

■ Adrian TUDOREANU-CRIȘAN<sup>1</sup>

## Intervenții contemporane în spațiul podului

### INFLUENȚE ASUPRA ȘARPANTELOR AVÂND CARACTER ECLECTIC DIN TRANSILVANIA

■ **Rezumat:** Mediul construit este „o entitate vie, care nu încetează să se schimbe pe parcursul existenței.”[3] Supraviețuirea clădirilor istorice depinde într-o mare măsură de adăpostirea unor funcțiuni. Fie că sunt cele pentru care au fost inițial concepute, fie că e vorba despre reconversii funcționale, asistăm la o nevoie din ce în ce mai acută de adaptare la exigențele de confort contemporan. Prezentul articol se concentrează pe analiza comportării mecanice a șarpantelor având caracter eclectic din Transilvania, respectiv a implicațiilor pe care le poate avea o reconversie funcțională / spațială asupra acestor tipuri de structuri. Investițiile se vor efectua pe șarpante tipice, nealterate, deși în practică este posibil ca inginerul să întâlnească adesea particularități specifice de la caz la caz.

■ **Cuvinte cheie:** șarpante cu caracter eclectic, intervenții, refuncționalizări

### Introducere

■ Intervențiile în spațiul podului<sup>2</sup> pot avea drept scop simpla îmbunătățire a confortului ambiental sau pot constitui operațiuni mai complexe de refuncționalizare, de realizare a unor diviziuni spațiale, respectiv de introducere a unor elemente de compartimentare, cum sunt pereții sau planșeele, urmărind în același timp asigurarea unui confort ambiental corespunzător. În funcție de situația existentă, de tipul și amploarea intervenției, pot apărea efecte nedorite asupra structurii șarpantei. În continuare este prezentată o analiză a celor trei tipuri de șarpante având caracter eclectic întâlnite în Transilvania, un studiu al comportării mecanice pentru cazul unor structuri originale, nealterate, cu investigații asupra eforturilor care apar în structurile tipice, a modului de transmitere a încărcărilor către reazeme, respectiv a modului în care anumite elemente sunt influențate de intervențiile necesare transformării spațiului podului.

Pentru fiecare structură se poate, desigur, realiza un studiu care să urmărească diferitele moduri de rezolvare structurală a noilor elemente introduse în spațiul podului, cum sunt planșeele sau tavanele<sup>3</sup>. Astfel, datorită prezenței corzilor la partea inferioară, respectiv a grinzioarelor și lonjeroanelor, este necesar ca planșeul nou să se poziționeze peste

## Contemporary Interventions in the Attic Space

### INFLUENCES ON THE ECLECTIC ROOF STRUCTURES IN TRANSYLVANIA

■ **Abstract:** The built environment is “a living entity that does not cease to change throughout its existence.”[3] The survival of historic buildings depends largely on their capacity to fulfil functions. Whether those for which they have been initially conceived, or discussing functional reconversions, we are witnessing an increasingly acute need for them to adapt to the demands of contemporary comfort. This article focuses on the analysis of the mechanical behaviour of Eclectic roof structures in Transylvania and on the implications a functional / spatial reconversion may have on these types of structures. The investigations will be conducted on typical, unaltered structures, although in practice it is often possible for the engineer to meet specific features, varying from case to case.

■ **Keywords:** Eclectic roof structures, interventions, refurbishment

### Introduction

■ The interventions in the space of the attic<sup>2</sup> may aim for the mere improvement of the ambient comfort, or they may represent more complex refurbishment operations, of implementing certain spatial divisions, of introducing partitions, such as walls or slabs, aiming at the same time to ensure an appropriate environmental comfort. Depending on the existing situation, on the type and scale of the intervention, unwelcome effects on the roof structure may appear. The following is an analysis of the three types of Eclectic roof structures recorded in Transylvania, a study of the mechanical behaviour of original, unaltered structures, with studies on the efforts that appear in typical structures, on the loads path to the supports, respectively on the way in which certain elements are influenced by the interventions necessary for the transformation of the attic.

1 Inginer, doctorand la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, România

2 pod = spațiul dintre acoperiș și planșeul superior al unei clădiri [2]

3 tavan = structură purtată care asigură închiderea la partea superioară a unei încăperi

1 Engineer, PhD student at the Technical University of Cluj-Napoca, Romania.

2 attic = the space between the roof and the upper slab of a building [2]

Of course, a study that would discuss the various structural solutions of the newly introduced elements of the attic's space, such as slabs or ceilings<sup>3</sup>, could be conducted on each structure. Thus, due to the presence of the tie-beams at the inner side, of trimmers and header beams, it is necessary that the slab be positioned above them. The solutions may vary from case to case, depending on the constraints posed by the existing structure. There is the option of fully discharging the new slab directly on the tie-beams, of the partial discharge on the tie-beams and walls, or having as supports only the walls on the building's contour. If there is a previous slab, based on its rigidity, it is possible in some cases for the new slab to have intermediary supports.

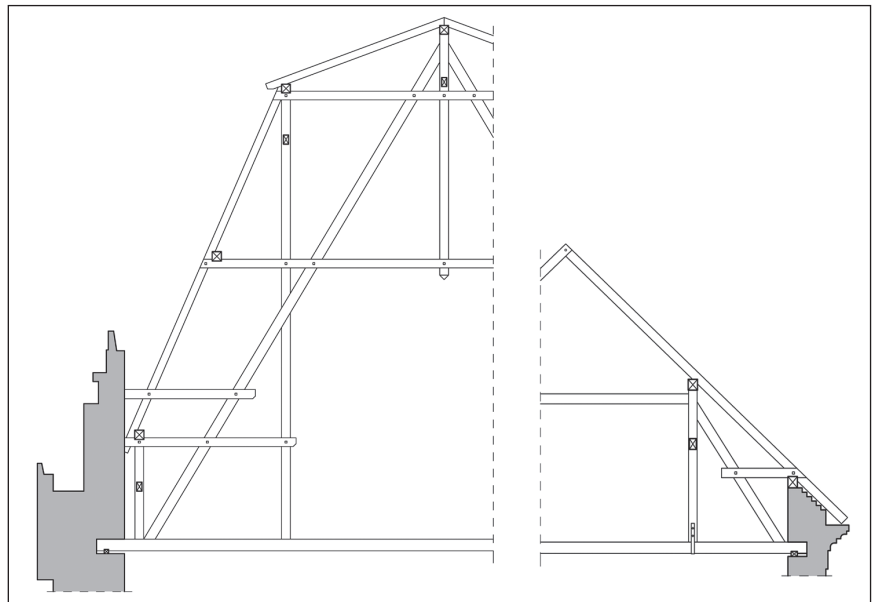
Another important problem is the construction of ceilings (horizontal or slanted). Certain structural elements (such as the tongs or the straining beams) may dictate the height of the future spaces, but they can remain exposed. There are situations when, for the above-mentioned reason, the attic's refunctionalisation becomes impossible without major interventions on the existing structure.

