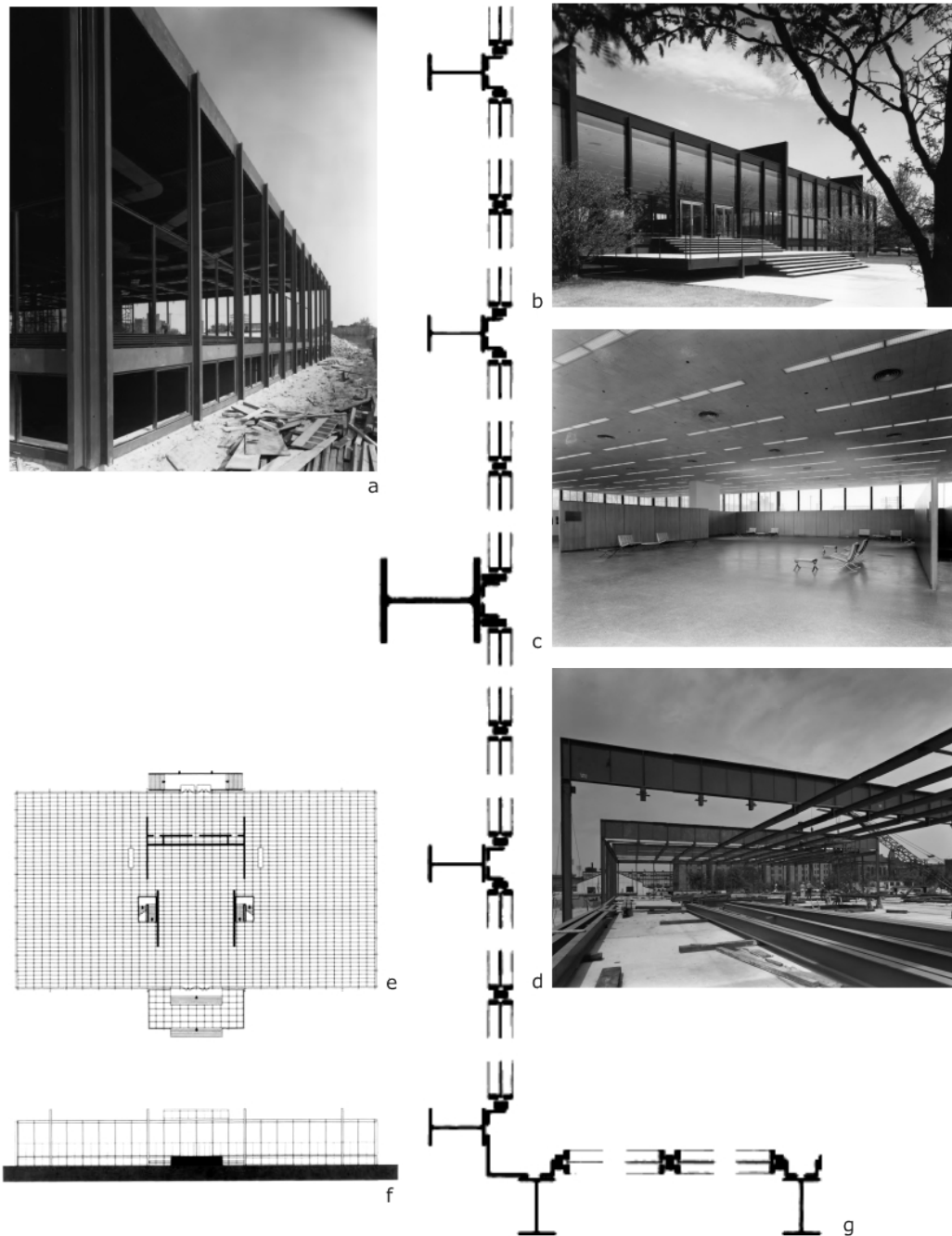


c

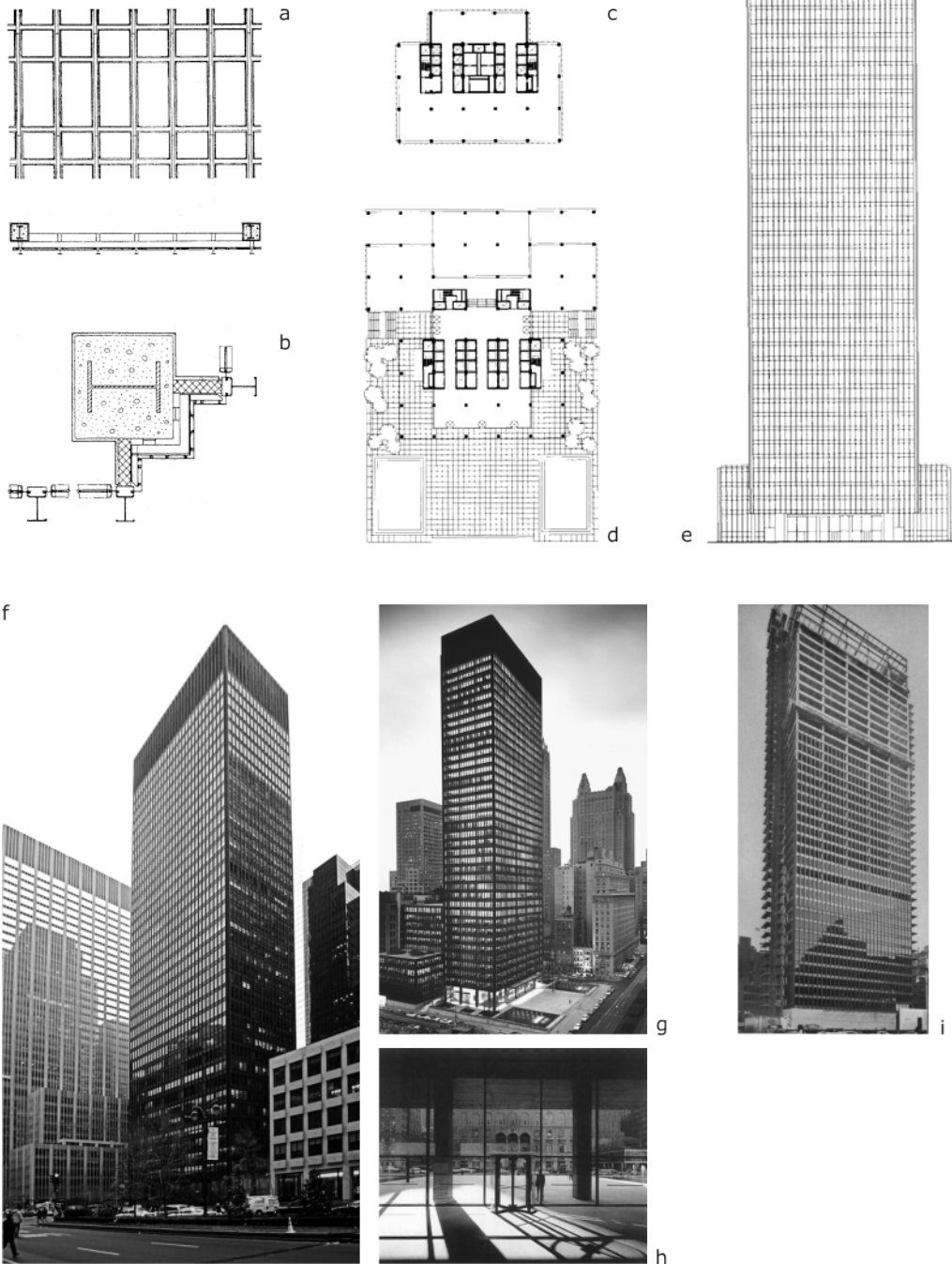
ANEXA 3

EXEMPLE REMARCABILE – PLANŞE

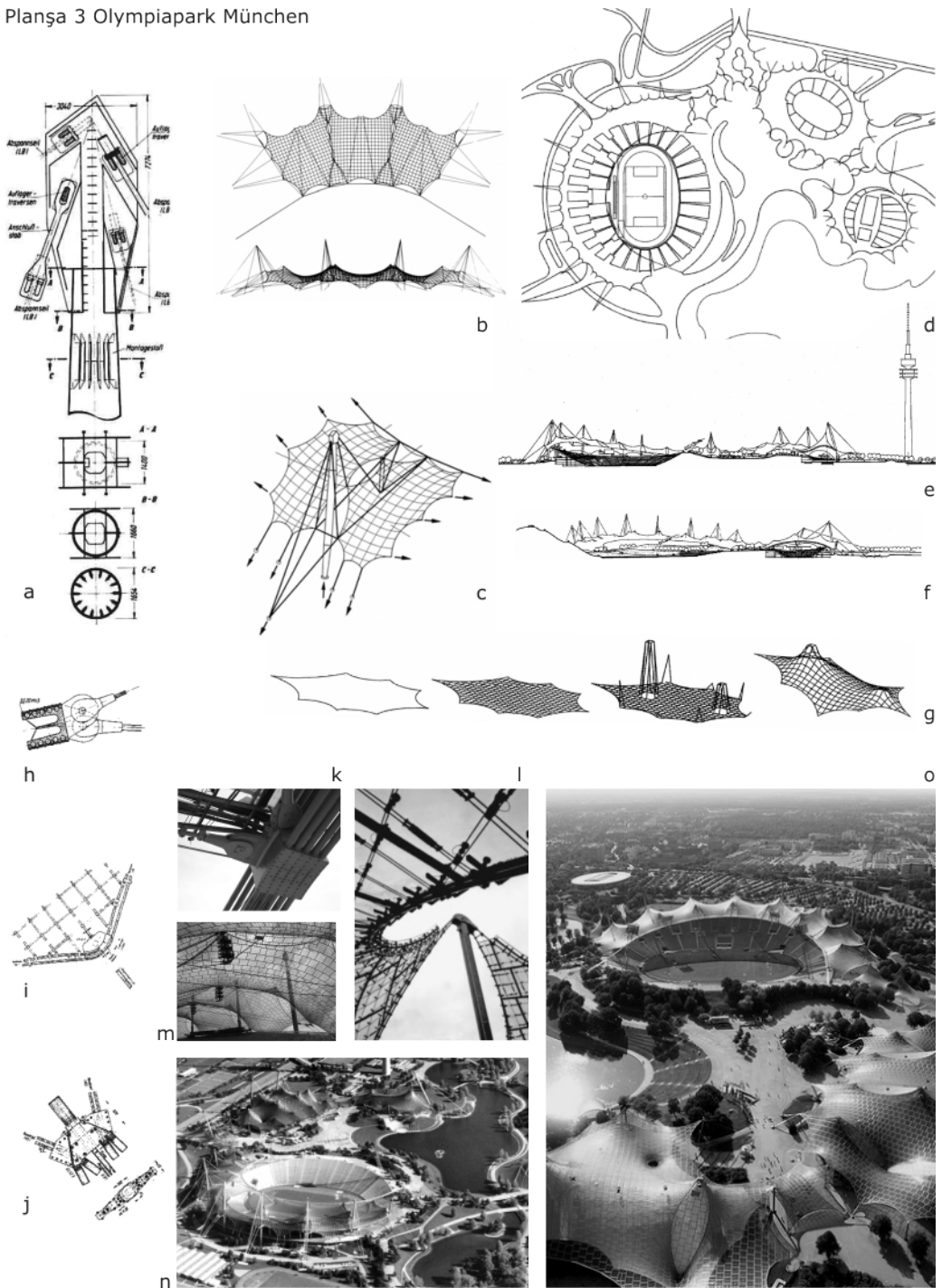
Planșa 1 Crown Hall



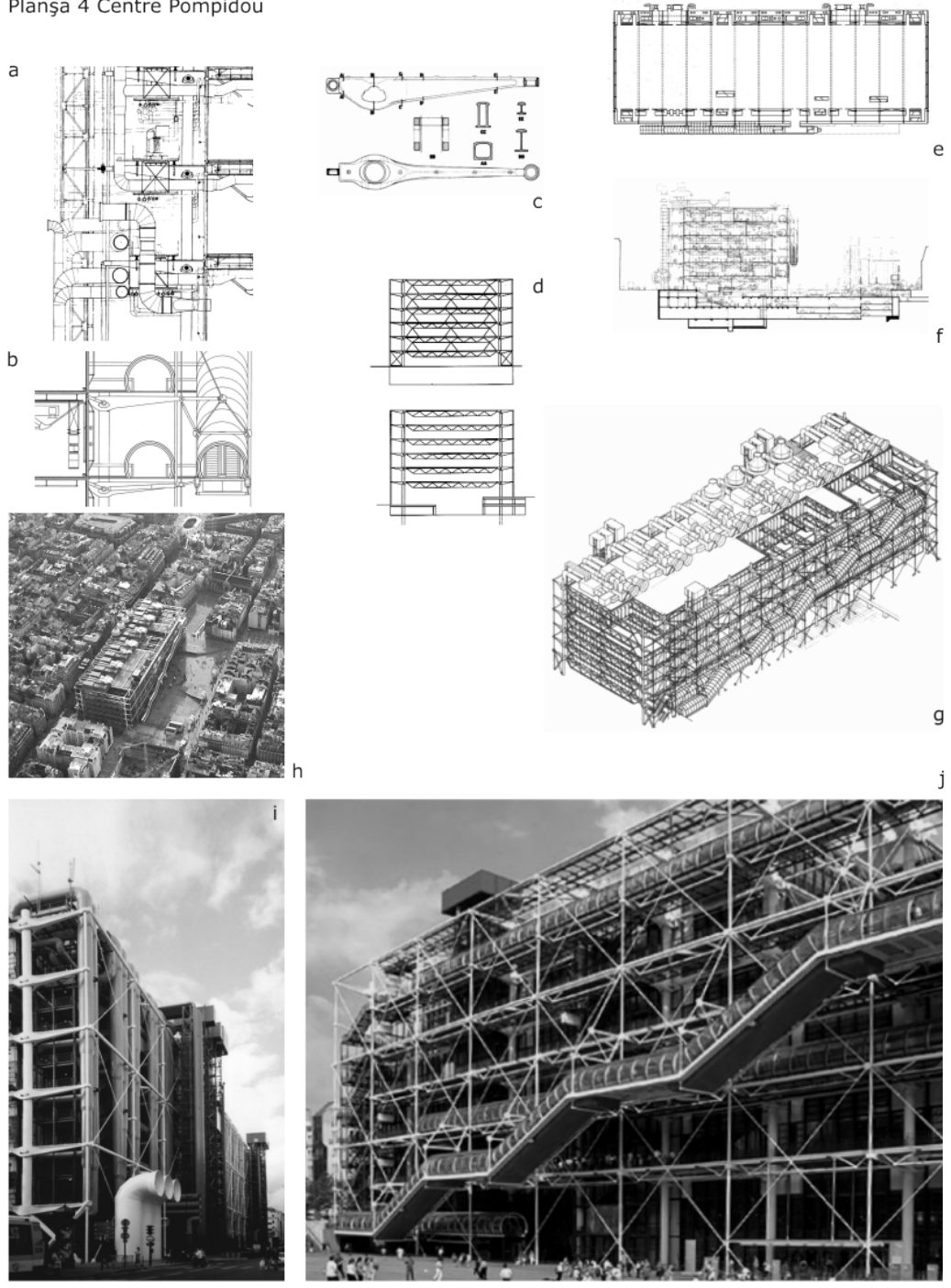
Plasa 2 Seagram Building



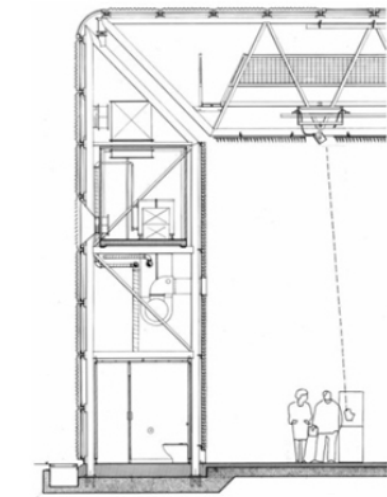
Planşa 3 Olympiapark München



Plasa 4 Centre Pompidou



Planşa 5 Sainsbury Centre



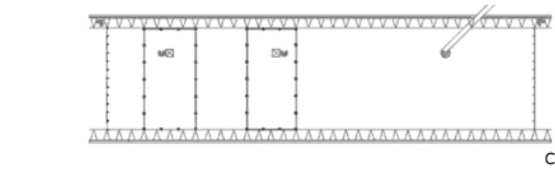
a



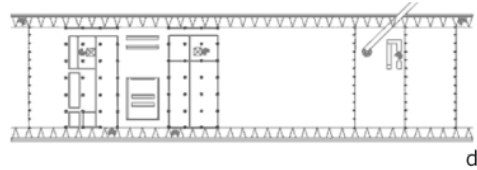
g



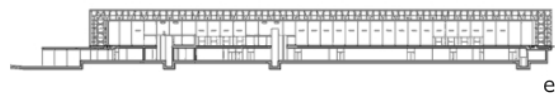
