INTERVENȚII STRUCTURALE CU AJUTORUL MESERIILOR, MATERIALELOR ȘI AL TEHNOLOGIILOR TRADIȚIONALE, COMPONENTE ALE RESTAURĂRILOR CONSTRUCȚIILOR EXISTENTE ALE PATRIMONULUI ARHITECTURAL SAU SURSE DE INSPIRAȚIE PENTRU DEZVOLATARE DURABILĂ

Mircea Mironescu, Adrian Mircea Stănescu,
Teodor Brotea, Radu Comănescu, Daniel Purdea[1]

Abstract

The article emphasizes the main issues that are to be considered when structural rehabilitation works are done during the restoration of a monument building; considering the model as an inspiration for a durable development.

In the subsequent articles we will develop each chapter for a detailed comprehension of these problems.

Keywords: Structural rehabilitation works, restoration, durable development .

Structurile construcţiilor monumente istorice sau care aparţin patrimoniului arhitectural de la noi din ţară, deşi nu au o tipologie care să reflecte particularităţi deosebite au totuşi caracteristici specifice, care trebuie menţionate.

În general, materialele întrebuinţate au în schimb caracterisitici deosebite de cele întrebuinţate în ţări cu tradiţie în acest domeniu. Dacă în ţările cu tradiţie, din punct de vedere al materialului predominant, s-a dezvoltat o „civilizaţie a pietrei", la noi se poate vorbi, mai mult de o "civilizaţie a lemnului".

Acest aspect a avut şi are un impact deosebit asupra durabilităţii construcţiilor monumente istorice sau de patrimoniu arhitectural de la noi din ţară.

În privinţa vulnerabilităţii la diferite acţiuni, trebuie subliniat că în general, acţiunile climatice, cu ecart şi repetabilitate mare, au un caracter distructiv asupra construcţiilor din ţara noastră, în comparaţie cu acelea din ţările cu tradiţie în păstrarea monumentelor istorice. Trebuie amintit că mai mult de 2/3 din teritoriul României este supus periodic, cam de trei ori pe secol la cutremure puternice din aceaşi sursă, Vrancea.

Periodic ca urmare a acestor acţiuni, dintre care amintim focul şi inundaţiile, dar mai ales după acţiunile seismice majore sunt necesare intervenţii structurale asupra construcţiilor monumente istorice sau de patrimoniu arhitectural.

Funcţie de perioada istorică în care acestea au fost construite, reflectând nivelul de cunoştinţe, materialele, tehnologiile şi nu în ultimul rând, mâna de lucru avută la dispoziţie, acestea au fost mai mult sau mai puţin adecvate cu ceea ce noi considerăm acum corespunzător păstrării în timp a construcţiilor.

Marea majoritate a construcţiilor monumente istorice sau de patrimoniu arhitectural de la noi din ţară au în continuare nevoie de intervenţii structurale care trebuie realizate în cât mai mare măsură cu materialele, tehnicile şi meseriile tradiţionale, adaptate şi îmbunătăţite cu părţile pozitive ale tehnicii contemporane, cu caracter reversibil şi care să nu altereze ci, pe cât este posibil să pună în valoare caracterul istoric al acestora.

Din îmbinarea acestor deziderate, aparent contradictorii vom oferi întregii industrii a construcţiilor, surse de inspiraţie pentru o dezvoltare durabilă care să ţină seama de cele şase exigenţe esenţiale, cerute de legea 10/1995, privind calitatea în construcţii.

1. TIPOLOGIA STRUCTURALĂ A CONSTRUCȚIILOR MONUMENTE ISTORICE ȘI DE PATRIMONIU ARHITECTURAL

Tipologia structurală a construcţiilor monumente istorice şi de patrimoniu arhitectural este deosebit de diversificată funcţie de destinaţia construcţiilor respective.