A steep pitch of the rafters or a great height of the attic may lead to the idea of designing new spaces on several levels. The placement of the new slabs may sometimes be considered better to be implemented directly on the upper side of the tongs, but the structural implications must be carefully studied.

Lighting is extremely important in such a space. It is desirable that the new windows be placed between the rafters, without sectioning them.

A situation that should be mentioned is the one presented in Figure 1. It is possible, in many situations, for the specialist to find a type of solution for the upraised eaves area. This represents an advantage, enabling the elimination of the "dead" space that results most times at the extremities.

The current article aims for an analysis of the worst case, the situation where a new slab must be placed directly above the tie-beams of the main trusses. For this purpose, four examples of roof structures were chosen, belonging to secular and ecclesiastic buildings, for which there was no real desire for refurbishment. A survey of the roof structure was conducted in advance, which was then entered in a digital format, forming a spatial model. The modelling of historic structures using a structural calculation program may imply certain supplementary difficulties, because they present a series of unknown factors, such as – for wooden structures – the relative stiffness of the elements or joints. Obtaining conclusive results depends on the way different constructive details are interpreted (the characteristics of the supports, the areas of contact with possible gables) and of the model's degree of simplification [10]. For the study in this article, the structural modelling was conducted in a specialised computational program [1], the analysis being carried on in the elastic domain, using the finite element method. Generally, the joints were



■ Fig. 1. Șarpante având caracter eclectic. Ferme principale. Zonă de streășină cu supraînălțare.  
 © Adrian TUDOREANU (stânga) și UTILITAS (dreapta)

■ Figure 1. Eclectic roof structures. Main trusses. Raised eaves area. © Adrian TUDOREANU (left) and UTILITAS (right)

acestea. Soluțiile pot diferi de la caz la caz, în funcție de constrângerile pe care le oferă structura existentă. Există varianta descărcării în totalitate a noului planșeu direct pe corzi, a descărcării parțiale pe corzi și pe pereți, sau având drept reazeme doar pereții de pe conturul clădirii. În cazul existenței unui planșeu realizat anterior, în funcție de rigiditatea acestuia, este posibil ca în unele cazuri planșeul nou să poată avea și alte reazeme intermediare.

O altă problemă importantă o constituie realizarea tavanelor (orizontale sau înclinate). Anumite elemente structurale (cum sunt cleștii sau anetretoazele) pot dicta gabaritul pe înălțime a viitoarelor spații, însă acestea pot să rămână și aparente. Există situații în care, din motivul enunțat mai sus, refuncționalizarea spațiului podului devine imposibilă fără intervenții majore asupra structurii existente.

O pantă accentuată a căpriorilor, respectiv o înălțime mare a podului pot conduce la ideea realizării unor spații noi pe mai multe niveluri. Amplasarea noilor planșee ar putea fi uneori considerat oportun a se face direct la partea superioară a cleștilor, însă implicațiile structurale trebuie studiate cu atenție.

Problema iluminatului este extrem de importantă într-un astfel de spațiu. Este de dorit ca noile ferestre să fie amplasate între căpriori, fără a provoca secționarea acestora.

O situație care ar trebui amintită este cea prezentată în figura 1. Este posibil ca în nenumărate situații, specialistul să întâlnească un tip de rezolvare a zonei de streășină cu supraînălțare. Aceasta reprezintă un avantaj, fiind posibilă astfel eliminarea spațiului „mort” care rezultă de cele mai multe ori la extremități.

Prezentul articol își propune o analiză a cazului celui mai defavorabil, respectiv situația amplasării unui planșeu nou direct peste corzile fermei principale. În acest scop s-au ales patru exemple de șarpante aparținând unor clădiri laice și ecclesiastice, pentru care nu a existat în realitate dorința de refuncționalizare. S-a efectuat în prealabil un relevu al structurii de acoperiș, care s-a introdus apoi în format digital, alcătuindu-se un model spațial. Modelarea structurilor istorice într-un program de calcul structural poate implica anumite dificultăți suplimentare, deoarece acestea prezintă o serie de factori necunoscuți, cum sunt – în cazul

<sup>3</sup> ceiling = non-bearing structure that ensures the closure at the upper part of a room

structurilor din lemn – rigiditatea relativă a elementelor sau a nodurilor. Obținerea unor rezultate concludente depinde de modul de interpretare a diverselor detalii constructive (caracteristicile reazemelor, zonele de contact cu posibilele frontoane) și de gradul de simplificare a modelului [10]. Pentru studiul din prezentul articol, modelarea structurilor s-a făcut într-un program specializat de calcul [1], analiza fiind urmărită în domeniul elastic, utilizând metoda elementului finit. În general, nodurile s-au considerat articulate, însă în unele zone s-au introdus semiarticulații, fiind luat în considerare modul de realizare a nodurilor prin diverse tipuri de îmbinări dulgherești.

Evaluarea încărcărilor s-a făcut conform Eurocode 1 [4]. Pentru varianta realizării de intervenții noi, s-au luat în considerare valori normate ale încărcării permanente din noul planșeu<sup>4</sup> de 100 daN/mp, de 35 daN/mp pentru tavane<sup>5</sup> (incluzând și termoizolația) și 250 daN/mp pentru încărcările utile. S-a urmărit evoluția eforturilor în elemente, o evaluare a acestora conform Eurocode 5 [5], precum și stabilirea gradului de utilizare pentru fiecare element.

## Șarpante având caracter eclectic în Transilvania

■ Șarpantele având caracter eclectic au presupus revenirea la un sistem structural care își are originea în șarpantele de coastă, introduse în zona mediteraneană încă din Antichitate de către romani. După Gotic și Baroc – perioade în care structurile de acoperiș au solicitat un consum mare de material, evoluția către varianta eclectică apare oarecum firesc, aceasta fiind mai economică. Din punct de vedere structural, acestea lucrează transmițând acțiunile prin intermediul panelor, spre deosebire de variantele anterioare, care transmiteau încărcările de la căpriori prin traverse. Sunt caracterizate printr-o succesiune de ferme principale și secundare dispuse pe direcție transversală, combinate cu unul sau mai multe sisteme de rigidizare longitudinală.