h



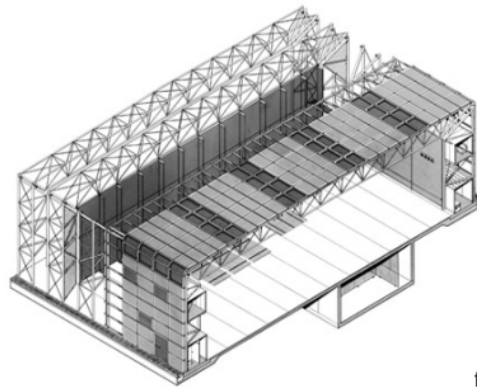
c



d



e



f



i

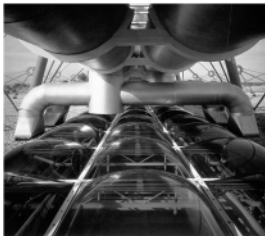
Plasa 6 INMOS Microprocessor Factory



a



b



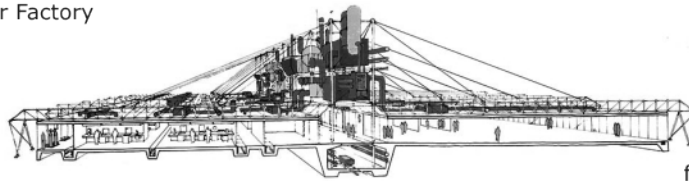
c



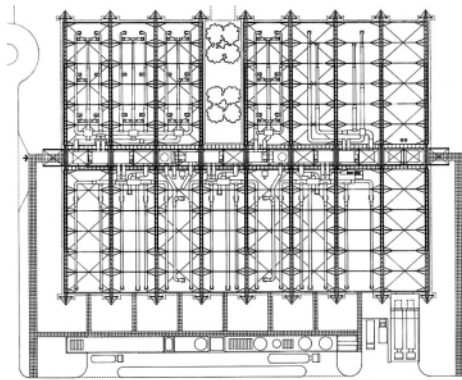
d



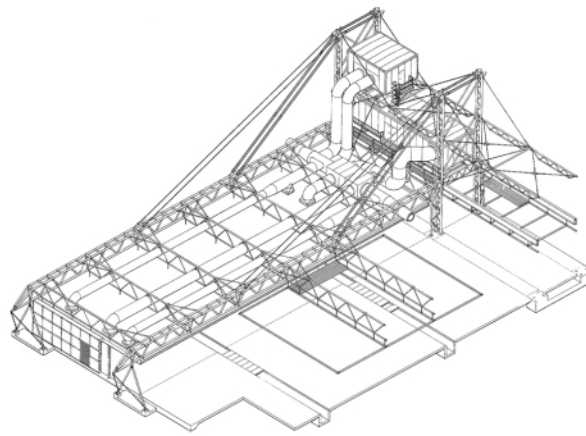
e



f



g

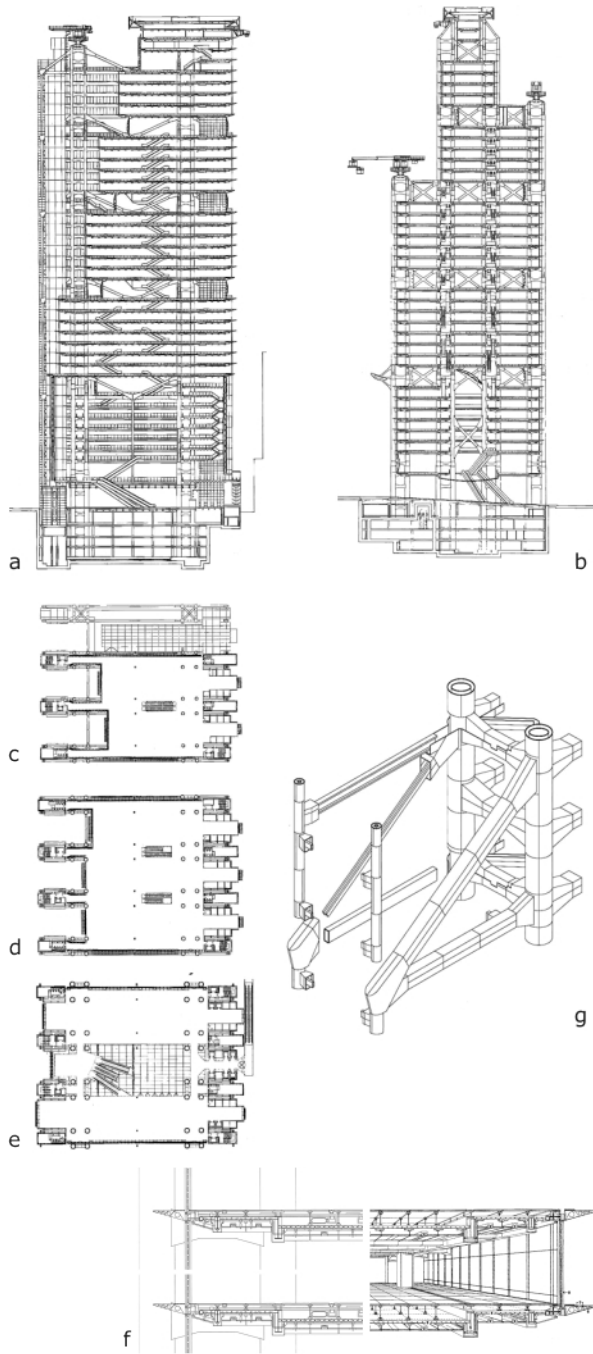


h

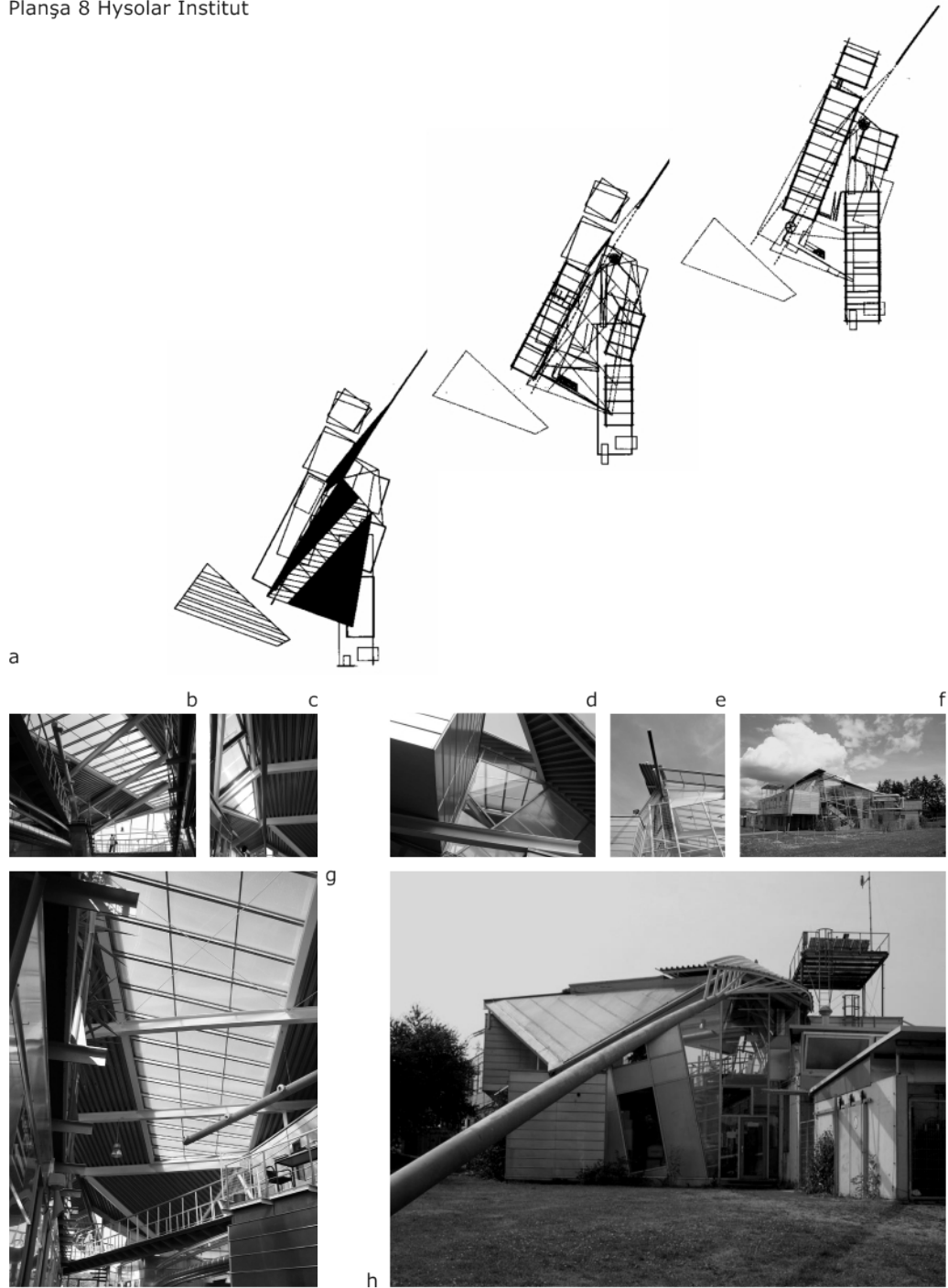
i



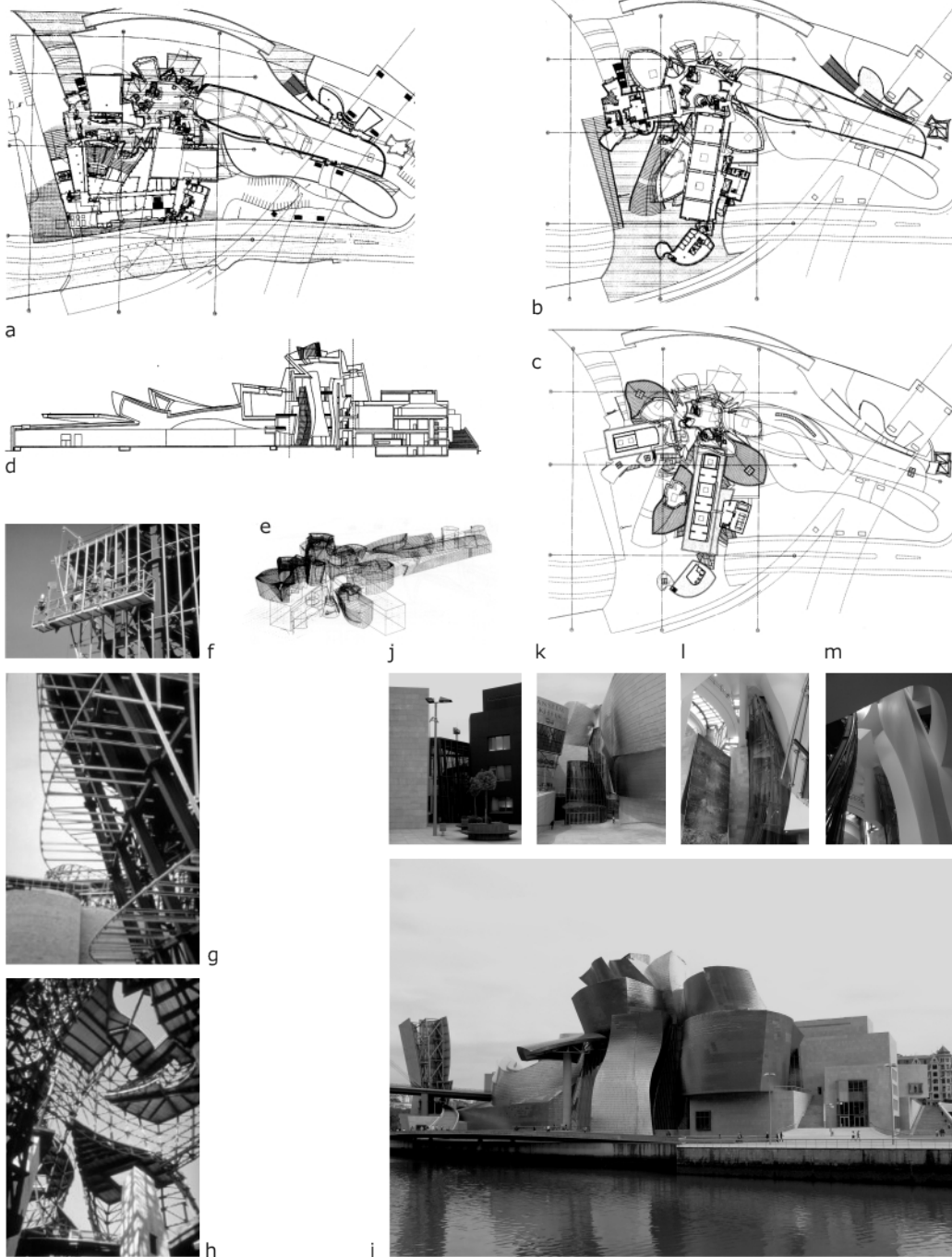
Planşa 7 HongKong and Shanghai Bank Headquarters