La biserici (fig. 1, 2, 3), locuinţe, turnuri de pază (figura 4), avem subsisteme verticale realizate din coloane sau pereţi de zidărie de cărămidă sau zidărie de piatră în

[1] MIRO GRUP S.R.L. (e-mail: *office@mirogrup.ro, web: www. mirogrup.ro*)

https://biblioteca-digitala.ro

diferite alcătuiri, pereţi cu bârne de lemn, stâlpi de lemn şi pereţi de paiantă sau chirpici, subsisteme orizontale realizate din arce, bolţi, cupole, pandantivi de zidărie sau piatră sau planşee cu schelet din grinzi de lemn, arce sau ferme de lemn.

Lemnul a fost unul din materialele cel mai des folosite la noi în ţară ca material de construcţie, până la începutul secolului XX, putând vorbi la noi de o adevărată „civilizaţie a lemnului", având realizări tehnice şi artistice specifice de valoare. Ne gândim în special la cele peste 1400 de biserici din lemn (figura 5) realizate până în anul 1918, constituind patrimoniul tehnic şi artistic cel mai valoros din acest domeniu. Din punct de vedere structural principalele tehnici constructive la bisericile de lemn, sunt cu îmbinări în „cheutori" (figura 6), în „căţei" şi în „furci". Dintre acestea cea care a creat faima bisericilor de lemn de la noi este aceea în „cheutori".

Şi în pereţii şi pilaştrii de zidărie întâlnim lemnul sub formă de centuri realizate odată cu zidăria la diferite nivele. Aceste centuri pot fi şi din fier forjat sau oţel laminat putând fi introduse ca urmare şia unor intervenţii structurale de consolidare.

La construcţii edificii publice (Biblioteca Centrală Universitară) (fig. 7) apar planşee cu grinzi metalice şi bolţişoare de cărămidă sau plăci de beton simplu la partea de jos a grinzilor metalice.

Sistemul de fundare este în general format din tălpi de piatră sau cărămidă zidită cu mortar de slabă calitate şi în ultima perioadă, după anul 1900 cu tălpi, blocuri de beton simplu sau beton armat, pentru structurile industriale.

La marea majoritate a construcţiilor s-a constatat lipsa hidroizolaţiilor orizontale sau verticale. La corpul din 1911 de la B.C.U. de exemplu apar hidroizolaţiile orizontale, dar fără hidroizolaţii verticale.

La construcţiile cu caracter industrial, întâlnim structuri în cadre de beton armat cu pereţii de beton simplu sau beton armat, şeduri de beton armat, ferme de beton armat sau ferme metalice, planşee de beton armat sau cupole cu schelet metalic combinat cu căpriori şi astereală de lemn.

2. MATERIALELE ÎNTREBUINŢATE ŞI DURABILITATEA STRUCTURALĂ

Cele mai vechi materiale de construcţii sunt piatra, lemnul, pământul bătut, chirpicul. Urmează cărămizile arse, varul obişnuit, varul hidraulic, cimentul, betonul simplu, fierul forjat, fonta, oţelul, betonul armat, lemnul lamelar, aluminiul.

Caracteristicile principale ale acestor materiale sunt descrise comparativ în continuare (tabelul 1, tabelul 2, fig. 8). Tabelul 1 este o prezentare succintă a rocilor sedimentare rezultate din rocile magmatice sau vulcanice prin acţiunea aerului, poluare, diferenţe de temperatură, factori biologici, din care rezultă densitatea materialelor de construcţii.

Durabilitatea naturală a lemnului este o problemă pe care constructorii, respectiv meşterii dulgheri o cunoşteau în cea mai mare parte, fiind una din cunoştinţele principale transmise din generaţie în generaţie, la fel ca şi "secretele" meseriei.

Este recunoscut faptul că dintre speciile de lemn întrebuinţate la noi în ţară, stejarul are cea mai bună durabilitate.

În normele actuale durabilitatea (care reprezintă capacitatea materialului de a rezista la distrugeri cauzate de factorii fizici, chimici sau biologici) este determinată pe baze ştiinţifice.