În Transilvania s-au utilizat pe scară largă din secolul al XIX-lea până în perioada interbelică, fiind utilizate atât în clădiri laice, cât și ecleziastice. În funcție de modul de preluare și transmitere a încărcărilor, putem deosebi trei grupe principale de șarpante având caracter eclectic: 1. Structuri având dispozitive de tensionare – suspendare, 2. Structuri cu unul sau mai multe dispozitive de suspendare, 3. Structuri având popi înclinați. [9]

### Șarpante cu dispozitiv de tensionare - suspendare

Această categorie de șarpante se caracterizează prin faptul că transmiterea încărcărilor de la pane către reazeme se face prin intermediul arbaletrierilor comprimați aparținând fermelor principale. Acest lucru este posibil datorită antretoazei – element orizontal comprimat – care tensionează arbaletrierii. Cele două bare de agățare sunt elemente întinse, cu rolul de a susține greutatea corzii (fig. 3). De la caz la caz, în funcție de lungimea și de rigiditatea acesteia, este posibil ca barele de agățare să aibă rol de popi, descărcând pe coardă și fiind solicitate la compresiune. Căpriorii sunt elemente înclinate comprimate excentric, iar corzile sunt solicitate preponderent la întindere excentrică.

4 planșeul s-a considerat alcătuit din grinzi din lemn de brad (clasa C24), cu o secțiune de 15x22 cm, dispuse la 75-80 cm distanță interax, tavan din gips carton (plăci 12,5 mm) pe schelet metalic, fonoizolație vată minerală (10 cm grosime) cu densitatea 50 kg/mc, podină suport fonoizolație (scândura lemn brad 18 mm), dușumea oarbă dulapi lemn brad (48 mm), pardoseală parchet lemn masiv stejar (22 mm) având densitatea 850 kg/mc

5 tavane realizate din gips carton (plăci 12,5 mm) pe schelet metalic, termoizolate cu vată minerală (20 cm grosime) având densitatea 50 kg/mc

considered as hinges, but in some areas semi-hinges, taking into account the various types of carpenter's joints used.

The evaluation of loads was conducted in accordance with Eurocode 1 [4]. For the new interventions solution, characteristic values for dead loads of 100 daN/m<sup>2</sup> for the new slab<sup>4</sup>, of 35 daN/m<sup>2</sup> for the ceilings<sup>5</sup> (including thermal insulation), and of 250 daN/m<sup>2</sup> for the live loads were taken into account. The evolution of the stresses in the elements was aimed at, their evaluation according to Eurocode 5 [5], as well as establishing the degree of usage for each element.

### Eclectic roof structures in Transylvania

■ The Eclectic roof structures meant the return to a structural system with its origin in coastal roof structures, introduced in the Mediterranean area since the Antiquity, by the Romans. After the Gothic and Baroque periods when roof structures necessitated a large material consumption, the evolution towards the Eclectic solution seems somewhat natural, being more economical. From a structural point of view, they work by transmitting the loads through purlins, unlike the previous solutions, which transmitted the loads from rafters through collar beams. They are characterised by a succession of transversally placed main and secondary trusses, combined with one or more longitudinal bracing systems.

In Transylvania, they were widely used from the 19<sup>th</sup> century until the interwar period, being used both in secular and ecclesiastic buildings. Based on the way the loads are carried and transmitted, we can distinguish three main groups of Eclectic roof structures: 1. Structures with straining-hanging trusses, 2. Structures with one or more hanging trusses, 3. Structures with angled posts. [9]

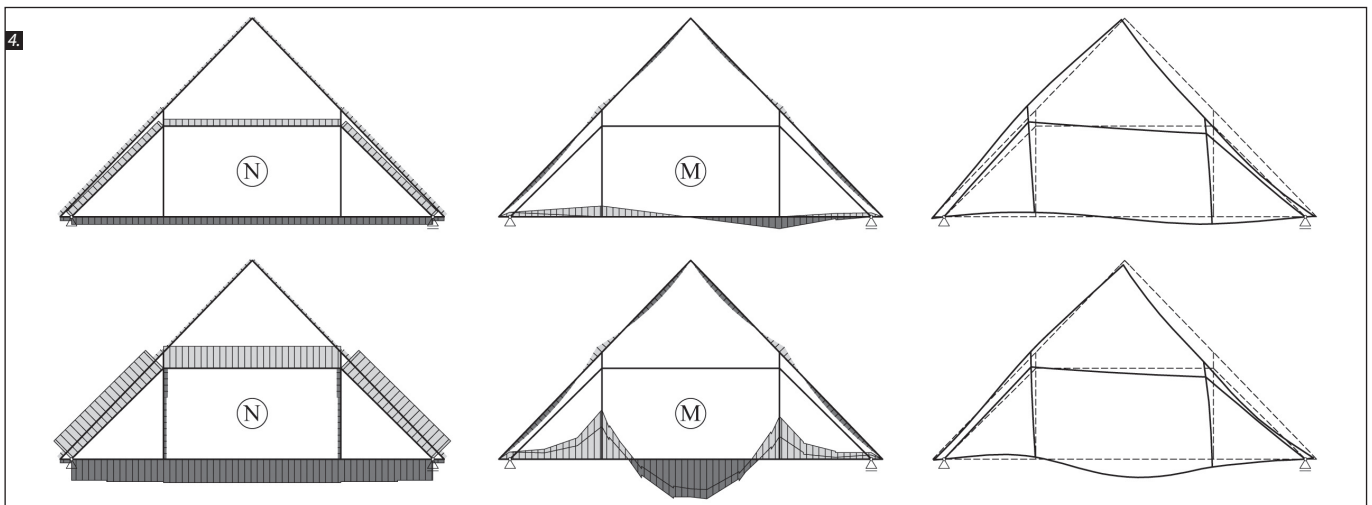
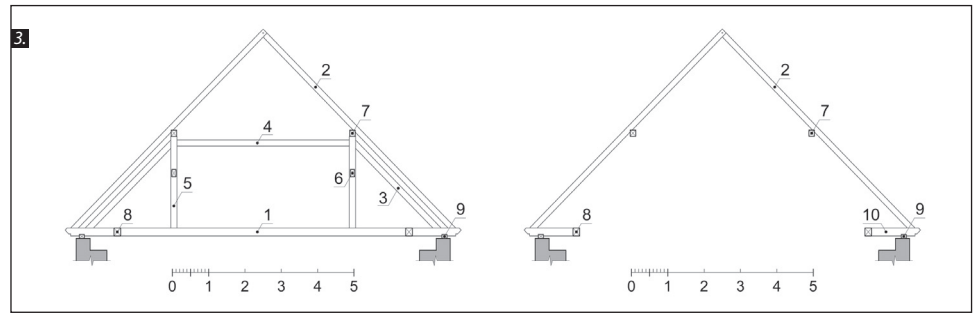
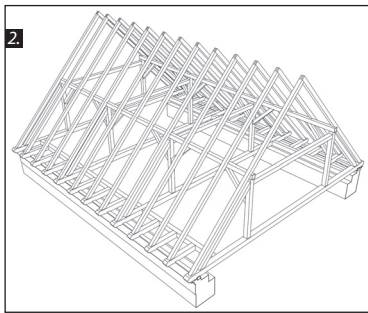
#### Roof structures with straining-hanging trusses