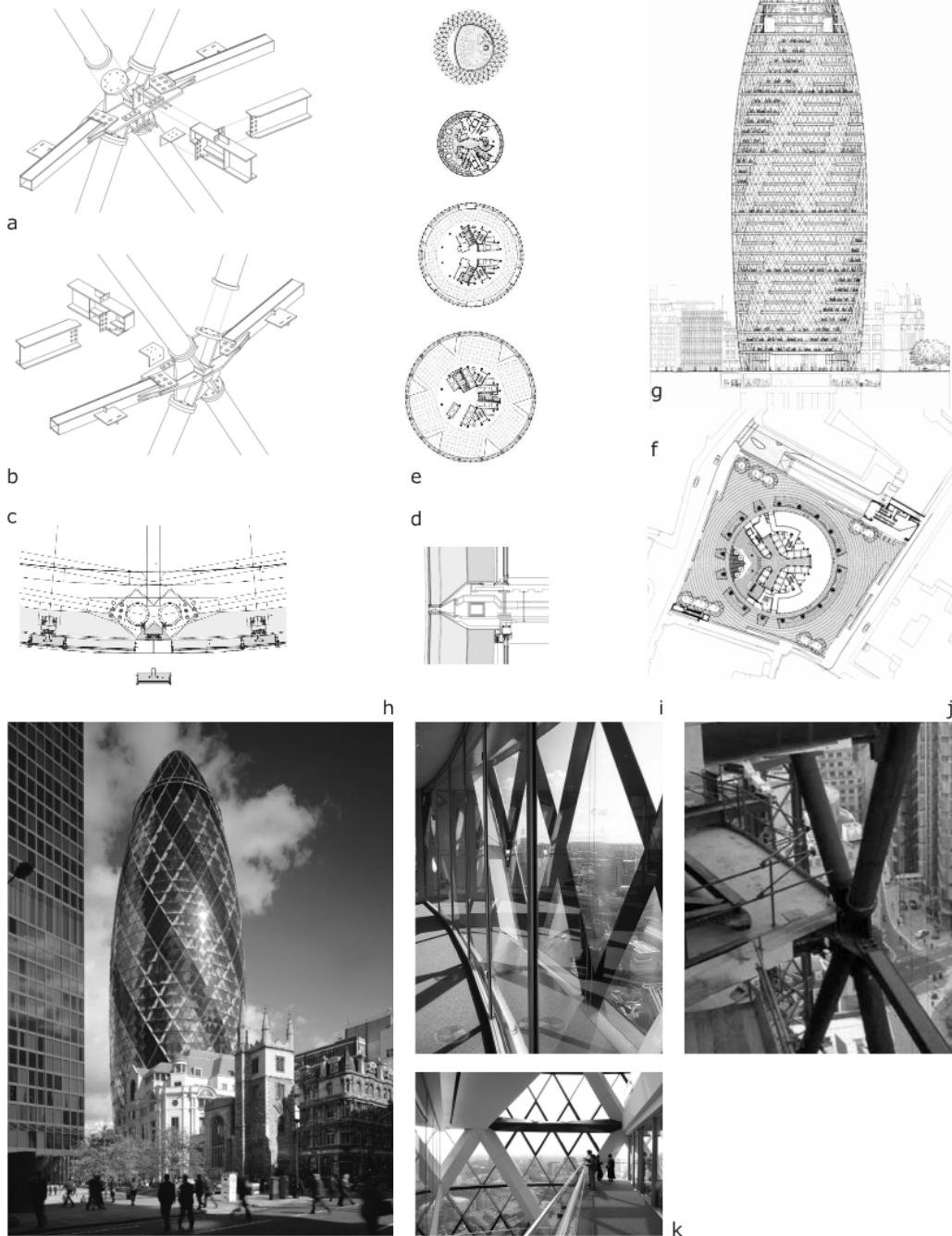
Plansa 8 Hysolar Institut



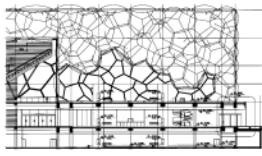
Plansa 9 Guggenheim Museum



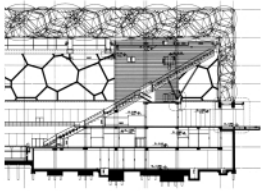
Planșa 10 Swiss RE



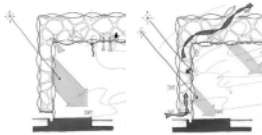
Plaña 11 Watercube



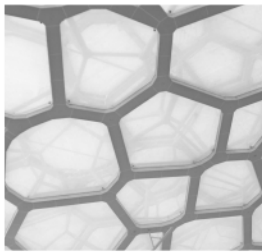
a



b



c



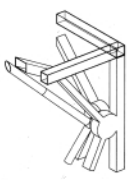
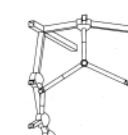
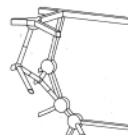
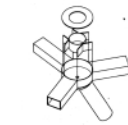
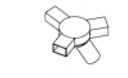
l



m



p



n



n



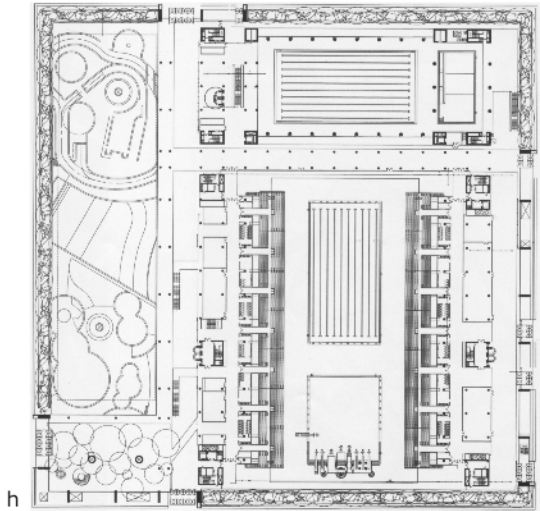
q

d

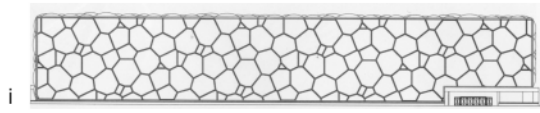
e

f

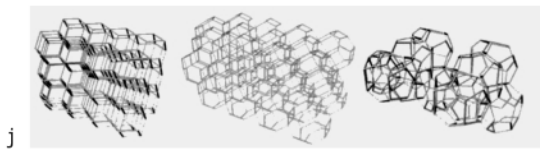
g



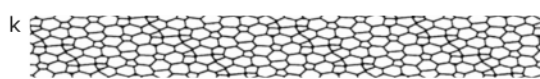
h



i



j



k

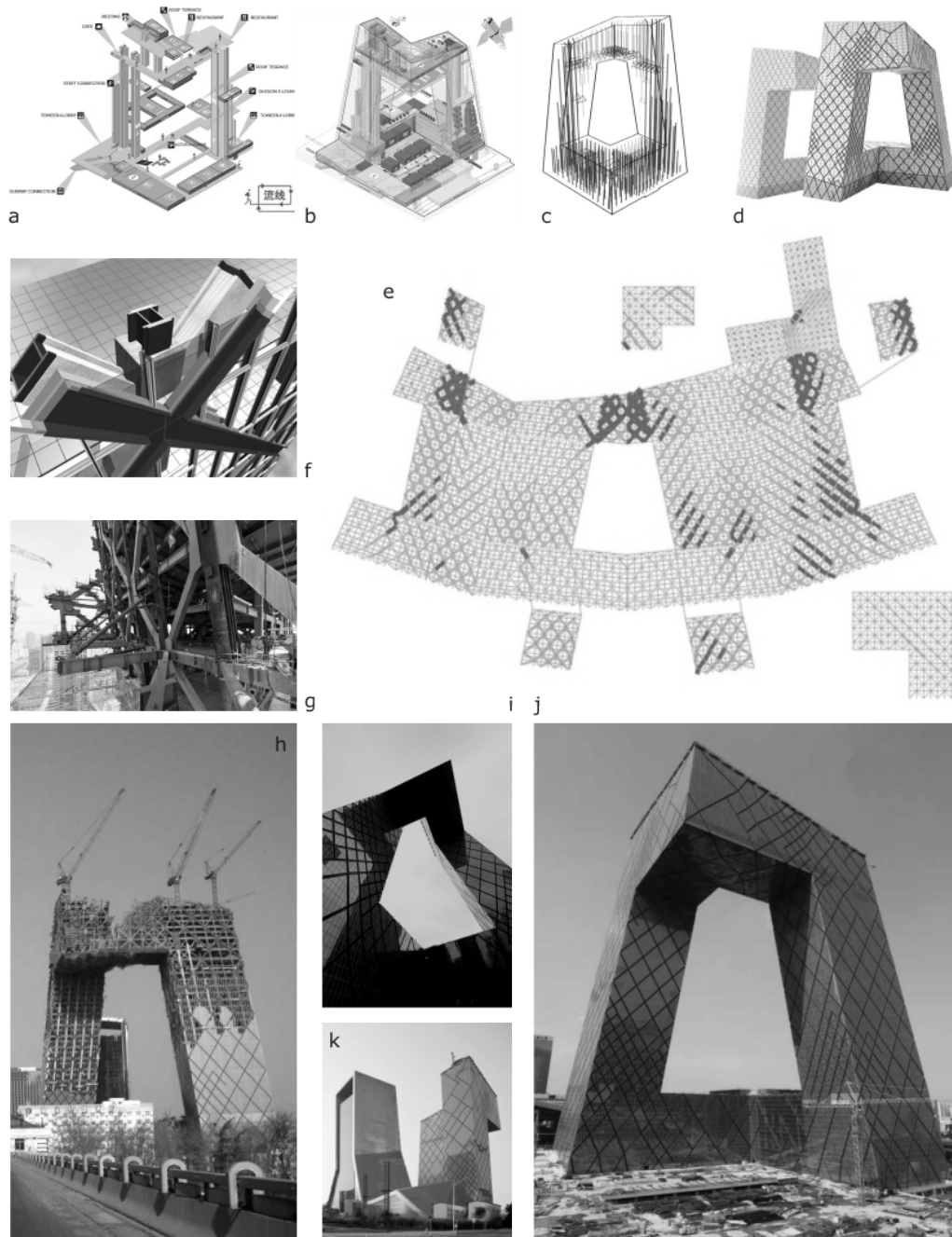


o



r

Planșa 12 Central Chinese Television



SURSE IMAGINI

Anexa 1

- fig.2.1a Preluat de pe <http://bethinspireart.files.wordpress.com/2009/12/800px-parthenon-20082.jpg> [Accesat 27.09.2008]
- fig.2.1b Preluat de pe http://en.wikipedia.org/wiki/Pont_du_Gard#mediaviewer/File:Pont_du_Gard_Oct_2007.jpg [Accesat 14.07.2008]
- fig.2.1c Preluat de pe http://kulturbakancslista.blog.hu/2014/06/06/kr_u_82_colosseum [Accesat 12.07.2008]
- fig.2.1d Preluat de pe (a)<http://www.flickr.com/photos/travelturkey/3491019200/> [Accesat 14.07.2008]
(b) <http://www.martagon.org/AgiaSofia/index.php> [Accesat 14.07.2008]
(c) http://en.wikipedia.org/wiki/Hagia_Sophia#mediaviewer/File:Hagia-Sophia-Laengsschnitt.jpg [Accesat 14.07.2008]
- fig.2.1e Preluat de pe
(a)<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110119111530/lcjb.cjsonline.gov.uk/wiltshire/home.html> [Accesat 05.10.2011]
(b)http://en.wikipedia.org/wiki/Salisbury_Cathedral#mediaviewer/File:Salisbury_cathedral_plan.jpg
(c)http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Salisbury_Cathedral,_Nave.jpg [Accesat 05.10.2011]
- fig.2.1f Preluat de pe <https://bakercourt.files.wordpress.com/2010/08/6a0123ddb941aa860c0137a5d11f0b860d.jpg> [Accesat 05.10.2011]
- fig.2.1g Preluat de pe <http://www.aboutflorence.com/cz/Museums-in-Florence/duomo-the-cathedral-of-florence.html> [Accesat 14.07.2008]
- fig.2.1h Preluat de pe (a)http://www.allposters.com/-sp/Interior-of-the-Dome-St-Peter-s-Basilica-Vatican-Rome-Lazio-Italy-Posters_i2658992_.htm
(b)<http://fishandpeaches.blogspot.ro/2012/02/climbing-st-peters.html> [Accesat 14.07.2008]
- fig.2.1i MACDONALD Angus J., *Structure and architecture*, Butterworth-Heinemann - Arhitectural Press 1994, ediția a -II a 2001, p.117
- fig.2.2.1a1 Preluat de pe <http://www.history.ucsb.edu/faculty/marcuse/classes/2c/images/1779CoalbrookdaleBridge.jpg> [Accesat 22.08.2008]
- fig.2.2.1a2 Preluat de pe <http://www.ribapix.com/index.php?a=indexes&s=item&key=IYToxOntpOjA7czo5OiJkYXN0IGlyb24iO30=&pg=19> [Accesat 27.09.2008]
- fig.2.2.1a3 Preluat de pe <http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/BSI/ARCH/img0038.jpg> [Accesat 22.08.2008]
- fig.2.2.1a4 Preluat de pe (a)<https://www.flickr.com/photos/bridgink/460686153/> [Accesat 08.08.2008]
(b)<https://www.flickr.com/photos/bridgink/460686157/> [Accesat 08.08.2008]
- fig.2.2.1a5 Preluat de pe (a)<http://www.treasuredplaces.org.uk/gallery/detail.php?id=17&view=®ion=0> [Accesat 10.10.2011]