Pentru cele cinci clase care definesc condiţiile de exploatare globale, de microcondiţii de expunere ale materialelor, şi funcţie de acestea, durabilitatea lor naturală sunt date în tabelul 4 şi 5 pentru materialele lemnoase (în mediu uscat, expunere la umiditate sau la agenţi de umezire plus cicluri de îngheţ dezgheţ, expunere la aer saturat cu săruri sau apă de mare, expunere la mediul chimic agresiv), detaliate cu diferite specificaţii, pentru fiecare factor biologic în parte. Macrocondiţiile care au efect asupra micro condiţiilor sunt, ploaia şi zăpada, combinaţia vântului şi a ploi, variaţia temperaturii, variaţia umidităţii relative.

Lemnul îşi reduce rezistenţa la compresiune, pentru umiditate cu valori de peste 15%, cu până la 50÷65%, funcţie de creşterea umidităţii de până la 40%.

Dintre factorii bilologici, care sunt cei care produc cele mai multe degradări ciupercile domestice „Merulius Lacrimaus" sunt cele mai agresive.

La zidării în aceleaşi condiţii de expunere de micro sau macro condiţii de expunere, factorii fizici şi chimici sunt cei mai distructivi. Aceştia acţionează asupra mortarului de tencuială, mortarului de legătură şi asupra cărămizilor.

În compoziţia cărămizilor, nisipului, varului sau cimentului intră următoarele principale elemente chimice Si, Al, Fe, insolubile, sau Na, Ca, K, solubile.

Se ştie că mortarul de var (varul gras) (figura 9) sub diferite forme, provenit din calcar, este un liant care nu se întăreşte în prezenţa apei. În diferite proporţii, rezultate din compoziţia varului sau din aportul de Si, Al, Fe din agregate, acesta devine hidraulic, adică se întăreşte în prezenţa apei, definit ştiinţific prin indicele de hidraulicitate (Louis Vicat 1820). Practic este vorba de proporţia dintre calcar pur, magneziu şi argilă, exprimată chimic prin proporţia dintre argilă SiO_2 +Al_2O_3 + Fe_2O_3 şi calciu CaO + MgO_3.

Apa pătrunde în porii zidăriei sau în fisuri, şi atunci când are o concentraţie mare de CO_2 sau SO_2, transformând carbonaţii nesolubili în bicarbonaţi sau sulfiţi solubili. Acest fenomen este distructiv atât pentru pietrele de calcar cât şi pentru zidării şi tencuieli. Este de asemenea evident că acest proces este mai puţin agresiv pentru materialele care conţin elemente care le dau hidraulicitate

https://biblioteca-digitala.ro

și nu sunt solubile.

Exprimat chimic, apa cu o concentrație mare de anhidridă carbonică sau sulfurică poate transforma carbonații în bicarbonați (calcit) sau sulfiți de calciu (ipsos) solubili.

$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$

$CaCO_3 + SO_2 + 3H_2O = (CaSO_4 x\ 2H_2O) + H_2O + CO_2$

În general la zidării eflorescențele apar din cauza sărurilor solubile (sulfat de sodiu, sulfați și carbonați de potasiu, calciu și magneziu).

Romanii au realizat cele mai bune zidării în antichitate prin alegeri de materiale și execuții foarte atente și riguroase. Cărămizile erau păstrate să se usuce natural 5 ani atunci când nu erau arse, sau erau arse după 2 ani. Se foloseau materiale cu hidraulicitate naturală, ca „puzzolana", sau adaosuri artificiale care să dea aceleași caracterisitici cu cele naturale. În acest fel au luat naștere betonul și varul roman, folosite la construcții monumentale cum ar fi Colosseumul, Pantheonul, Podul lui Traian.