This roof structure category is characterised by the fact that the loads are carried from the purlins to the supports through the compressed compound rafters belonging to the main trusses. This is possible due to the straining beam – a compressed horizontal element – that strains the compound rafters. The two queen posts are strained elements, with the purpose of sustaining the tie-beam's load (Figure 3). From case to case, based on its length and rigidity, it is possible for the queen posts in tension to act as struts, discharging on the tie-beam and thus being under compressive stress. The rafters are slanted elements eccentric

4 The slab was considered as built from fir beams (class C24), with a 15x22 cm cross section, placed at a distance of 75-80 cm, gypsum ceiling (12.5 mm boards) on a metallic frame, mineral wool sound insulation (10 cm thick) with a density of 50 kg/m<sup>3</sup>, support for the sound insulation (fir board, 18 mm), counter floor made of fir boards (10 cm thick), oak parquet floor (22 mm), with a density of 850 kg/m<sup>3</sup>

5 gypsum ceiling (12.5 mm boards) on a metallic frame, mineral wool thermal insulation (20 cm thick) with a density of 50 kg/m<sup>3</sup>





■ **Fig. 2.** Șarpantă având caracter eclectic cu dispozitiv de tensionare - suspendare. Reprezentare tridimensională. © Adrian TUDOREANU  
 ■ **Figure 2.** Eclectic roof structure with straining-hanging truss. Three-dimensional representation. © Adrian TUDOREANU  
 ■ **Fig. 3.** Șarpantă având caracter eclectic cu dispozitiv de tensionare - suspendare. a) fermă principală, b) fermă secundară (1 – coardă, 2 – căpriori, 3 – arbaletrieri, 4 – antretoază, 5 – bară de agățare, 6 – contrafișă, 7 – pană, 8 – lonjeron, 9 – cosoroabă, 10 – grinzișoară). © Adrian TUDOREANU  
 ■ **Figure 3.** Eclectic roof structure with straining-hanging truss. a) Main truss, b) Secondary truss. (1 – tie-beam, 2 – rafters, 3 – compound rafter, 4 – straining beam, 5 – queen post in tension, 6 – counterbrace, 7 – purlin, 8 – header beam, 9 – wall plate, 10 – trimmer) © Adrian TUDOREANU  
 ■ **Fig. 4.** Eforturi axiale (a), momente încovoietoare (b) și deformații (c) (înainte și după intervenții) © Adrian TUDOREANU  
 ■ **Figure 4.** Axial stresses (a), bending moments (b) and deformations (c) (before and after the intervention) © Adrian TUDOREANU

cally compressed, and the tie-beams are mostly under eccentric straining.

Figure 4 presents the diagram of the axial stresses (a), of bending moments (b) and the deformation of the structure (c), initially (without interventions) and after the introduction of supplementary loads on a new slab, respectively on the rafters.

When introducing an intermediary slab that rests on the main structures' tie-beams, the stresses in the bars increase sensibly. Thus, in the tie-beam the bending moment increases by 300%, and the shearing stress by 350%. In the straining beam, the value of the axial stress increases by 350%, the compound rafters are under a compressive stress three times larger, and in the queen posts, the axial stress has a value higher by 350%. The axial force in the rafters increases by 50%. Therefore, question marks appear in terms of meeting the resistance conditions for such elements as the posts in tension or the tie-beam. Moreover, the joint between the tie-beam and the king post in tension, which is usually a tenon joint (with or without a wooden peg, or with a metal flat-bar), will need supplementary consolidation.

There are situations when the presence of a slab below the tie-beams (supported by them

Figura 4 prezintă diagrama eforturilor axiale (a), a momentelor încovoietoare (b) și deformația structurii (c), pentru cazul inițial (fără intervenții), respectiv după introducerea unor încărcări suplimentare pe un planșeu nou și pe căpriori.

În condițiile introducerii unui planșeu intermediar care reazemă pe corzile fermelor principale, eforturile din bare cresc simțitor. Astfel, în coardă momentul încovoietor se mărește cu 300%, forța tăietoare cu 350%. În antretoază, valoarea efortului axial crește cu 350%, arbaletrierii sunt supuși la o compresiune de trei ori mai mare, iar în barele de agățare, efortul axial are o valoare majorată cu 350%. Efortul axial în căpriori crește cu 50%. În consecință, apar semne de întrebare în ceea ce privește satisfacerea condițiilor de rezistență la elemente ca barele de agățare sau coardă. În plus, nodul coardă – bară de agățare, nod care de obicei este realizat prin cepuire (cu sau fără cui din lemn, eventual cu platbandă metalică) va necesita o consolidare suplimentară.

Există situații în care prezența unui planșeu sub nivelul corzilor (susținut sau nu de acestea) poate constitui un reazem suplimentar pentru noul planșeu (aceasta dacă rigiditatea o permite).

Tabelul 1 prezintă gradul de utilizare<sup>6</sup> a secțiunii pentru fiecare element, în urma introducerii planșeului peste corzi, respectiv a tavanelor și a sistemelor termoizolante.

<sup>6</sup> se referă la gradul de utilizare exprimat procentual, prin raportarea la capacitatea portantă

■ Tabelul 1. Gradul de utilizare a secțiunii

■ Table 1. The degree of use of the cross section

Element	Secțiune [cm]	Grad de utilizare	
		Înainte de intervenții	După intervenții
Element	Cross section [cm]	Degree of use	
		Before interventions	After interventions
Coardă	20x20	54%	243%
Tie-beam			
Căpriori	12x14	45%	51%
Rafters			
Arbaletrieri	15x15	25%	67%
Compound rafters			
Antretoază	14x16	13%	51%
Straining beam			
Bare de agățare	16x16	30%	104%
Queen posts in tension			

### Șarpante cu dispozitiv de suspendare

Această categorie de șarpante se caracterizează prin faptul că transmiterea încărcărilor de la pane se face prin intermediul cleștilor forfecați și a arbaletrierilor comprimați aparținând fermelor principale (fig. 6). În condițiile existenței doar a acțiunilor gravitaționale, bara de agățare este un element solicitat la efort axial (întindere la partea inferioară, compresiune pe zona situată deasupra arbaletrierilor). În cazul introducerii de încărcări negravitaționale, existența unor semiarticulații în nodurile clești - arbaletrieri, respectiv clești - bară de agățare pot conduce la apariția unor momente încovoietoare în elemente, cu atât mai mult cu cât existența unor buloane metalice favorizează transmiterea încărcărilor de la clești către elementele înclinate sau verticale.

Tabelul 2 prezintă gradul de utilizare a secțiunii pentru fiecare element, în urma introducerii planșeului peste corzi, respectiv a tavanelor și a sistemelor termoizolante.