- fig.2.2.1a6 (b)<http://www.rucsacs.com/gallery/Speyside-Way/39> [Accesat 10.10.2011]
Preluat de pe (a)<http://www.anglesey-today.com/menai-bridge-community-news.html> [Accesat 10.10.2011]
(b)<http://www.oldclassicar.co.uk/austink8.htm> [Accesat 10.10.2011]
- fig.2.2.1a7 Preluat de pe (a)http://www.galenfrysinger.com/wales_conwy.htm [Accesat 10.10.2011]
(b)<http://www.oldukphotos.com/caernarfonshireconwy.htm> [Accesat 10.10.2011]
- fig.2.2.1a8 Preluat de pe
(a)http://en.wikipedia.org/wiki/Mythe_Bridge#mediaviewer/File:Tewkesbury_Bridge.jpg [Accesat 08.08.2008]
(b)http://en.wikipedia.org/wiki/Mythe_Bridge#mediaviewer/File:The_Mythe_Bridge_-_geograph.org.uk_-_4938.jpg [Accesat 08.08.2008]
- fig.2.2.1a9 Preluat de pe http://www.allposters.co.uk/-sp/Pont-des-Arts-Paris-Posters_i290751_.htm [Accesat 08.08.2008]
- fig.2.2.1a10 Preluat de pe <http://www.la-haute-saone.com/index.php?IdPage=bourguignonles-conflans> [Accesat 10.10.2011]
- fig.2.2.1a11 Preluat de pe (a)<http://www.karl-gotsch.de/Monatsbruecken/2011Nov.htm> [Accesat 10.10.2011]
(b)<http://pont-de-duzon.pagesperso-orange.fr/PontMarcSeguin.htm> [Accesat 10.10.2011]
- fig.2.2.1a12 Preluat de pe
(a)http://wirednewyork.com/bridges/brooklyn_bridge/images/brooklyn_bridge_wtc.jpg [Accesat 08.08.2008]
(b)<http://thecharnelhouse.org/2013/07/27/maiakovskii-in-new-york/brooklyn-bridge-painters-salignac-2/> [Accesat 08.08.2008]
- fig.2.2.1a13 Preluat de pe (a)<http://de.wikipedia.org/wiki/Britanniabr%C3%BCcke> [Accesat 09.08.2008]
(b) idem
(c)http://www.berndnebel.de/bruecken/index.html?/bruecken/3_bedeutend/britannia/britannia.html [Accesat 09.08.2008]
(d)<http://de.wikipedia.org/wiki/Britanniabr%C3%BCcke> [Accesat 09.08.2008]
(e) idem
- fig.2.2.1b1 Preluat de pe
(a)http://news.bbc.co.uk/local/shropshire/hi/people_and_places/history/newsid_8245000/8245168.stm [Accesat 08.08.2008]
(b)<http://www.search.revolutionaryplayers.org.uk/engine/resource/exhibition/standard/default.asp?resource=4924> [Accesat 08.08.2008]
(c)<http://www.28dayslater.co.uk/forums/showthread.php/3632-Ditherington-Flax-Mill-Shrewsbury> [Accesat 08.08.2008]
(d) idem
- fig.2.2.1c1 Preluat de pe (a)<http://janeaustensworld.files.wordpress.com/2011/03/carlton-house-plan-1.jpg> [Accesat 18.08.2008]
(b)<http://www.artfactory.com/carlton-house-desk-19th-century-oddj105-p-3977.html> [Accesat 18.08.2008]
- fig.2.2.1c2 Preluat de pe (a)<http://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-images-paris-greenhouse-jardin-des-plant-image14875919> [Accesat 09.08.2008]
(b)<http://www.lan-paris.com/project-Jardin-des-plantes-greenhouses.html> [Accesat 09.08.2008]
- fig.2.2.1c3 Preluat de pe (a)<http://www.countrylifeimages.co.uk/Image.aspx?id=f2082cff-5b28-4869-a538-56e3c96debb8&rd=2|conservatory||1|20|74|150> [Accesat 27.09.2008]
(b)<http://www.peaklandheritage.org.uk/gallery/Chatsworth-conservatory.jpg> [Accesat 27.09.2008]
(c)<http://www.ft.com/cms/s/2/aa357646-f507-11e2-b4f8-00144feabdc0.html#axzz3AMAI5Fhl> [Accesat 27.09.2008]

- fig.2.2.1c4 Preluat de pe (a)<http://www.GreatBuildings.com> [Accesat 07.08.2008]
(b)idem
(c)idem
(d)<http://www.art.com/products/p3312666940-sa-i4388296/palm-house-following-restoration-the-botanic-gardens-dublin-ireland.htm> [Accesat 07.08.2008]
(e)<http://hopey2009.files.wordpress.com/2010/03/aerial-view-of-palm-house1.jpg> [Accesat 07.08.2008]
(f)<http://www.luphen.org.uk/public/2003/2003kewgardens1.htm> [Accesat 07.08.2008]
- fig.2.2.1d1 Preluat de pe (a) <http://barndoor.free.fr/CP/HQ/alencon-halle-aux-bles.jpg> [Accesat 31.05.2014]
(b) <http://voony.files.wordpress.com/2012/01/halleaublemolinos.jpg> [Accesat 08.08.2008]
(c) http://www.alain-lambert.org/wp-content/uploads/2006/05/sous_la_belle_couple.jpg [Accesat 08.08.2008]
- fig.2.2.1d2 Preluat de pe
http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/teaching_resources/architectural_studio_reference/history/development_of_the_clear_span_building/naval_dock_buildings_market_halls_and_factories/ [Accesat 11.10.2011]
- fig.2.2.1d3 Preluat de pe (a)<http://www.studyblue.com/notes/note/n/arch-hist-2-final/deck/2825683> [Accesat 07.08.2008]
(b)
http://fr.wikipedia.org/wiki/Pavillon_Baltard#mediaviewer/Fichier:Pavillon_Baltard.jpg[Accesat 07.08.2014]
- fig.2.2.1d4 Preluat de pe (a)
http://arch.et.bme.hu/arch_old/korabbi_folyam/18/18darag2.html [Accesat 07.08.2014]
(b)<http://www.manuelafg.com/visite-passages-couverts/> [Accesat 11.10.2011]
- fig.2.2.1d5 Preluat de pe <http://www.panoramio.com/photo/60327860> [Accesat 11.10.2011]
- fig.2.2.1d6 Preluat de pe (a) http://www.travelnauta.com/wp-content/uploads/2012/05/450px-Milano_Galleria_Vittorio_Emanuele_II-WIKIPEDIA1.jpg [Accesat 07.08.2014]
(b)<http://www.travelnauta.com/milan-monumentos-y-sitios-de-interes/> [Accesat 08.08.2008]
- fig.2.2.1d7 Preluat de pe <http://www.panoramio.com/photo/6166038> [Accesat 11.10.2011]
- fig.2.2.1d8 Henry Russel Hitchcock, Architecture: Nineteenth and Twentieth Centuries, Twentieth Centuries 1958, plate 62 (A)
- fig.2.2.1e1 Preluat de pe
<http://www.brianmicklethwait.com/index.php/weblog/archive/2008/08/> [Accesat 12.10.2011]
- fig.2.2.1e2 Preluat de pe <http://www.hows.org.uk/personal/rail/incline/lls.htm> [Accesat 12.10.2011]
- fig.2.2.1e3 Preluat de pe (a) <http://www.photobydjohnorton.com/Stations/DerbyMidland.html> [Accesat 12.10.2011]
(b) [Accesat 12.10.2011]
- fig.2.2.1e4 Preluat de pe (a) <http://www.antiquaprintgallery.com/london-kings-cross-station--general-view-of-the-platforms-old-print-1896-146605-p.asp> [Accesat 12.10.2011]
(b) <http://www.networkrail.co.uk/asp/6288.aspx> [Accesat 15.08.2008]
- fig.2.2.1e5 Preluat de pe <http://www.london-architecture.info/LO-022.htm> [Accesat 12.10.2011]
- fig.2.2.1f1 Preluat de pe <http://livingsteel.org/article/the-history-of-iron-prefab-housing> [Accesat 12.10.2011]
- fig.2.2.1g1 Preluat de pe <http://www.uvm.edu/~rmccullo/ahp200website/class13/1303.html> [Accesat 13.10.2011]

- fig.2.2.1g2 Preluat de pe http://www.international.icomos.org/monumentum/vol9/vol9_5.pdf [Accesat 13.10.2011]
- fig.2.2.1g3 Preluat de pe (a) <http://www.studyblue.com/notes/note/n/building-ids-part-ii/deck/1632027> [Accesat 28.09.2008]
(b) <http://beta.historicmapworks.com/Buildings/index.php?state=NY&city=New%20York&id=25182> [Accesat 28.09.2008]
- fig.2.2.1g4 Preluat de pe (a) <http://www.learn.columbia.edu/dbcourses/publicportfolio.cgi?view=1519> [Accesat 28.09.2008]
(b) http://www.officemuseum.com/office_buildings.htm [Accesat 28.09.2008]
- fig.2.2.1g5 Preluat de pe (a) <http://epicharmus.com/masterpiece/labels/James%20Bogardus.html> [Accesat 07.08.2008]
(b) <http://epicharmus.com/masterpiece/labels/James%20Bogardus.html> [Accesat 07.08.2008]
- fig.2.2.1h1 Preluat de pe (a) http://quonset-hut.blogspot.ro/2012/12/iron-prefabrication-and-crystal-palace_9.html [Accesat 07.08.2008]
(b) <http://www.ge35.dial.pipex.com/crystal-palace-1.htm> [Accesat 07.08.2008]
(c) Schulitz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.64
- fig.2.2.1h2 Preluat de pe (a) http://www.kingscourtgalleries.co.uk/gbu0-prodshow/Palais_de_l%27Industrie_c1850.html [Accesat 14.10.2011]
(b) <http://expomuseum.com/1855/> [Accesat 14.10.2011]
(c) <http://www.batiactu.com/edito/l-architecture-parisienne-au-temps-des-expositions-p2-22017.php> [Accesat 09.08.2008]
- fig.2.2.2a Preluat de pe http://bcam.spb.ru/palaces/index_e.html [Accesat 15.08.2008]
- fig.2.2.2b Preluat de pe (a) <http://www.chasmiller.net/furtherafield.html> [Accesat 15.08.2008]
(b) <http://www.corbisimages.com/stock-photo/rights-managed/42-22688977/offices-in-the-bank-of-england> [Accesat 14.10.2011]
- fig.2.2.2c Preluat de pe l <http://mileslewis.net/lectures/08-nineteenth-architecture/sources-modern-architecture.pdf> [Accesat 16.08.2008]
- fig.2.2.2d Preluat de pe (a) http://en.wikipedia.org/wiki/King%27s_Library#mediaviewer/File:BM;_%27MF%27_RM1_-_The_King%27s_Library,_Enlightenment_1_%27Discovering_the_world_in_the_18th_Century_~_View_South.jpg [Accesat 28.09.2008]
(b) <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/abc-structures-2005/iron/cast-iron-beam.jpg> [Accesat 18.08.2008]
- fig.2.2.2e Preluat de pe http://www.eorc.jaxa.jp/en/imgdata/topics/2005/img/tp050729_07.jpg [Accesat 16.08.2008]
- fig.2.2.2f Preluat de pe (a) <http://www.flickr.com/photos/alvinpix/410209545/> [Accesat 15.08.2008]
(b) <http://www.superstock.com/stock-photos-images/1895-24302> [Accesat 17.10.2011]
- fig.2.2.2g Preluat de pe (a) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/Westminster_Arcade_in_Providence_Rhode_Island_in_1850.jpg [Accesat 27.10.2011]
(b) http://en.wikipedia.org/wiki/Westminster_Arcade#mediaviewer/File:Westminster_Arcade.jpg [Accesat 27.10.2011]
- fig.2.2.2h Preluat de pe <http://www.linternaute.com/paris/magazine/photos-anciennes-de-paris/la-gare-de-l-est.shtml> [Accesat 16.08.2008]
- fig.2.2.2i Preluat de pe <http://www.meinbezirk.at/wien-02-leopoldstadt/kultur/der-grosse-schwimmsaa-im-dianabad-1841-m5081820,695619.html> [Accesat 16.08.2008]

- fig.2.2.2j Preluat de pe
http://www.reproarte.com/Kunstwerke/Eduard_Gaertner/Berlin_+Bauakademie/4715.html [Accesat 16.08.2008]
- fig.2.2.2k (a) David Hanser, *Architecture of France, Westport, Connecticut*, Greenwood Publishing Group 2006, p.35
 Preluat de pe (b) <http://archinect.com/features/article/37361749/in-focus-franck-bohbot> [Accesat 17.10.2011]
- fig.2.2.2l Kenneth Frampton, *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts 1995, p.47
- fig.2.2.3a Preluat de pe (a) http://books.google.ro/books?id=doxAAAAAcAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true [Accesat 07.08.2008]
 (b) <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Viollet-le-DucConcertHallEntretiens.jpg> [Accesat 07.08.2008]
 (c) <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Viollet-le-DucConcertHallEntretiens.jpg> [Accesat 07.08.2008]
- fig.2.2.3b Preluat de pe
<http://www.genuki.org.uk/big/eng/LAN/Liverpool/StAnneRichmond.shtml> [Accesat 14.07.2008]
- fig.2.2.3c Preluat de pe (a) <http://www.en.utexas.edu/Classes/Moore/gothic/gothArch1.htm> [Accesat 18.08.2008]
 (b) <http://www.liverpoolpictorial.co.uk/stgeorgesmain/index.html> [Accesat 18.08.2008]
- fig.2.2.3d Preluat de pe (a) <http://www.geograph.org.uk/photo/64722> [Accesat 17.10.2011]
 (b) <http://www.artandarchitecture.org.uk/images/conway/f665f97d.html> [Accesat 17.10.2011]
 (c) <http://www.artandarchitecture.org.uk/images/conway/96ecc460.html> [Accesat 17.10.2011]
- fig.2.2.3e Preluat de pe (a) <http://www.philatelia.net/bonapart/stamps/?id=2759> [Accesat 17.10.2011]
 (b) http://en.wikipedia.org/wiki/Prussian_National_Monument_for_the_Liberation_Wars#mediaviewer/File:Nationaldenkmal_Kreuzberg_Berlin.JPG [Accesat 17.10.2011]
- fig.2.2.3f Preluat de pe (a) <https://whereismylondon.files.wordpress.com/2011/03/house-parliament-1890.jpg> [Accesat 17.10.2011]
 (b) Kenneth Frampton, *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts 1995, p.42
 (c) idem
- fig.2.2.3g Preluat de pe
 (a) <http://www.christophersbookroom.com/cc/towers/charpent/charpente.html> [Accesat 17.10.2011]
 (b) idem
- fig.2.2.3h Preluat de pe http://www.historyfish.net/abbeys/abbeypages_eu_churches.html [Accesat 18.08.2008]
- fig.2.2.3i Preluat de pe
<http://www.victorianweb.org/art/architecture/gothic/ruskin/rouencathedral/iron2.jpg> [Accesat 17.10.2011]
- fig.2.2.3j Preluat de pe (a) <http://www.oberlin.edu/images/Art270/270-0110.JPG> [Accesat 17.10.2011]
 (b) <http://en.structurae.de/photos/index.cfm?JS=70088> [Accesat 17.10.2011]
- fig.2.2.3k Preluat de pe (a) <http://www.flickr.com/photos/pikaluk/130186209/> [Accesat 18.08.2008]