Dar nu numai în antichitate, ci și în timpul renașterii au fost realizate construcții din zidărie remarcabile, care dăinuie și astăzi. Domul din Florența, Palatul Dogilor din Veneția sunt exemple elocvente de execuție cu meșteri de o calificare înaltă, bine organizați în bresle.

Durabilitatea fierului sau oțelui este remarcabilă la acțiunea agresivă a majorității factorilor fizici, chimici sau biologici. Totuși fierul este afectat de ruginire, adică formarea oxidului de fier hidratat în prezența oxidului de fier și a apei, hidrații de metal $Fe(OH)_2$ și $Fe(OH)_3$.

Întrebuințat în construcții monumentale mai ales, remarcabile începând cu a doua jumătate a secolului XIX, aceste material, corespunzător protejat este în bună funcționare și astăzi (Turnul Eiffel, Podul de la Cernavodă). Se remarcă la aceste construcții eleganța structurală, cât și foarte buna execuție a acestora. Din păcate sarcinile gravitaționale tot mai mari impuse construcțiilor moderne, fac greu realizabile acum structuri metalice de eleganța celor din trecut.

Durabilitate betonului și a betonului armat în special depinde foarte mult de calitatea cimentului întrebuințat, calitatea agregatelor, densitatea acestuia rezultată din curbele granulometrice și întrebuințarea unui factor apă/ciment corespunzător.

Cimentul conține aceleași elemente chimice de bază, ca și varul sau mai ales varul hidraulic (tabelul 3), rezultate din materia primă de bază (calcar, argilă sau marnă și diferiți oxizi). Modul de realizare a cimentului diferă însă, de la formarea clincherului, prin arderea până la 1450°C a amestecului măcinat și granulat, măcinarea din nou a acestuia și amestecarea cu gips și eventual cu alte adaosuri.

Atât betonul cât și tencuiala realizată cu ciment sunt produse cu permeabilitate redusă la circulația vaporilor de apă, de 2 - 5 ori mai redusă decât tencuielile sau betonul realizat cu var sau var hidraulic. Această caracteristică face ca tencuielile, respectiv materialele cu var să fie considerate mai "sănătoase" decât cele cu ciment.

Au fost prezentați lianții minerali, dar în trecut, ca și astăzi la restaurări se întrebuințează lianți organici, precum cazeinatul de calciu, amidonul, ouăle, sângele sau urina, rășinile naturale.

Pământul bătut, chirpicul sau paianta sunt materiale simple sau compozite, realizate pe baza lutului (sol argilos) care este un amestec de argilă, mâl, nisip și pietriș mic. Sunt materiale ecologice (Tabelul 6) care amestecate cu stabilizatori și cu prevederea de protecții impermeabile la fundații, hidroizolații orizontale și verticale corespunzătoare, protecție la acoperiș, socluri sau subsoluri, detaliate corespunzător pentru a feri aceste materiale de prezența apei și a umidității dau naștere la construcții durabile.

3. VULNERABILITATEA CONSTRUCȚIILOR MONUMENTE ISTORICE ȘI DE PATRIMONIU ARHITECTURAL LA ACȚIUNI MECANICE, DE MEDIU SAU SEISMICE

Vulnerabilitatea acestor construcții este diferită, funcție de tipul de structură, de materialele structurale întrebuințate și de tipul acțiunii.

Există construcții la care fundațiile sunt așezate la adâncimi și pe terenuri necorespunzătoare. În general construcțiile de patrimoniu sunt vulnerabile la acțiunile climatice, dar mai ales la acțiunile seismice.

Apele meteorice nedirijate corespunzător prin sistematizări verticale adecvate, în combinație cu acțiunea agresivă a apei și umidității, combinată cu ciclurile de îngheț dezgheț, în număr mare pentru majoritatea teritoriului țării noastre pot afecta structura și integritatea construcțiilor.