Tot din această categorie fac parte și șarpantele având caracter eclectic cu trei dispozitive de suspendare, două fiind dispuse simetric față de axul de simetrie (fig. 8). Transmiterea încărcărilor se face tot prin clești forfecați și arbaletrieri comprimați.

■ Tabelul 2. Gradul de utilizare a secțiunii

■ Table 2. The degree of use of the cross section

Element	Secțiune [cm]	Grad de utilizare	
		Înainte de intervenții	După intervenții
Element	Cross section [cm]	Degree of use	
		Before interventions	After interventions
Coardă	18x20	36%	403%
Tie-beam			
Căpriori	15x18	48%	53%
Rafters			
Arbaletrieri	16x18	61%	76%
Compound rafters			
Bară de agățare	16x18	85%	160%
King post in tension			
Clești inferiori	2x10x17	31%	39%
Lower tongs			
Clești superiori	2x8x20	40%	50%
Upper tongs			

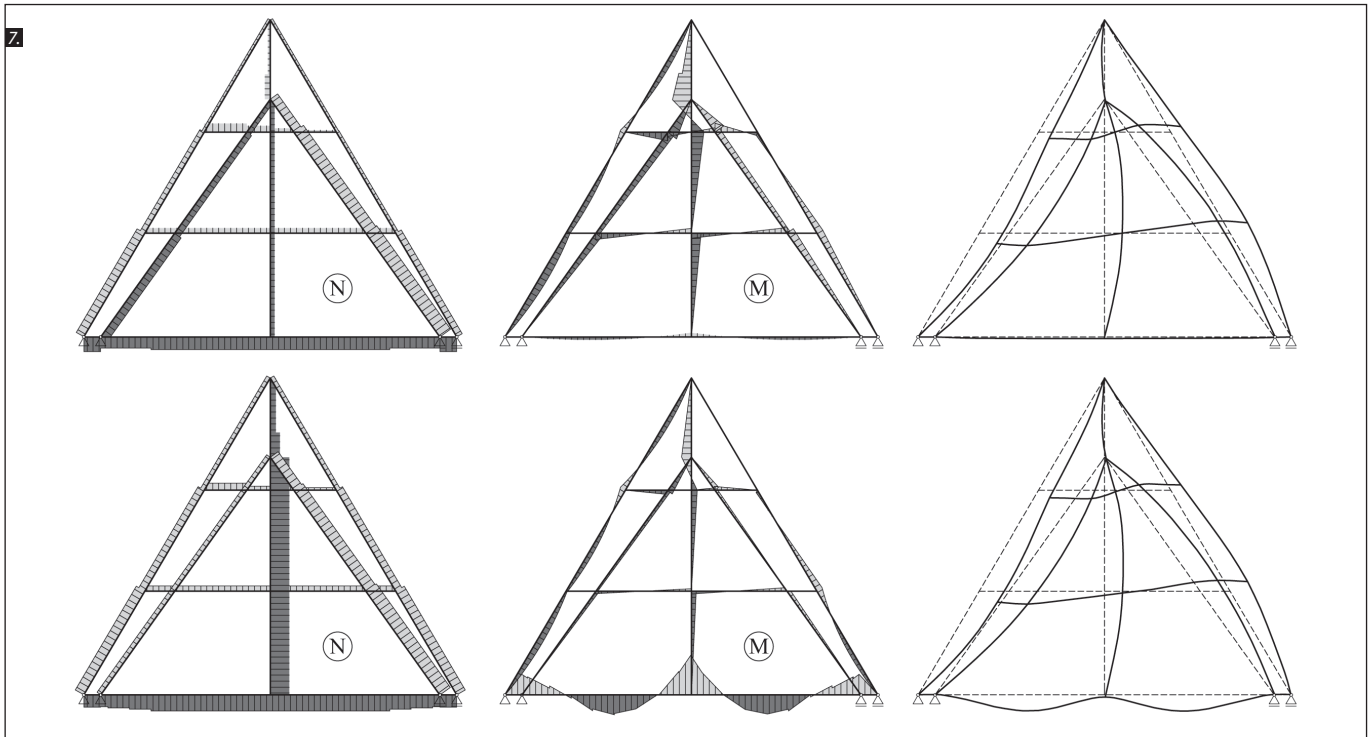
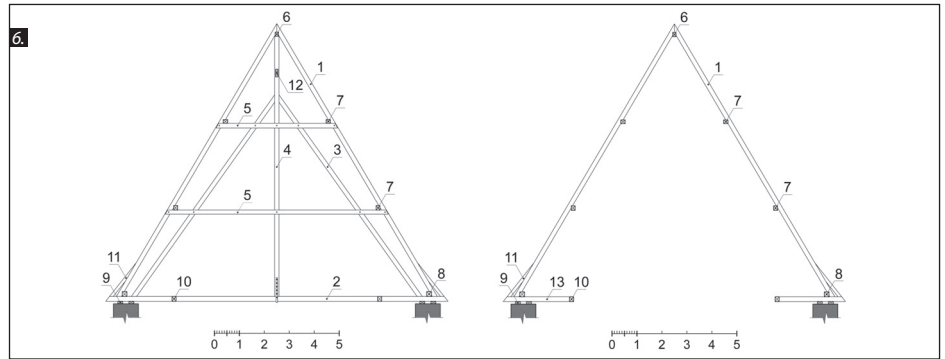
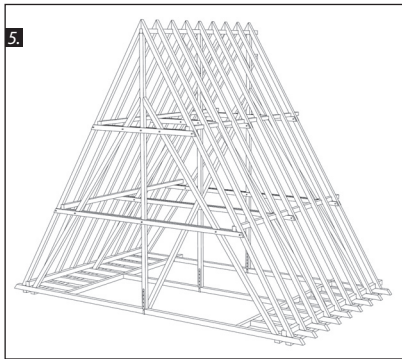
or not) may constitute a supplementary support for the new slab (if its rigidity allows it).

Table 1 presents the degree of use<sup>6</sup> of the cross section for each element, following the introduction of the slab over the tie-beams, respectively of the ceilings and thermal insulation systems.