- (b) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oxford_-_Oxford_University_Museum_of_Natural_History_-_0227.jpg [Accesat 17.10.2011]
- fig.2.2.4a Preluat de pe (a) <http://www.britannica.com/EBchecked/media/15897/The-Royal-Pavilion-Brighton-Sussex-Eng> [Accesat 19.08.2008]
(b) <http://www.art.com/products/p12060735-sa-i1506853/the-great-kitchen-from-views-of-the-royal-pavilion-brighton-by-john-nash-1826.htm> [Accesat 19.08.2008]
- fig.2.2.4b Preluat de pe (a) <http://www.heritage-images.com/Preview/PreviewPage.aspx?id=1238489&pricing=true&licenseType=RM> [Accesat 19.08.2008]
(b) http://www.magnoliabox.com/art/545751/Ground_plan_of_the_New_Coal_Exchange_in_Lower_Thames_Street_City [Accesat 19.08.2008]
(c) <http://rubens.anu.edu.au/htdocs/laserdisk/0353/35357.JPG> [Accesat 19.08.2008]
- fig.2.2.4c Preluat de pe (a) <http://www.aoc.gov/sites/default/files/capitol-dome-diagram.jpg> [Accesat 20.08.2014]
(b) <http://www.planetware.com/pictures-/washington-d-c-washington-united-states-capitol-us-dc-capitol.htm> [Accesat 09.08.2008]
(c) idem [Accesat 09.08.2008]
- fig.2.2.4d Preluat de pe (a) <http://www.tipamsterdam.nl/paleis-volksvlijt/> [Accesat 21.08.2008]
- fig.2.2.4e Preluat de pe (a) <http://www.hiddenglasgow.com/forums/viewtopic.php?f=15&t=7246> [Accesat 21.08.2008]
(b) idem
- fig.2.2.4f Preluat de pe (a) http://www.scran.ac.uk/dl/ale/ale_lib.htm [Accesat 20.10.2011]
(b) idem [Accesat 20.10.2011]
(c) <http://archiseek.com/2009/1888-church-at-queens-park-glasgow/> [Accesat 18.10.2011]
- fig.2.2.4g Preluat de pe (a) http://en.wikipedia.org/wiki/File:Poteau_St_Augustin_Paris.jpg [Accesat 20.10.2011]
(b) http://en.wikipedia.org/wiki/Saint-Augustin,_Paris#mediaviewer/File:Saint_Augustin_Church_Paris.jpg [Accesat 20.10.2011]
(c) <http://kenkaminesky.photoshelter.com/gallery-image/Paris-France-Travel-Photography-Stock-Photos/G0000kdmkJNoghNY/I0000xWaJAmgsejQ> [Accesat 18.10.2011]
- fig.2.2.4h Preluat de pe (a) <http://www.geograph.org.uk/photo/1758294> [Accesat 18.10.2011]
(b) <http://www.geograph.org.uk/photo/1758959> [Accesat 18.10.2011]
- fig.2.2.4i Preluat de pe (a) <http://www.berlin.de/geschichte/historische-bilder/suche/index.php?popup&big&place=Anhalter+Bahnhof&page=1> [Accesat 21.10.2011]
(b) idem [Accesat 21.10.2011]
(c) http://en.wikipedia.org/wiki/Berlin_Anhalter_Bahnhof#mediaviewer/File:Berlin_Anhalter_Bahnhof_Bau_der_Halle_Schwartz.jpg [Accesat 18.10.2011]
(d) <http://www.berlin.de/geschichte/historische-bilder/suche/index.php?popup&big&place=Anhalter+Bahnhof&page=1> [Accesat 21.10.2011]
(e) http://www.bics.be.schule.de/son/verkehr/eisenbah/bahnhof/deutsch/berlin/f-bahn/b002_05.htm [Accesat 18.10.2011]
- fig.2.2.4j Preluat de pe (a) <http://alchemistpoonam.files.wordpress.com/2008/07/train-station-in-amsterdam.jpg> [Accesat 21.10.2011]
(b) <http://www.oldstratforduponavon.com/amsterdam.html> [Accesat 21.10.2011]
(c) <http://transpressnz.blogspot.com/2011/04/amsterdam-centraal-station.html> [Accesat 18.10.2011]

- fig.2.3.1a (d) <http://www.artoncanvas.co.za/gallery2/v/Buildings/> [Accesat 18.10.2011]
Preluat de pe http://www.scotlandspplaces.gov.uk/search_item/index.php?service=RCAHMS&id=44140 [Accesat 20.10.2011]
- fig. 2.3.1b (a) <http://guttae.blogspot.ro/2011/08/peter-ellis-1808-88-oriel-chambers.html> [Accesat 20.10.2011]
(b) <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=405822> [Accesat 06.09.2008]
- fig.2.3.1c Preluat de pe http://en.wikipedia.org/wiki/16_Cook_Street#mediaviewer/File:16_Cook_Street_256.jpg [Accesat 06.09.2008]
- fig. 2.3.1d Preluat de pe (a) <http://www.all-art.org/Architecture/23-12.htm> [Accesat 28.09.2008]
(b) <http://archiveofaffinities.tumblr.com/post/4601539858/william-le-baron-jenny-leiter-building-i-first> [Accesat 20.10.2011]
(c) <http://www.all-art.org/Architecture/23-12.htm> [Accesat 28.09.2008]
- fig.2.3.1e Preluat de pe <http://encyclopedia.chicagohistory.org/pages/10496.html> [Accesat 10.08.2008]
- fig.2.3.1f Preluat de pe http://en.wikipedia.org/wiki/Home_Insurance_Building#mediaviewer/File:Home_Insurance_Building.JPG [Accesat 07.08.2008]
- fig.2.3.1g Preluat de pe http://en.wikipedia.org/wiki/Marshall_Field%27s_Wholesale_Store#mediaviewer/File:Marshall_Field_Warehouse_Store.jpg [Accesat 10.08.2008]
- fig.2.3.1h Preluat de pe http://www.avenuedstereo.com/modern/burnham_rookery2.jpg [Accesat 10.10.2011]
- fig.2.3.1i Preluat de pe http://www.prairiestyles.com/lisullivan_comm.htm [Accesat 10.10.2011]
- fig.2.3.1j Preluat de pe http://digital-libraries.saic.edu/cdm4/item_viewer.php?CISOROOT=/halic&CISOPTR=2199&CISOBOX=1&REC=5 [Accesat 07.09.2008]
- fig. 2.3.1k Preluat de pe (a) http://www.corusconstruction.com/en/reference/teaching_resources/architectural_studio_reference/history/the_development_of_the_steel_frame/frames/ [Accesat 11.08.2008]
(b) http://www.officemuseum.com/IMagesWWW/1889_Tower_Building_NYC_Museum_of_the_City_of_NY_21.5_ft_wide.jpg [Accesat 06.09.2008]
- fig. 2.3.1l Preluat de pe (a) <http://guttae.blogspot.ro/2011/08/peter-ellis-1808-88-oriel-chambers.html> [Accesat 20.10.2011]
(b) <http://www.art.com/products/p602285380-sa-i4021128/principal-elevation-and-longitudinal-section-of-american-surety-building-1894.htm> [Accesat 20.10.2011]
- fig.2.3.1m Preluat de pe <http://www.loopnet.com/Listing/16330801/1133-Broadway-New-York-NY/> [Accesat 21.10.2011]
- fig.2.3.1n Preluat de pe <http://www.franktoket.pitt.edu/0510/Pindust.html> [Accesat 20.10.2011]
- fig.2.3.1o Preluat de pe <https://www.flickr.com/photos/urbanoasis/2307247471/> [Accesat 07.09.2008]
- fig. 2.3.1p Preluat de pe (a) <http://www.ithaca.edu/murphy/wb.html> [Accesat 07.08.2008]
(b) <http://www.flickr.com/photos/raimist/163161869/> [Accesat 21.10.2011]
(c) <http://archsoc.westphal.drexel.edu/New/ArcSocIIISA10.html> [Accesat 21.10.2011]
- fig. 2.3.1q Preluat de pe (a) <http://hellobeautifulblog.wordpress.com/category/louis-sullivan/> [Accesat 07.08.2008]
(b) <http://intranet.arc.miami.edu/rjohn/ARC%20268%20-%202003/Chicago%20School.htm> [Accesat 21.10.2011]

- fig. 2.3.1r Preluat de pe (a) http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/fnart/fa267/sullivan/carsonp1.jpg [Accesat 11.08.2008]
(b) <http://intranet.arc.miami.edu/rjohn/ARC%20268%20-%202003/Chicago%20School.htm> [Accesat 21.10.2011]
- fig. 2.3.2a Preluat de pe (a) <http://fp.reverso.net/balladine/1577/en/45-index.html> [Accesat 31.05.2014]
(b) Schulitz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.47
- fig. 2.3.2b Preluat de pe (a) <http://www.flickr.com/photos/miquelgregori/2883748635/sizes/m/in/photostream/> [Accesat 21.10.2011]
(b) <http://r-atencio.blogspot.ro/2011/03/victor-horta-and-whiplash-curve.html> [Accesat 21.10.2011]
(c) <http://www.bluffton.edu/~sullivanm/belgium/brussels/tassel/horta.html> [Accesat 08.09.2008]
- fig. 2.3.2c Preluat de pe (a) <http://www.flickr.com/photos/miquelgregori/2883748947/sizes/m/in/set-72157607461473724/> [Accesat 21.10.2011]
(b) <http://cityzenart.blogspot.ro/2010/09/lhotel-solvay.html> [Accesat 03.06.2014]
(c) idem [Accesat 03.06.2014]
- fig. 2.3.2d Preluat de pe (a) <http://www.bluffton.edu/~sullivanm/belgium/brussels/eetvelde/horta.html> [Accesat 08.09.2008]
(b) <http://www.studyblue.com/notes/note/n/lecture-8/deck/7812623> [Accesat 02.06.2014]
(c) idem <http://flickr.com/photos/33969808@N00/91418720> [Accesat 08.09.2008]
- fig. 2.3.2e Preluat de pe <http://www.ebru.be/Architectuur/archvolkshuis.html> [Accesat 11.08.2008]
- fig. 2.3.2f Preluat de pe http://www.listzblog.com/top_ten_deadly_fires_history_list.html [Accesat 25.10.2011]
- fig. 2.3.2g Preluat de pe (a) <http://aasid.parsons.edu/decorationascomposition/content/paris-metro-entrance-paris> [Accesat 11.08.2008]
(b) <http://www.bluffton.edu/~sullivanm/ohio/toledo/artmuseum/guimardwhole.jpg> [Accesat 11.08.2008]
(c) idem http://en.wikipedia.org/wiki/Architecture_of_the_Paris_M%C3%A9tro [Accesat 20.04.2014]
(d) <http://forum.simutrans.com/index.php?topic=5368.0> [Accesat 11.08.2008]
- fig. 2.3.2h Preluat de pe (a) <http://structurae.info/photos/56111-la-samaritaine-paris-1erbrpasserelle-entre-les-magasins-2-et-4> [Accesat 11.08.2008]
(b) <http://structurae.info/photos/24157-la-samaritaine-no-2-parisbrfacade-de-la-rue-de-la-monnaie> [Accesat 11.08.2008]
- fig. 2.3.2i Preluat de pe (a) http://bp1.blogger.com/_J5I22IvGFu8/SEjyDoUZShI/AAAAAAAAACRY/L8EnnnVz1YY/s1600-h/IMG+1.jpg [Accesat 28.09.2008]
(b) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/92/Gd_Bazar%2C_Rue_de_Rennes_%C3%A0_Paris_%282%29.jpg [Accesat 28.09.2008]
- fig. 2.3.2j Preluat de pe (a) <http://en.wikiarquitectura.com/index.php/File:53ped.jpg> [Accesat 25.10.2011]
(b) <http://www.docstoc.com/myoffice/recommendations?docId=134430056> [Accesat 25.11.2011]
(c) idem
(d) idem

- (e) <http://modernistespuntcom.blogspot.com/2010/07/casa-mila-la-pedrera.html>
[Accesat 25.10.2011]
- fig. 2.4.1a Preluat de pe (a) <http://nickkahler.tumblr.com/post/3168166625> [Accesat 27.10.2011]
(b) <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkcs/abc-structures-2005/iron/Beurs/Amsterdam-Beurs-Mercantile-Interior.jpg> [Accesat 27.10.2011]
(c) <http://www.all-art.org/Architecture/23-17.htm> [Accesat 27.10.2011]
- fig. 2.4.1b Preluat de pe (a) http://www.woch2wei.at/WAGNER_WERK/pressebilder/Wagner_Grundriss_8.jpg
[Accesat 27.10.2011]
(b) <http://www.lessing-photo.com/dispimg.asp?i=140303+3+&cr=3&cl=1>
[Accesat 27.10.2011]
(c) http://www.woch2wei.at/WAGNER_WERK/pressebilder/Wagner_Fassade_5.jpg
[Accesat 27.10.2011]
(d) <https://www.flickr.com/photos/maclosky/2807075788/> [Accesat 27.10.2011]
- fig. 2.4.1c Preluat de pe (a) <http://bauhaus-online.de/atlas/werke/aeg-turbinenhalle-in-berlin>
[Accesat 27.10.2011]
(b) <http://eng.archinform.net/projekte/2515.htm> [Accesat 27.10.2011]
(c) <http://www.pecher-planungsgruppe.com/www.pecher-architektur.de/AEG-turbinenhalle.html> [Accesat 27.10.2011]
(d) http://www.greatbuildings.com/buildings/A._E._G._High_Tension_Fac.html
[Accesat 27.10.2011]
- fig. 2.4.2a Preluat de pe (a) <http://eng.archinform.net/projekte/619.htm> [Accesat 25.09.2008]
(b) idem
(c) <http://www.all-art.org/Architecture/25-4.htm> [Accesat 27.10.2011]
(d) idem
- fig. 2.4.2b Preluat de pe (a) <http://www.studyblue.com/notes/note/n/arch-350-exam-2/deck/10185706> [Accesat 13.08.2008]
(b) idem
- fig. 2.4.3a Preluat de pe <http://eng.archinform.net/medien/00000098.htm> [Accesat 25.09.2008]
- fig. 2.4.3b Preluat de pe <http://quod.lib.umich.edu/cgi/i/image/image-idx?id=S-UMMU2IC-X-LS009862> [Accesat 25.09.2008]
- fig. 2.4.3c Preluat de pe <http://eng.archinform.net/arch/8971.htm> [Accesat 28.09.2008]
- fig. 2.4.3d Preluat de pe (a) http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Shukhov_tower_photo_by_Sergei_Arsenyev_67k.jpg [Accesat 25.09.2008]
(b) <http://arkinetblog.wordpress.com/2010/04/16/vladimir-shukhov/> [Accesat 27.10.2011]
(c) <http://www.youtube.com/watch?v=ykLxCs6SPSw> [Accesat 27.10.2011]
- fig. 2.4.4a Preluat de pe (a) <http://www.archdaily.com/99698/ad-classics-rietveld-schroder-house-gerrit-rietveld/schroder1/> [Accesat 28.09.2008]
(b) <http://www.archdaily.com/99698/ad-classics-rietveld-schroder-house-gerrit-rietveld/schroder30/> [Accesat 27.10.2011]
(c) <http://www.archdaily.com/99698/ad-classics-rietveld-schroder-house-gerrit-rietveld/schroder28/> [Accesat 27.10.2011]
(d) <http://www.archdaily.com/99698/ad-classics-rietveld-schroder-house-gerrit-rietveld/schroder24/> [Accesat 27.10.2011]
(e) <http://www.archdaily.com/99698/ad-classics-rietveld-schroder-house-gerrit-rietveld/schroder25/> [Accesat 27.10.2011]
(f) <http://www.archdaily.com/99698/ad-classics-rietveld-schroder-house-gerrit-rietveld/schroder27/> [Accesat 27.10.2011]
- fig. 2.4.5a Preluat de pe (a) <http://eng.archinform.net/projekte/1351.htm> [Accesat 21.09.2008]