### Roof structures with a hanging truss

This category of roof structures is characterised by the fact that loads are carried from the purlins through sheared tongs and compressed compound rafters belonging to the main trusses (Figure 6). When only gravitational loads exist, the king post in tension is an element under axial stress (tension on the inferior side, compression in the area above the compound rafters). When non-gravitational loads are introduced, the existence of certain semi-hinges in the joints between the tongs and com-

<sup>6</sup> The degree of use expressed as a percentage, relative to the load-bearing capacity



■ Fig. 5. Șarpantă având caracter eclectic cu dispozitiv de suspendare. Reprezentare tridimensională. © UTILITAS

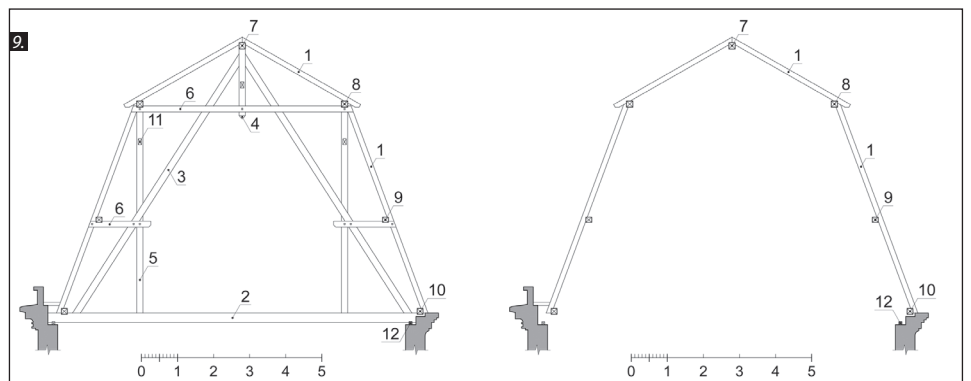
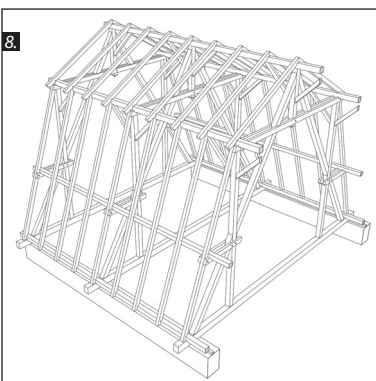
■ Figure 5. Eclectic roof structure with a hanging truss. Three-dimensional representation. © UTILITAS

■ Fig. 6. Șarpantă având caracter eclectic cu dispozitiv de suspendare. a) fermă principală, b) fermă secundară (1 – căpriori, 2 – coardă, 3 – arbaletrieri, 4 – bară de agățare, 5 – clești, 6 – pană de coamă, 7 – pane intermediare, 8 – pană de streășină, 9 – cosoroabe, 10 – lonjeron, 11 – aruncător, 12 – contrafișe, 13 – grinzișoară). © UTILITAS

■ Figure 6. Eclectic roof structure with a hanging truss. a) Main truss, b) Secondary truss. (1 – rafters, 2 – tie-beam, 3 – compound rafters, 4 – king post in tension, 5 – tongs, 6 – ridge purlin, 7 – intermediary purlins, 8 – eaves purlin, 9 – wall plate, 10 – header beam, 11 – sprocket, 12 – counterbrace, 13 – trimmer) © UTILITAS

■ Fig. 7. Eforturi axiale (a), momente încovoietoare (b) și deformații (c) (înainte și după intervenții) © Adrian TUDOREANU

■ Figure 7. Axial stresses (a), bending moments (b) and deformations (c) (before and after the interventions) © Adrian TUDOREANU

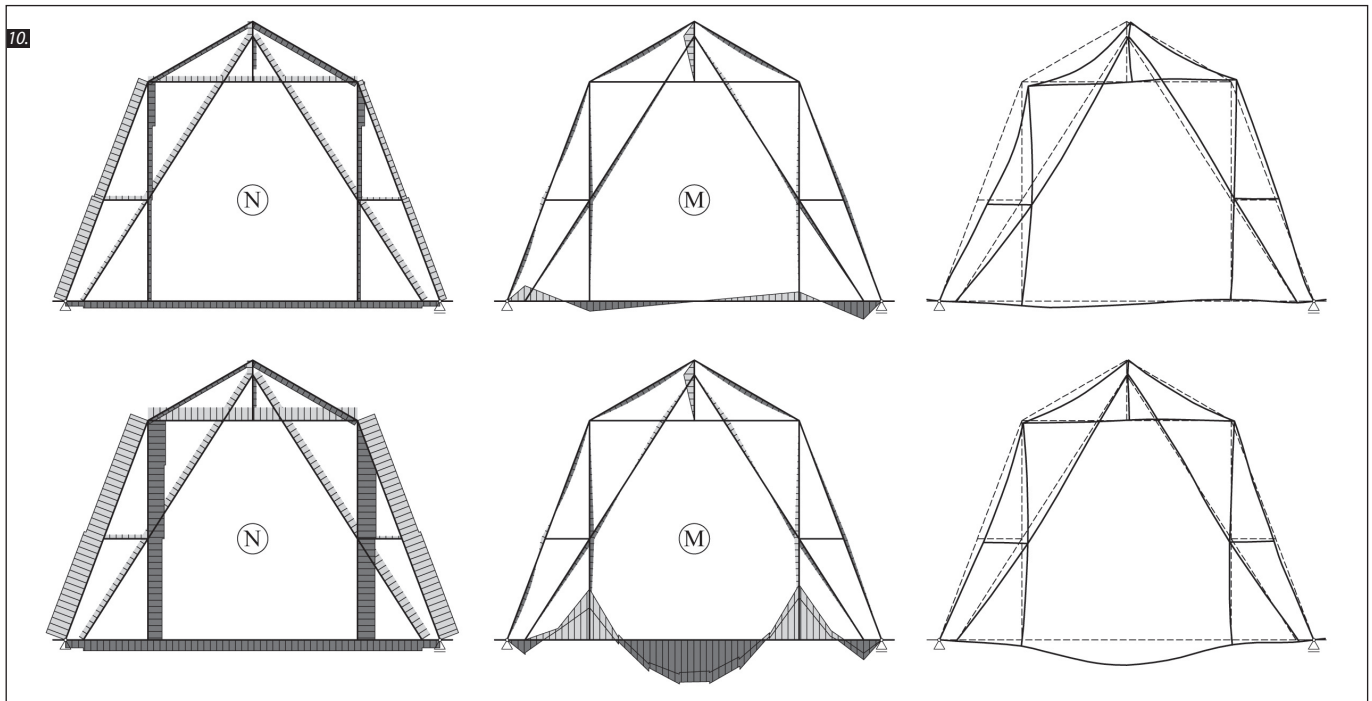


■ Fig. 8. Șarpantă având caracter eclectic cu dispozitive de suspendare. Reprezentare tridimensională. © Adrian TUDOREANU

■ Figure 8. Eclectic roof structure with hanging trusses. Three-dimensional representation

■ Fig. 9. Șarpantă având caracter eclectic cu dispozitive de suspendare. a) fermă principală, b) fermă secundară. (1 – căpriori, 2 – coardă, 3 – arbaletrieri, 4 – bară de agățare central, 5 – bară de agățare lateral, 6 – clești, 7 – pană de coamă, 8 – pană de muchie, 9 – pană intermediară, 10 – pană de streășină, 11 – contrafișă, 12 – cosoroabă) © Adrian TUDOREANU