- (b) <http://rudernow.blogspot.com/2009/10/hannes-meyer.html> [Accesat 27.10.2011]
- fig. 2.4.5b Preluat de pe <http://www.mcah.columbia.edu/dbcourses/publicportfolio.cgi?view=925> [Accesat 27.10.2011]
- fig. 2.4.5c Preluat de pe <http://www.brianrose.com/portfolio/van%20nelle/vannelle.htm> [Accesat 21.09.2008]
- fig. 2.4.5d Preluat de pe (a) <http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.129/3752> [Accesat 27.10.2011]
(b) http://syby07.wix.com/sibilateatro#!__teatro-moderno [Accesat 25.09.2008]
- fig. 2.4.5e Preluat de pe (a) <http://www.superstock.com/stock-photos-images/1848-440146> [Accesat 27.10.2011]
(b) <http://www.studyblue.com/notes/note/n/250-4/deck/6110760> [Accesat 27.10.2011]
(c) <http://soa.syr.edu/faculty/bcoleman/ARC523/images/housing/mies.weissenhof.stuttgart.gif> [Accesat 27.10.2011]
(d) http://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Weissenhof_photo_apartment_house_Mies_van_der_Rohe_Stuttgart_Germany_2005-10-08.jpg [Accesat 25.09.2008]
- fig. 2.4.5f Preluat de pe (a) <http://www.studyblue.com/notes/note/n/quiz-2/deck/4390896> [Accesat 13.08.2008]
(b) <http://www.ochshorndesign.com/cornell/writings/steel-part4.html> [Accesat 28.10.2011]
(c) <http://eng.archinform.net/projekte/2706.htm> [Accesat 28.10.2011]
(d) <http://aoarch.wordpress.com/2011/07/> [Accesat 28.10.2011]
- fig. 2.4.5g Preluat de pe (a) <http://www.slowclouds.com/architecture/the-maison-de-verre-on-treehugger/> [Accesat 13.08.2008]
(b) <http://satrya-newkeren.blogspot.com/2011/07/chateau-maison-de-verre.html> [Accesat 25.09.2008]
(c) <http://www.erzed.nl/enparis.html> [Accesat 28.10.2011]
- fig. 2.4.5h Preluat de pe (a) <http://www.archdaily.com/401528/ad-classics-the-dymaxion-house-buckminster-fuller/> [Accesat 28.09.2008]
(b) <http://davidszondy.com/future/Living/dymaxionhome.htm> [Accesat 28.10.2011]
(c) http://www.moma.org/collection/browse_results.php?criteria=O%3AAD%3AE%3A2030&page_number=1&template_id=1&sort_order=1 [Accesat 28.10.2011]
- fig. 2.4.5i Preluat de pe (a) <http://eng.archinform.net/projekte/2095.htm> [Accesat 28.09.2008]
(b) **Kenneth Frampton**, *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts 1995, p.177
(c) idem, p.178
(d) <http://louisyearwoodcpb.tumblr.com/> [Accesat 28.10.2011]
- fig. 2.4.5j Preluat de pe (a) <http://whc.unesco.org/en/list/1052/gallery/> [Accesat 13.08.2008]
(b) http://www.moma.org/collection/browse_results.php?criteria=O%3AAD%3AE%3A7166&page_number=112&template_id=1&sort_order=1 [Accesat 28.10.2011]
(c) <http://www.yellow-net.com/nitra-travel-toronto/unesco-czech-heritage-brno-villa-tugendhat-cerna-pole-interior-area.jpg> [Accesat 28.10.2011]
- fig. 2.4.5k Preluat de pe (a) <http://blog.modernica.net/?p=17579> [Accesat 28.09.2008]
(b) <http://www.pinterest.com/pin/292734044498900107/> [Accesat 28.10.2011]
(c) <http://www.hermanmiller.com/lifework/eames-house-fundraiser-youre-invited/> [Accesat 28.10.2011]

- (d)
http://users.tce.rmit.edu.au/e03159/ModMelb/mm2/lect/50_60_70/html/casestudy/casestudy1a.html [Accesat 28.10.2011]
- fig. 2.4.7a Preluat de pe <http://www.howardmodels.com/Architectural-Renderings/Chrysler/pic1.jpg> [Accesat 28.10.2011]
- fig. 2.4.7b Preluat de pe <http://anoteortwo.blogspot.com/> [Accesat 28.10.2011]
- fig. 2.4.8a Preluat de pe (a) <http://www.designboom.com/portrait/mies/twins.html> [Accesat 26.09.2008]
 (b) <http://ideasandforms.blogspot.ro/2010/05/architecture-between-craft-and.html> [Accesat 25.09.2008]
 (c) <http://uk.phaidon.com/agenda/architecture/articles/2014/july/21/the-story-behind-mies-van-der-rohes-name-changes/> [Accesat 28.10.2011]
- fig. 2.4.8b Preluat de pe <http://edificiosenlahistoria.blogspot.ro/2006/09/24-octubre-2006-lever-house-gordon.html> [Accesat 26.09.2008]
- fig. 2.4.8c Preluat de pe (a) <http://www.pinterest.com/pin/399131585696559013/> [Accesat 26.09.2008]
 (b) <http://eng.archinform.net/projekte/2096.htm> [Accesat 31.10.2011]
 (c) <http://vincemichael.wordpress.com/tag/farnsworth-house/> [Accesat 31.10.2011]
- fig. 2.4.8d Preluat de pe (a) http://de.wikipedia.org/wiki/Crown_Hall [Accesat 26.09.2008]
 (b) <http://jvillavisencio.blogspot.com/2010/08/mies-van-der-rohe-magnetismo-da-sua.html> [Accesat 31.10.2011]
 (c) <http://picasaweb.google.com/lh/photo/n2FHoJdHCP7vOzczgYpaYg> [Accesat 31.10.2011]
- fig. 2.4.8e Preluat de pe <http://www.trekearth.com/gallery/Europe/Germany/East/Berlin/Berlin/photo999519.htm> [Accesat 31.10.2011]
- fig. 2.5.1a Preluat de pe (1)
<http://archipressone.files.wordpress.com/2012/09/archigramw.gif> [Accesat 26.09.2013]
 (2) <http://www.pencil.com/gallery1.php?show=7204&p=699619861169> [Accesat 31.10.2013]
 (3) <http://whitehotmagazine.com/articles/2009-buckminster-fuller-mca-chicago/1774> [Accesat 31.10.2011]
- fig. 2.5.1b Preluat de pe <http://www.centrepompidou.fr/education/ressources/ENS-architecture-Centre-Pompidou/index.html> [Accesat 01.11.2011]
- fig. 2.5.1c Preluat de pe <http://www.fosterandpartners.com/projects/hongkong-and-shanghai-bank-headquarters/> [Accesat 01.11.2011]
- fig. 2.5.1d Preluat de pe <http://www.richardrogers.co.uk/render.aspx?siteID=1&navIDs=1,4,25,485&showImages=detail&sortBy=&sortDir=&imageID=229> [Accesat 28.09.2008]
- fig. 2.5.1e Preluat de pe http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Olympic_park_12.jpg [Accesat 28.09.2008]
- fig. 2.5.2a Preluat de pe <http://architecture.about.com/od/greatbuildings/ig/Modern-and-Postmodern-Houses/Glass-House.htm> [Accesat 28.09.2008]
- fig. 2.5.2b Preluat de pe <http://4architecture.blogspot.ro/2010/08/at-building.html> [Accesat 01.11.2011]
- fig. 2.5.3a Preluat de pe (a) <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/rooftop-remodeling-falkestrasse> [Accesat 27.06.2014]
 (b) idem
- fig. 2.5.3b Preluat de pe <http://eng.archinform.net/projekte/1336.htm> [Accesat 01.11.2011]
- fig. 2.5.3c Preluat de pe <http://www.cinnamoncircle.com/blog/2011/12/21/the-pique-of-excellence-abu-dhabi-reaches-for-the-stars/> [Accesat 27.06.2014]

- fig. 2.6a Preluat de pe http://www.academics.com/science/gallery_research_locations_stuttgart_1_39106.html [Accesat 15.06.2012]
- fig. 2.6b Alexander Tzonis, *Santiago Calatrava - The Poetics of Movement*, Thames & Hudson Ltd 1999, reprintată 2001, p.45
- fig. 2.6c Preluat de pe <http://grimshaw-architects.com/project/international-terminal-waterloo/> [Accesat 11.06.2012]
- fig. 2.6d Charles Jencks, *The New Paradigm In Architecture - The Language of Post-Modernism*, Yale University Press New Haven and London 2002, reprintată 2008, p.235
- fig. 2.6e Preluat de pe <http://www.jeannouvel.com/> [Accesat 15.06.2012]
- fig. 2.6f Preluat de pe <http://www.tschumi.com/projects/14/> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6g Preluat de pe (a) http://www.perraultarchitecte.com/en/projects/2464-velodrome_and_olympic_swimming_pool.htm [Accesat 12.06.2012]
(b) *The Master Architect Series IV - Dominique Perrault - Selected and Current Works*, images Publishing Group 2001, p.185
- fig. 2.6h Preluat de pe <http://www.mvrdv.nl/#/projects/015wozoco> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6i Preluat de pe (a) <http://www.nox-art-architecture.com/> [Accesat 15.06.2012]
(b) <http://www.zonneveld.com/en/projects/special/delta-expo,-neeltje-jans> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6j Preluat de pe <http://www.fosterandpartners.com/Projects/0793/Default.aspx> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6k Preluat de pe <http://agentnunn.blogspot.ro/2012/04/experience-music-project-seattle-wa-usa.html> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6l Preluat de pe <http://grimshaw-architects.com/project/the-eden-project-the-biomes/> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6m Preluat de pe (a) https://www.flickr.com/photos/xosi_ra/2890137137/sizes/m/in/photostream/ [Accesat 12.06.2012]
(b) http://www.toyo-ito.co.jp/WWW/Project_Descript/2000-/2000-p_04/2000-p_04_en.html [Accesat 13.06.2012]
- fig. 2.6n Preluat de pe (a) <http://azpa.com/#/projects/465> [Accesat 15.06.2012]
(b) <http://designmuseum.org/design/foreign-office-architects> [Accesat 15.06.2012]
- fig. 2.6o Preluat de pe <http://www.rsh-p.com/render.aspx?siteID=1&navIDs=1,4,25,661> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6p Preluat de pe (a) <http://www.kisho.co.jp/page.php/268> [Accesat 15.06.2012]
(b) <http://theroxor.com/2009/11/03/the-most-beautiful-stadiums-in-the-world/> [Accesat 15.06.2012]
- fig. 2.6q Preluat de pe <http://www.cylee.com/> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6r Preluat de pe <http://www.fosterandpartners.com/Projects/> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6s Preluat de pe <http://www.architectsjournal.co.uk/news/daily-news/lords-media-centre-revamp-gets-underway/8627759.article> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6t Preluat de pe <http://www.flickr.com/photos/wojtekgurak/5160204048/sizes/m/in/photostream/> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6u Preluat de pe (a) <http://oma.eu/projects/2004/seattle-central-library> [Accesat 12.06.2012]
(b) idem
- fig. 2.6v Preluat de pe (a) <http://www.edh-web.com/> [Accesat 12.06.2012]
(b) idem
- fig. 2.6w Preluat de pe <http://www.arcspace.com/architects/cook/> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6x Preluat de pe <http://www.takenaka.co.jp/> [Accesat 12.06.2012]
- fig. 2.6y Preluat de pe https://www.allianz.com/en/about_us/strategy_values/sponsoring/allianz_arena.html [Accesat 05.06.2014]

- fig. 2.6z Preluat de pe <http://www.alsoparchitects.com/> [Accesat 13.06.2012]
- fig. 2.6aa Preluat de pe (1) <http://www.serpentinegallery.org/architecture/> [Accesat 13.06.2012]
(2) <http://www.guardian.co.uk/artanddesign/2010/may/23/serpentine-pavilions-ten-years-on>
(3) idem
(4) idem
- fig. 2.6bb Preluat de pe <http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=117> [Accesat 15.06.2012]
- fig. 2.6cc Preluat de pe (a) <http://www.fuksas.it/#/progetti/0703/> [Accesat 13.06.2012]
(b) idem
- fig. 2.6dd Preluat de pe <http://www.ctbuh.org/News/GlobalTallNews/tabid/468/EntryId/4369/Rem-Koolhaas-Discusses-the-CCTV-Tower.aspx> [Accesat 05.06.2014]
- fig. 2.6ee Preluat de pe (a) <http://www.coop-himmelblau.at/> [Accesat 15.06.2012]
(b) idem
- fig. 2.6ff Preluat de pe (a) <http://beijing-birds-nest.com/national-stadium/> [Accesat 15.06.2012]
(b) <http://www.archdaily.com/6059/inside-herzog-de-meuron-beijing-birds-nest/> [Accesat 15.06.2012]
- fig. 2.6gg Preluat de pe (a) <http://www.flickr.com/photos/88315679@N00/2244308900/> [Accesat 22.03.2009]
(b) <http://www.flickr.com/photos/88315679@N00/2441129940/> [Accesat 13.06.2012]
- fig. 2.6hh Preluat de pe (a) <http://www.zaha-hadid.com/architecture/guangzhou-opera-house/#> [Accesat 13.06.2012]
(b) idem
- fig. 2.6ii Preluat de pe (a) <http://europaconcorsi.com/projects/16850-Tea-House-On-Bunker> [Accesat 05.06.2014]
(b) <http://www.unstudio.com/projects/tea-house-on-bunker> [Accesat 13.06.2012]
- fig. 2.6jj Preluat de pe (a) <http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php> [Accesat 19.06.2012]
(b) http://blog.lib.umn.edu/yuanx072/architecture/2008/03/nicely_documented_architecture.html [Accesat 05.06.2014]
- fig. 2.6kk Preluat de pe (a) http://www.detail360.de/projekt/dokumentationszentrum-hinzert-in-hinzert-pjid_792.htm?fotoid=2 [Accesat 19.06.2012]
(b) idem
(c) idem