■ Figure 9. Eclectic roof structure with hanging trusses. a) Main truss, b) Secondary truss. (1 – rafters, 2 – tie-beam, 3 – compound rafters, 4 – king post in tension, 5 – queen post in tension, 6 – tongs, 7 – ridge purlin, 8 – edge purlin, 9 – intermediary purlin, 10 – eaves purlin, 11 – counterbrace, 12 – wall plate) © Adrian TUDOREANU



■ Fig. 10. Eforturi axiale (a), momente încovoietoare (b) și deformații (c) (înainte și după intervenții) © Adrian TUDOREANU

■ Figure 10. Axial stresses (a), bending moments (b), and deformations (c) (before and after the interventions) © Adrian TUDOREANU

■ Tabelul 3. Gradul de utilizare a secțiunii

■ Table 3. The degree of use of the cross section

Element	Secțiune [cm]	Grad de utilizare	
		Înainte de intervenții	După intervenții
Element	Cross section [cm]	Degree of use	
		Before interventions	After interventions
Coardă	18x24	58%	215%
Tie-beam			
Căpriori	10x13	53%	145%
Rafters			
Arbaletrieri	16x17	23%	30%
Compound rafters			
Bare de agățare laterale	16x16	30%	95%
Queen posts in tension			
Bară de agățare centrală	16x16	70%	75%
King post in tension			
Clești inferiori	2x8x15	10%	21%
Lower tongs			
Clești superiori	2x8x15	10%	35%
Upper tongs			

Tabelul 3 prezintă gradul de utilizare a secțiunii pentru fiecare element, în urma introducerii planșeului peste corzi, respectiv a tavanelor și a sistemelor termoizolante.

### Șarpante având popi înclinați

Această categorie de șarpante se caracterizează prin faptul că transmiterea încărcărilor de la căpriori se face prin intermediul popilor înclinați comprimați și a barei de agățare întinse (fig. 12).

Tabelul 4 prezintă gradul de utilizare a secțiunii pentru fiecare element, în urma introducerii planșeului peste corzi, respectiv a tavanelor și a sistemelor termoizolante.

pound rafters and between the tongs and the king post may lead to the appearance of bending moments in the elements, more so as the existence of metal bolts favours loads being carried from the tongs to the slanted or vertical elements.

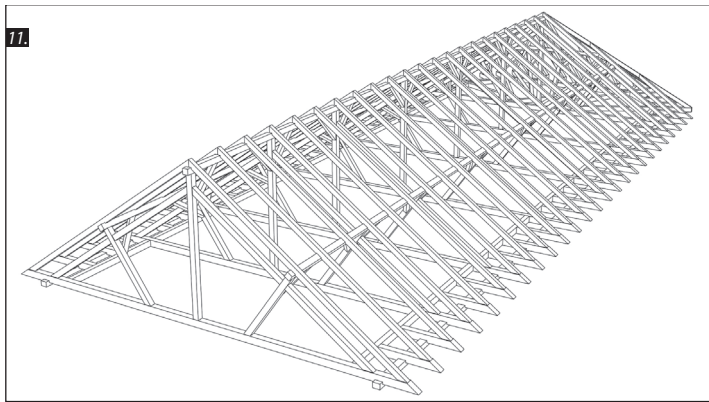
Table 2 presents the degree of use of the cross section for each element, following the introduction of the slab over the tie-beams, respectively of the ceilings and thermal insulation systems.

The Eclectic roof structures with three hanging trusses, two being placed symmetrically from the symmetry axis, are part of

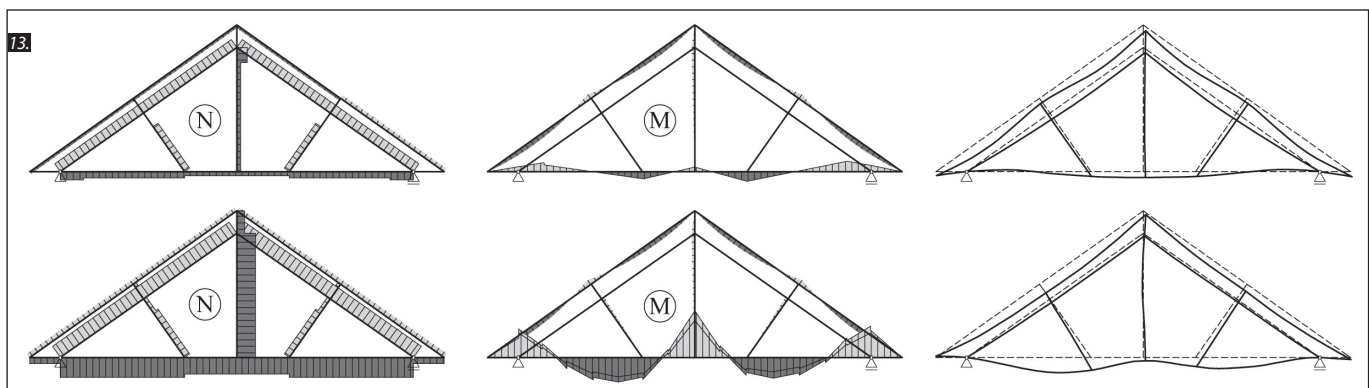
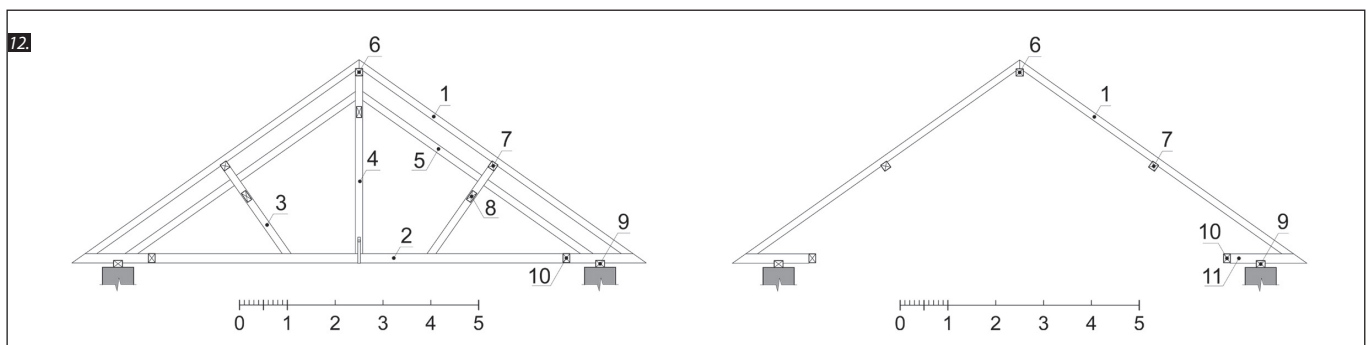