Anexa 2

- fig. 3.2a Preluat de pe <http://beta.historicmapworks.com/Buildings/index.php?state=NY&city=New%20York&id=25182> [Accesat 30.05.2014]
- fig. 3.2b Rowland J. Mainstone, *Developments in structural form*, ediția a II-a 1998, Architectural Press, reprintedă 2005, pp.149
- fig. 3.2c Rowland J. Mainstone, *Developments in structural form*, ediția a II-a 1998, Architectural Press, reprintedă 2005, pp.149
- fig. 3.2d Preluat de pe http://mediation.centrepompidou.fr/education/ressources/ENS-architecture-Centre-Pompidou/comment_ca_fonctionne/p3.htm [Accesat 16.05.2014]

- fig. 3.3a (a) Rudolph Gottgetreu, *Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen*, Ernst&Korn 1885, p.117
(b) <http://www.mikeagranoff.com/England07/Pics/18%20Ironbridge%20Detail.JPG> [Accesat 16.05.2014]
- fig. 3.3b (a) Preluat de pe <https://www.flickr.com/photos/ya3hs3/2530674247/> [Accesat 07.08.2008]
(b) Rudolph Gottgetreu, *Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen*, Ernst&Korn 1885, p.219
- fig. 3.3c Preluat de pe http://seattletimes.com/html/pacificnw/2011961711_pacificpemp06.html [Accesat 22.05.2014]
- fig. 3.4a (a) Preluat de pe <http://www.studyblue.com/notes/note/n/exam-3/deck/1632197> [Accesat 21.05.2014]
(b) Rudolph Gottgetreu, *Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen*, Ernst&Korn 1885, p.402
- fig. 3.4b Preluat de pe <http://fet.uwe.ac.uk/conweb/commercial/ironandsteel/section3.htm> [Accesat 22.05.2014]
- fig. 3.4c Preluat de pe <http://www.twcenter.net/forums/showthread.php?553605-The-House-of-Acanthus-%28inspired-by-The-Nowhere-Legion-by-SBH-%29-Last-Update-8-June-2013/page2> [Accesat 17.05.2014]
- fig. 3.4d Rudolph Gottgetreu, *Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen- Atlas*, Ernst&Korn 1885, plansa XXV
- fig. 3.4e Preluat de pe <http://anotherheader.wordpress.com/2012/09/15/wales-menai-suspension-bridge/> [Accesat 17.05.2014]
- fig. 3.4f Preluat de pe http://happyontist.blogspot.ro/2012_02_01_archive.html [Accesat 07.06.2014]
- fig. 3.4g Preluat de pe <http://www.art.co.uk/products/p12341109-sa-i1676669/brooklyn-bridge-climb-1926.htm> [Accesat 10.10.2011]
- fig. 3.4h Preluat de pe <http://chestofbooks.com/crafts/metal/Construction-Mild-Steel/Lattice-Girderwork-For-Roofing.html#.U5LHznYyIAo> [Accesat 07.06.2014]
- fig. 3.4i Preluat de pe http://www.pakuya.com/upload/20110728/Lattice_column.jpg [Accesat 07.06.2014]
- fig. 3.4j Preluat de pe (a) <http://nocloudinthesky.wordpress.com/page/5/> [Accesat 27.05.2014]
(b) <http://bobbarton.tumblr.com/post/20850615545/carl-zeiss-planetarium-dome-1926-jena-germany> [Accesat 27.05.2014]
- fig. 3.6.1 Helmut C. Schulitz, Werner Sobek, Karl J. Habermann, *Construire en ancier*, tradus de Didier Debord, PPUR presses polytechniques 2003, pp.21
- fig. 3.6.2a Preluat de pe http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/teaching_resources/architectural_studio_reference/history/the_technology_of_iron_and_steel/the_history_of_the_manufacturing_and_shaping_of_iron_and_steel_components/ [Accesat 02.06.2014]
- fig. 3.6.2b Beatriz Mugayar Kühl, *Arquitetura do ferro e arquitetura ferroviária em São Paulo: reflexões sobre a sua preservação*, São Paulo: Ateliê Editorial: Fapesp: Secretaria da Cultura, 1998, pp 25
- fig. 3.6.2c Preluat de pe <http://viewfinder.english-heritage.org.uk/search/reference.aspx?uid=74628&index=156&mainQuery=Albert&searchType=all&form=home> [Accesat 17.05.2014]
- fig. 3.6.2d Preluat de pe (a) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dianabad-Hallenkonstruktion_um_1842.jpg [Accesat 03.11.2011]
- fig. 3.6.2e (a) Kenneth Frampton, *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts 1995, p.48
(b) http://www.moma.org/explore/inside_out/2013/05/08/henri-labroustes-precision-and-liberty-2 [Accesat 16.05.2014]

- fig. 3.6.2f Preluat de pe <http://wildlace.blogspot.com/2010/05/oxford-university-museum-of-natural.html> [Accesat 17.10.2011]
- fig. 3.6.2g (a) Kenneth Frampton, *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts 1995, p.47
(b) <http://www.all-art.org/history408-1.html> [Accesat 03.10.2011]
- fig. 3.6.2h Preluat de pe (a) <http://www.pinterest.com/gthonnat/guimard/> [Accesat 24.05.2014]
(b) idem
(c) <http://parisbreakfasts.blogspot.ro/2010/02/hector-guimard.html> [Accesat 24.05.2014]
(d) <http://www.parislogue.com/featured-articles/the-most-beautiful-metro-stations-in-paris.html> [Accesat 24.05.2014]
(e) <http://artnouveauanddeco.tumblr.com/post/4396746776/hector-guimard-metro> [Accesat 24.05.2014]
(f) http://www.amtuir.org/04_htu_metro_paris/cmp_1900_1903/images/1900_etoile_guimard_ratp.htm [Accesat 24.05.2014]
- fig. 3.6.3b Preluat de pe <http://inthedistance.net/2014/01/20/waiting-at-st-lazare/> Accesat 17.05.2014]
- fig. 3.6.3c Preluat de pe <http://photoenligne.free.fr/Top/TopParis.html> [Accesat 18.05.2014]
- fig. 3.6.3d Preluat de pe http://www.kcet.org/updaily/socal_focus/history/la-as-subject/the-oldest-things-in-southern-californias-archives-part-2.html [Accesat 24.05.2014]
- fig. 3.6.3e Preluat de pe (a) <http://home.arcor.de/amokameise/Horta.html> [Accesat 18.05.2014]
(b) <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=902270&page=36> [Accesat 22.06.2014]
- fig. 3.6.4a Preluat de pe (a) <https://www.photographersgallery.com/photo.asp?id=1271> [Accesat 18.05.2014]
(b) http://www.iguzzini.co.uk/architectural_lighting_Paddington_Station [Accesat 18.05.2014]
- fig. 3.6.4b Preluat de pe (a) <http://shukhov.org/news.html?n=54&id=6> [Accesat 11.03.2009]
(b) Aurelio Muttoni, *L'art des structures: une introduction au fonctionnement des structures en architecture*, PPUR presses polytechniques 2004, p.78
(c) idem
- fig. 3.6.4c (a) Schultz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.41
(b) idem
(c) <http://www.conlab.org/acl/thereallybigmap/exhibit/designprecedent.html> [Accesat 18.05.2014]
(d) <http://electrospark.blogspot.ro/2009/11/united-states-pavilion-at-expo-1958-in.html> [Accesat 18.05.2014]
- fig. 3.6.5a (a) Jaroslav Kadlčák, *Statics of Suspension Cable Roofs*, A.A. Balkema 1995
(b) Rowland J. Mainstone, *Developments in structural form*, ediția a II-a 1998, Architectural Press, reprintată 2005, pp.149
- fig. 3.6.5b Preluat de pe (a) http://cv.uoc.edu/~04_999_01_u07/boudon.html [Accesat 18.05.2014]
(b) http://www.ivanshumkov.com/R09_Thesis.html [Accesat 18.05.2014]
- fig. 3.6.5c Preluat de pe (a) <http://planetdamage.tumblr.com/post/60213094500/rudygodinez-frei-otto-and-rolf-gutbrod-german> [Accesat 18.05.2014]
(b) <http://www.fineart.utoronto.ca/canarch/quebec/montreal/germ.html> [Accesat 14.03.2009]
(c) <http://www.aaa.si.edu/collections/images/detail/german-pavilion-designed-frei-otto-under-construction-expo-67-montreal-12816> [Accesat 18.05.2014]

- fig. 3.6.5d Preluat de pe (a) http://www.flickr.com/photos/atelier_flir/2752219682/ [Accesat 22.03.2009]
(b) <http://www.tensinet.com/database/viewProject/3779.html> [Accesat 18.05.2014]
- fig. 3.6.5e Preluat de pe (a) <http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/PATCENT/PA.html> [Accesat 18.05.2014]
(b) idem
- fig. 3.6.5f Preluat de pe (a) <http://subtilitas.tumblr.com/post/37796101524/norman-foster-renault-distribution-center> [Accesat 18.05.2014]
(b) http://www.swindonadvertiser.co.uk/news/8226161.Car_seat_supplier_leases_Spectrum/ [Accesat 18.05.2014]
(c) <http://www.all-art.org/Architecture/25-23.htm> [Accesat 18.05.2014]
- fig. 3.6.6a Schultz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.44
- fig. 3.6.6b (a) idem p.45
(b) Preluat de pe <http://retaildesignblog.net/2012/05/03/schrannenhalle-marketplace-by-oliv-architekten-ingenieure-munich/> [Accesat 18.05.2014]
- fig. 3.6.6c Preluat de pe http://en.wikipedia.org/wiki/File:Euston_Station_showing_wrought_iron_roof_of_1837.jpg [Accesat 18.05.2014]
- fig. 3.6.6d Preluat de pe http://www.disused-stations.org.uk/n/nottingham_victoria/ [Accesat 18.05.2014]
- fig. 3.6.6e Preluat de pe (a) <http://www.arthistory.upenn.edu/spr01/282/w3c2i11.htm> [Accesat 18.05.2014]
(b) http://books.google.com/books?id=KTQBvkU5dVAC&pg=PA377&dq=maison+du+people+horta&lr=&as_brr=3#PPA377,M1
- fig. 3.6.6f Preluat de pe <http://www.studyblue.com/notes/note/n/20th-century-architecture/deck/5933831> [Accesat 25.05.2014]
- fig. 3.6.7a (a) Schultz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.64
preluat de pe (b) <http://www.mcgill.ca/mchg/pastproject/cristal/> [Accesat 11.03.2009]
(c) Donald Langmead, Christine Garnaut, *Encyclopedia of Architectural and Engineering Feats*, ABC-CLIO 2001, p.84
- fig. 3.6.7b Preluat de pe (a) <http://www.arthistory.upenn.edu/spr01/282/w3c2i11.htm> [Accesat 18.05.2014]
(b) <http://archimaps.tumblr.com/post/33559820018/construction-drawings-for-baltards-halles> [Accesat 11.10.2011]
- fig. 3.6.7c Preluat de pe (a) <http://www.juliusshulmanfilm.com/2009/01/stahl-house-case-study-house-22-open-to-public-for-tours> [Accesat 25.05.2014]
(b) <http://blog.modernica.net/a-great-little-post-with-map-of-case-study-houses-from-curbed-la/> [Accesat 25.05.2014]
- fig. 3.6.7d Preluat de pe (a) <http://images.lib.ncsu.edu/luna/servlet/view/all/when/Modern?widgetFormat=javascript&res=2&widgetType=thumbnail&showAll=who&embedded=true&cic=NCSULIB~1~1,NCSULIB~2~2&os=1600> [Accesat 25.05.2014]
(b) idem
- fig. 3.6.7e Preluat de pe (a) <http://images.lib.ncsu.edu/luna/servlet/view/all/when/Modern?widgetFormat=javascript&res=2&widgetType=thumbnail&showAll=who&embedded=true&cic=NCSULIB~1~1,NCSULIB~2~2&os=1700> [Accesat 25.05.2014]
(b) idem
(c) idem
- fig. 3.6.8a Preluat de pe <http://www.fotolibra.com/gallery/545213/748uk-st-pancras-station-london-uk/> [Accesat 20.05.2014]

- fig. 3.6.8b Preluat de pe <http://www.arthistory.upenn.edu/spr01/282/w2c1i14.htm> [Accesat 07.08.2008]
- fig. 3.6.8c Preluat de pe <http://www.panoramio.com/photo/5687551> [Accesat 20.05.2014]
- fig. 3.6.8d Preluat de pe http://en.wikipedia.org/wiki/Broad_Street_Station_%28Philadelphia%29 [Accesat 20.05.2014]
- fig. 3.6.9a (a) Schulitz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.52
(b) idem
- fig. 3.6.9b Preluat de pe <https://cercle.upc.edu/review/007>. [Accesat 20.05.2014]
- fig. 3.6.9c Preluat de pe <http://www.aerospace-technology.com/projects/cargolifter/cargolifter4.html> [Accesat 27.05.2014]
- fig. 3.6.9d Preluat de pe <http://www.bdonline.co.uk/stephen-hodder%E2%80%99s-inspiration-sainsbury-centre-norwich/5029920.article> [Accesat 20.05.2014]
- fig. 3.6.10a Preluat de pe (a) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/Biosph%C3%A8re_Montr%C3%A9al2.jpg [Accesat 14.03.2009]
(b) <http://www.vivaboo.com/the-montreal-biosphere-is-a-modern-eco-museum/> [Accesat 20.05.2014]
- fig. 3.6.10b Preluat de pe (a) http://en.wikipedia.org/wiki/The_Eden_Project#mediaviewer/File:Eden_project.JPG [Accesat 22.03.2009]
(b) http://en.wikipedia.org/wiki/The_Eden_Project#mediaviewer/File:Eden_project2.jpg [Accesat 22.03.2009]
- fig. 3.6.11a Preluat de pe <http://pdfhost.focus.nps.gov/docs/NHLS/Photos/01001049.pdf> [Accesat 28.01.2009]
- fig. 3.7.2a Preluat de pe <http://www.search.secretshropshire.org.uk/engine/resource/default.asp?theme=&originator=%2Fengine%2Ftheme%2Fdefault.asp&page=6&records=9610&direction=1&pointer=13116&text=0&resource=3702> [Accesat 11.10.2011]
- fig. 3.7.2b Preluat de pe <http://www3.tate.org.uk/research/researchservices/archive/showcase/item.jsp?view=detail&item=1659> [Accesat 28.05.2014]
- fig. 3.7.3a Preluat de pe <http://www.google.com/patents/US7337> [Accesat 02.06.2014]
- fig. 3.7.3b Preluat de pe <http://www.loc.gov/pictures/item/ny0393.photos.119963p/> [Accesat 30.05.2014]
- fig. 3.7.3c Preluat de pe (a) http://facadesconfidential.blogspot.ro/2013_06_01_archive.html [Accesat 30.05.2014]
(b) idem
- fig. 3.7.4a Preluat de pe (a) <http://viewfinder.english-heritage.org.uk/search/reference.aspx?uid=73398&index=0&mainQuery=sheerness&searchType=all&form=home> [Accesat 30.05.2014]
(b) idem
- fig. 3.7.4b Maria Antonietta Crippa, *Antoni Gaudi, 1852-1926: From Nature to Architecture*, Taschen 2003, p.66
- fig. 3.7.4c Preluat de pe (a) <http://www.archdaily.com/109135/ad-classics-barcelona-pavilion-mies-van-der-rohe/> [Accesat 31.05.2014]
(b) <http://growandthrive-afh.blogspot.ro/> [Accesat 28.10.2011]
- fig. 3.7.5a Preluat de pe (a) <http://interactive.wttw.com/loop/lost-loop/home-insurance-building> [Accesat 31.05.2014]
(b) <http://video.wttw.com/video/2169473035/> [Accesat 31.05.2014]
(c) <http://www.jmhdezdez.com/2013/06/home-insurance-building-chicago.html> [Accesat 31.05.2014]
- fig. 3.7.5b Preluat de pe (a) http://www.tboake.com/steel/skyscraper_chicago.html [Accesat 21.10.2011]
(b) <http://video.wttw.com/video/2169473035/> [Accesat 31.05.2014]