■ Tabelul 4. Gradul de utilizare a secțiunii  
 ■ Table 4. The degree of use of the cross section

Element	Secțiune [cm]	Grad de utilizare	
		Înainte de intervenții	După intervenții
Element	Cross section [cm]	Degree of use	
		Before interventions	After interventions
Coardă	15x18	90%	195%
Tie-beam			
Căpriori	11x13	61%	62%
Rafters			
Arbaletrieri	12x14	40%	50%
Compound rafters			
Bară de agățare	14x14	78%	100%
King post in tension			
Popi înclinați	14x14	33%	40%
Angled posts			



■ Fig. 11. Șarpantă având caracter eclectic cu popi înclinați. Reprezentare tridimensională. © Adrian TUDOREANU  
 ■ Figure 11. Eclectic roof structure with angled posts. Three-dimensional representation. © Adrian TUDOREANU



■ Fig. 12. Șarpantă având caracter eclectic cu popi înclinați. a) fermă principală, b) fermă secundară. (1 – căpriori, 2 – coardă, 3 – popi, 4 – bară de agățare, 5 – arbaletrieri, 6 – pană de coamă, 7 – pană intermediară, 8 – contrafișă, 9 – cosoroabă, 10 – lonjeron, 11 – grinzișoară) © Adrian TUDOREANU  
 ■ Figure 12. Eclectic roof structure with angled posts. a) Main truss, b) Secondary truss (1 – rafters, 2 – tie-beam, 3 – posts, 4 – king post in tension, 5 – compound rafters, 6 – ridge purlin, 7 – intermediary purlin, 8 – counterbrace, 9 – wall plate, 10 – header beam, 11 – trimmer) © Adrian TUDOREANU  
 ■ Fig. 13. Eforturi axiale (a), momente încovoietoare (b) și deformații (c) (înainte și după intervenții) © Adrian TUDOREANU  
 ■ Figure 13. Axial stresses (a), bending moments (b) and deformation (c) (before and after the interventions) © Adrian TUDOREANU



## Concluzie

■ Nevoia de adaptare a clădirilor istorice la exigențele de confort contemporan constituie un fenomen evolutiv; conceptul de „confort” implică o permanentă asociere de noi niveluri de performanță, o creștere a exigențelor care trebuie însă corelată cu potențialul clădirii [6]. Intervențiile trebuie să fie compatibile cu fondul existent, fără a provoca distrugerii ale materialului valoros. Dorința de a interveni în spațiul podului trebuie să fie temperată. Problemele care se pot ivi sunt din cele mai complexe, iar fără o analiză atentă a tuturor factorilor implicați, intervenția poate cauza pierderi irecuperabile în ceea ce privește patrimoniul.

Din punct de vedere structural, introducerea unui planșeu nou care descarcă direct pe corzi conduce la depășirea capacității portante a acestor elemente; în plus, pot fi afectate considerabil și barele de agățare sau chiar căpriorii. Problema realizării nodurilor este extrem de importantă, acestea nepermițând preluarea noilor forțe tăietoare care apar în îmbinări.

Desigur, pe lângă problemele structurale, mai apar o multitudine de alți factori care ar trebui să influențeze luarea unei decizii în ceea ce privește o eventuală intervenție. Consultarea normativelor conexe (cum este de exemplu *Normativul pentru proiectarea mansardelor la clădirile de locuit* [3]) ar trebui să constituie un prim pas într-un astfel de demers. Însa nu trebuie uitat faptul că o clădire istorică are de cele mai multe ori un caracter de excepție, astfel că specialiștii trebuie să fie pregătiți să formuleze judecăți proprii [7]. Respectul față de valorile trecutului și prezervarea acestora trebuie să reprezinte principalul crez al celor implicați.

## Bibliografie/Bibliography

- [1] \*\*\* Autodesk Robot Structural Analysis, 2013.
- [2] \*\*\* *Dicționarul explicativ al limbii române. Ediția a II - a*. Univers enciclopedic, București, 1998.
- [3] \*\*\* NP 064-02 *Normativ pentru proiectarea mansardelor la clădiri de locuit*.
- [4] \*\*\* SR EN 1991-1-1:2004, SR EN 1991-1-3:2005, SR EN 1991-1-3:2005/NA:2006, SR EN 1991-1-4:2006, SR EN 1991-1-4:2006/NB:2007.
- [5] \*\*\* SR EN 1995-1-1:2004, SR EN 1995-1-1:2004/NB:2008.
- [6] Rodica, CRIȘAN, *Reabilitarea locuirii urbane tradiționale*. Paideia, București, 2004.
- [7] Bernard M., FEILDEN, *Conservation of Historic Buildings. Third Edition*. Architectural Press, Oxford, 2003.
- [8] Soledad, LORENZO în *New Houses in Old Buildings: Architectural Design*. Links Editorial, Barcelona, 1998.
- [9] Bálint, SZABÓ, *Dicționar ilustrat de structuri portante istorice*. Editura Kriterion/Utilitas, Cluj-Napoca, 2005.
- [10] David, YEOMANS, *The Repair of Historic Timber Structures*. Thomas Telford Ltd, London, 2003.

the same category (Figure 8). Gravitational loads are also carried through sheared tongs and compressed compound rafters.

Table 3 presents the degree of use of the cross section for each element, following the introduction of the slab over the tie-beams, respectively of the ceilings and thermal insulation systems.

### *Roof structures with angled posts*

This category of roof structures is characterised by the fact that loads are carried from the rafters is done through the compresses angled posts and the tensed king post (Figure 12).

Table 4 presents the degree of use of the cross section for each element, following the introduction of the slab over the tie-beams, respectively of the ceilings and thermal insulation systems.

## Conclusion

■ The need to adapt historic buildings to the demands of contemporary comfort represents an evolutionary phenomenon; the concept of “comfort” implies a permanent association with new performance levels, an increase in demands that has to be correlated with the building’s potential [6]. The interventions must be compatible with the existing fund, without causing the destruction of the valuable material. The wish to intervene in the space of the attic must be tempered. The problems that may arise are most complex, and without a careful analysis of all factors involved, the intervention may cause irreversible losses regarding the heritage.

From a structural point of view, the introduction of a new slab that unloads directly on the tie-beams leads to exceeding the load-bearing capacity of these elements; moreover, the king/queen posts or even the rafters may be considerably affected. The issue of the joints is extremely important, because they do not allow the carrying of the new shear forces that appear.

Of course, besides structural problems, there appear a multitude of other factors that should influence the decision regarding the eventual intervention. The consultation of the related regulations (such as the *Normative for the design of attics in residential buildings* [3]) should be the first step in such an endeavour. However, we must not forget the fact that a historic building usually has an exceptional character, thus the specialists will have to be prepared to formulate their own judgement [7]. The respect for the values of the past and their preservation should represent the main creed of those involved.