- (c)
http://en.wikipedia.org/wiki/Reliance_Building#mediaviewer/File:Reliance_Building_%28Burnham_Hotel%29_-_Chicago,_Illinois.JPG [Accesat 11.08.2008]
- fig. 3.7.5c (a) Schultz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.56
 (b) idem
 (c) idem
- fig. 3.7.5d Preluat de pe (a) <http://untappedcities.com/2010/07/28/the-maison-de-verre-house-of-glass/> [Accesat 31.05.2014]
 (b) <http://reallyarchitecture.blogspot.ro/2008/01/licing-in-glass-house-chareaus-maison.html> [Accesat 31.05.2014]
- fig. 3.7.6a Preluat de pe <http://afasiaarq.blogspot.com/2010/03/krueck-sexton-architects-mies-van-der-31.html> [Accesat 31.05.2014]
- fig. 3.7.6b Paul Katz, *Building Type Basics for Office Buildings*, John Wiley & Sons 2002, p.91
- fig. 3.7.6c Preluat de pe <http://www.misiuneacasa.ro/sears-tower---unul-dintre-primii-zgarie-nori-din-lume.html> [Accesat 14.03.2009]
- fig. 3.7.7a Preluat de pe (a) <http://fp.reverso.net/balladine/1577/en/45-index.html> [Accesat 31.05.2014]
 (b) http://arquiteturamashistoria.blogspot.com/2007_08_01_archive.html [Accesat 14.03.2009]
- fig. 3.7.7b (a) Alan Blanc, Michael McEvoy, Roger Plank, *Architecture and Construction in Steel*, Taylor & Francis 2004, p.225
 (b) http://www.som.com/projects/john_hancock_center [Accesat 14.03.2009]
 (c) idem

Anexa 3

- Plansa 1 (a) <http://pdfhost.focus.nps.gov/docs/NHLS/Photos/01001049.pdf> [Accesat 18.03.2009]
 (b) idem
 (c) idem
 (d) dem
 (e) Kenneth Frampton, *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts 1995, p.201
 (f) idem
 (g) idem p.202
- Plansa 2 (a) Kenneth Frampton, *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, Graham Foundation for Advanced Studies in the Fine Arts 1995, p.200
 (b) idem
 (c) http://www.docstoc.com/docs/134430511/Plans_-_Sections-and-Elevations---Seagram-Building---Mies-van-der-Rohepdf [Accesat 31.05.2014]
 (d) idem
 (e) <http://archiveofaffinities.tumblr.com/post/4237756321/mies-van-der-rohe-seagram-building-new-york-new> [Accesat 31.05.2014]
 (f) <http://www.flickr.com/photos/pesterussa/3251408518/> [Accesat 18.03.2009]
 (g) <http://www.millepercorsi.it/5.arte/seagram.html> [Accesat 18.03.2009]
 (h) http://thelyingtruthofarchitecture.files.wordpress.com/2011/08/1-5451_127433685378_56200560378_3455255_2710976_n1.jpg [Accesat 31.05.2014]

- (i) <http://www.flickr.com/photos/8534413@N03/3161044480/> [Accesat 18.03.2009]
- Plansa 3 (a) <http://www.tensinet.com/database/viewProject/3779.html> [Accesat 31.05.2014]
 (b) 5th GRACM International Congress on Computational Mechanics Limassol, 29 June – 1 July, 2005, Marios C. Phocas, John Argyris and his decisive contribution in the development of light-weight structures from follows force
 (c) idem
 (d) Leonard R. Bachman, *Integrated Buildings: The Systems Basis of Architecture*, John Wiley & Sons 2004, p.256
 (e) <https://www.yumpu.com/de/document/view/7230496/dokument-4pdf-universitat-stuttgart/7>
 (f) idem
 (g) 5th GRACM International Congress on Computational Mechanics Limassol, 29 June – 1 July, 2005, Marios C. Phocas, John Argyris and his decisive contribution in the development of light-weight structures from follows force
 (h) <http://www.tensinet.com/database/viewProject/3779.html> [Accesat 31.05.2014]
 (i) idem
 (j) idem
 (k) http://www.flickr.com/photos/atelier_flir/2751389185/ [Accesat 22.03.2009]
 (l) Iver Wahl, *Building Anatomy (McGraw-Hill Construction Series): An Illustrated Guide to How Structures Work*, McGraw Hill Professional 2007
 (m) http://www.flickr.com/photos/atelier_flir/2752219682/ [Accesat 22.03.2009]
 (n) 5th GRACM International Congress on Computational Mechanics Limassol, 29 June – 1 July, 2005, Marios C. Phocas, John Argyris and his decisive contribution in the development of light-weight structures from follows force
 (o) <http://www.flickr.com/photos/27728538@N00/239584119/> [Accesat 22.03.2009]
- Plansa 4 (a) Renzo Piano, *Renzo Piano*, Birkhäuser 2003
 (b) Leonard R. Bachman, *Integrated Buildings: The Systems Basis of Architecture*, John Wiley & Sons 2004, p.349
 (c) Schultz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.304
 (d) Schultz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.303
 (e) idem
 (f) Paul von Naredi-Rainer, *Entwurfsatlas Museumsbau*, Birkhäuser (trad.en. de Fiona Greenwood Museum buildings - A design manual, Berlin, Birkhäuser, 2004) pp.248
 (g) Alan Blanc, Michael McEvoy, Roger Plank, *Architecture and Construction in Steel*, Taylor & Francis 2004, p.530
 (h) <http://www.richardrogers.co.uk/render.aspx?siteID=1&navIDs=1,4,24,120,180&showImages=detail&sortBy=&sortDir=&imageID=59> [Accesat 21.03.2009]
 (i) http://www.flickr.com/photos/takashi_hirato/363598528/ [Accesat 21.03.2009]
 (j) <http://www.galinsky.com/buildings/pompidou/index.htm> [Accesat 21.03.2009]
- Plansa 5 (a) <http://www.fosterandpartners.com/projects/sainsbury-centre-for-visual-arts/> [Accesat 31.05.2014]
 (b) Alan Read, *Architecturally Speaking: Practices of Art, Architecture, and the Everyday*, Routledge 2000, p.177
 (c) Leonard R. Bachman, *Integrated Buildings: The Systems Basis of Architecture*, John Wiley & Sons 2004, p.364
 (d) idem
 (e) idem

- (f) <http://www.fosterandpartners.com/design-services/research/innovation/sainsbury-centre-for-visual-arts/> [Accesat 31.05.2014]
- (g) <http://abduzeedo.com/most-incredibles-museums-around-world-part-1> [Accesat 31.05.2014]
- (h) Angus Macdonald, *Anthony Hunt -Engineer's contribution to contemporary architecture*, Thomas Telford 2000, p.79
- (i) <http://www.fosterandpartners.com/projects/sainsbury-centre-for-visual-arts/gallery/> [Accesat 31.05.2014]
- Plansa 6 (a) Angus Macdonald, *Anthony Hunt -Engineer's contribution to contemporary architecture*, Thomas Telford 2000, p.105
- (b) idem, p.104
- (c) <http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/PATCENT/imagebank/PA-7.jpg> [Accesat 18.05.2014]
- (d) <http://www.richardrogers.co.uk/render.aspx?siteID=1&navIDs=1,4,23,486> [Accesat 21.03.2009]
- (e) idem
- (f) idem
- (g) idem
- (h) idem
- (i) <http://www.richardrogers.co.uk/render.aspx?siteID=1&navIDs=1,4,23,486> [Accesat 21.03.2009]
- Plansa 7 (a) Schultz, Sobek, Habermann, *Steel Construction Manual*, Birkhauser, Edition Detail 2000, p.385
- (b) idem
- (c) idem
- (d) idem
- (e) idem
- (f) idem, p.387
- (g) idem, p.386
- (h) <http://www.fosterandpartners.com/projects/hongkong-and-shanghai-bank-headquarters/> [Accesat 31.05.2014]
- (i) idem
- (j) <http://www.flickr.com/photos/46635911@N00/2370599069> [Accesat 21.03.2009]
- Plansa 8 (a) http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2006/2485/pdf/k05_wphase4.pdf [Accesat 01.02.2009]
- (b) <http://www.flickr.com/photos/jamesandrus/211157858/> [Accesat 18.03.2009]
- (c) idem
- (d) <http://www.flickr.com/photos/hivelive/194930501/> [Accesat 18.03.2009]
- (e) <http://www.flickr.com/photos/benekeam/523956811/> [Accesat 18.03.2009]
- (f) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stuttgart_Uni_Vaihingen_campus_04.jpg [Accesat 18.03.2009]
- (g) <http://www.flickr.com/photos/jamesandrus/211157858/> [Accesat 18.03.2009]
- (h) <http://www.flickr.com/photos/hivelive/194922868/in/set-72157600045206513/> [Accesat 18.03.2009]
- Plansa 9 (a) Arthur Rosenblatt, *Building Type Basics for Museums*, John Wiley & Son 2001, p.130
- (b) idem, p.132
- (c) idem, p.135
- (d) idem, p.136
- (e) Paul von Naredi-Rainer, *Entwurfsatlas Museumsbau*, Birkhäuser (trad.en. de Fiona Greenwood Museum buildings - A design manual, Berlin, Birkhäuser, 2004) pp.220

- (f) Harvard design school, Center for Design Informatics
<http://research.gsd.harvard.edu/>, Managing the construction of the museo Guggenheim Bilbao (B), p.10
- (g) idem
- (h) idem
- (i) Marius Harta
- (j) idem
- (k) idem
- (l) idem
- (m) idem
- Plansa 10
- (a)
- (b) Dirk H. Jantz, *30 St. Mary Axe/ Swiss Re Headquarter*, 2005
- (c) idem
- (d) idem
- (e) Joseph Boschetti, *Details in Design*, Images Publishing 2006, p.66
- (f) Joseph Boschetti, *Details in Design*, Images Publishing 2006, p.65
- (g) Joseph Boschetti, *Details in Design*, Images Publishing 2006, p.67
- (h) <http://www.fosterandpartners.com/projects/30-st-mary-axe/> [Accesat 18.03.2009]
- (i) <http://www.flickr.com/photos/fjordaan/4811791/> [Accesat 18.03.2009]
- (j) http://wiki.arch.ethz.ch/asterix/bin/viewfile/Caad0506st/AiTeamTeamkm21cb.pdf?rev=1;filename=CAAD_%FCbung1.pdf [Accesat 18.03.2009]
- (k) <http://www.fosterandpartners.com/projects/30-st-mary-axe/> [Accesat 18.03.2009]
- Plansa 11
- (a) PTV *Centro nacional de natacion, Pekin*, pg.70/83, AV Proyectos 019/2007
- (b) idem
- (c) Ethel Baraona Pohl, *Piel.Skin*, Ethel Baraona Pohl 2007, p.21
- (d) PTV *Centro nacional de natacion, Pekin*, pg.70/83, AV Proyectos 019/2007
- (e) idem
- (f) idem
- (g) idem
- (h) idem
- (i) idem
- (j) Bob Martens, Andre Brown, *Computer Aided Architectural Design Futures 2005: Proceedings of the 11th International CAAD Futures Conference Held at the Vienna University of Technology*, Springer Science & Business Media, p.232
- (k) idem
- (l) <http://www.flickr.com/photos/88315679@N00/2243512967/> [Accesat 22.03.2009]
- (m) <http://www.flickr.com/photos/52381548@N00/259725984/> [Accesat 22.03.2009]
- (n) <http://www.flickr.com/photos/xiaming/484446352/> [Accesat 22.03.2009]
- (o) <http://www.flickr.com/photos/52381548@N00/267692886/in/set-72057594115303370/> [Accesat 22.03.2009]
- (p) <http://www.flickr.com/photos/88315679@N00/2441129940/> [Accesat 22.03.2009]
- (q) <http://www.flickr.com/photos/88315679@N00/with/2238134239/> [Accesat 22.03.2009]
- (r) <http://www.flickr.com/photos/88315679@N00/2244308900/> [Accesat 22.03.2009]
- Plansa 12
- (a) <http://wirednewyork.com/forum/showthread.php?t=18370&page=3> [Accesat 18.03.2009]
- (b) idem
- (c) <http://www.bdonline.co.uk/story.asp?storyCode=3119008> [Accesat 18.03.2009]

(d) idem

(e) idem

(f) idem

(g) <http://www.oma.eu/projects/2002/cctv-%E2%80%93-headquarters/> [Accesat 18.01.2009]

(h) <http://wirednewyork.com/forum/showthread.php?t=18370&page=3> [Accesat 18.03.2009]

(i) <http://www.designbuild-network.com/projects/cctv/> [Accesat 18.03.2009]

(j) <http://www.dit.ie/news/archive2008/cctvtowerpresentation/> [Accesat 18.03.2009]

(k) <http://www.archdaily.com/13801/mandarin-hotel-in-beijing-by-oma-on-fire/> [Accesat 18.03.2009]