Dar cea mai mare vulnerabilitate este acea dată de acțiunea seismică, mai ales pentru construcțiile cu structură cu masă mare din zidărie de piatră sau cărămidă. Este de remarcat că marea majoritate a bisericilor ortodoxe vechi de la noi, situate în zone seismice nu mai au turlele originale. Mecanismele de avariere a acestora arată schematic ca în figura 10 și figura 11.

În general structurile cu pereți de zidărie, tind să se separe în blocuri și părți (fig. 12), delimitate de zonele străbătute de goluri. Studiul simplificat și evaluările prin calcul care iau în considerare astfel de blocuri sau părți este foarte eficient pentru studierea comportării acestor construcții la acțiunile seismice.

Este bine ca totdeauna să combinăm evaluările prin calcul prin metode simplificate cu cele avansate de tipul 3D - cu elemente finite.

Construcțiile de patrimoniu cu schelet din beton armat sunt realizate în perioada în care nu existau modelări și cunoștințe suficiente pentru comportarea acestora la acțiuni seismice. În general acestea supraviețuiesc din interacțiunea cu pereții de zidărie din umplutură și de aceea, modelarea fizică și matematică trebuie să pună

https://biblioteca-digitala.ro

accentul pe această interacţiune.

4. METODE DE INTERVENŢII STRUCTURALE INTEGRATE ÎN LUCRĂRILE DE RESTAURARE

Lucrările de intervenţii structurale sunt realizate sub formă de reparaţii sau consolidări.

Reparaţiile au menirea să refacă caracterisiticile de rigiditate şi rezistenţă a structurilor la parametrii iniţiali, iar consolidările să îmbunătăţească aceste caracteristici.

Pentru lucrări de reparaţii structurale care să se integreze în lucrările de restaurare este foarte important ca acestea să se realizeze cu materiale cu caracteristrici cât mai apropiate de materialele iniţiale ale structurii şi cu modul lor de a fi puse în operă asemănător.

La structurile cu elemente din lemn, se înlocuiesc părţi din elemente sau elemente întregi cu o atenţie deosebită dată îmbinărilor, cu care trebuie să fie compatibile (de exemplu cuie de lemn – la îmbinări).

La structurile de zidărie se fac injectări în fisuri sau matări cu mortar în crăpături, reţeseri, sau completări cu cărămidă a părţilor degradate ale elementelor de zidărie. Injectările e bine să se facă cu var hidraulic, iar matările şi înlocuirile de cărămizi să se facă cu cărămizi şi mortar cât mai apropiate de calitatea celor originale.

La structurile cu elemente din beton şi beton armat se fac injectări sau matări ale fisurilor şi crăpăturilor cu ciment sau beton apropiat caracteristicilor materialelor iniţiale.

La structurile cu elemente metalice se înlocuiesc piesele metalice deformate sau se refac nodurile sau zonele de petreceri degradate.

Pentru intervenţiile de tip consolidare pentru construcţiile cu structuri din zidărie de cărămidă, funcţie de tipul de structură se folosesc cămăşuieli cu coji de beton sau mortar armat (fig. 13), reţele spaţiale de elemente liniare de beton armat înglobate in zidarie, bare de oţel beton protejate cu mortar special în galerii forate (fig. 14), placări cu benzi din fibre de carbon sau pînze din fibre de carbon sau sticlă, lipite cu răşini epoxidice sau reţele din profile metalice introduse în foraje matate cu mortar – beton special.

Elementele structurale înglobate trebuie să fie protejate spre exterior cu zidărie de cărămidă care să refacă paramentul de zidărie şi să protejeze termic zona de intervenţie. Deasemenea introducerea de elemente de beton armat pe extradosul arcelor şi bolţilor, în general toate intervenţiile de consolidare din podul bisericilor trebuie să fie protejate termic.

Pentru construcţiile cu planşee şi grinzi de lemn, se introduc tiranţi de oţel în planul planşeelor, care să consolideze mai ales pereţii exteriori, la tendinţa acestora de desprindere de legăturile cu pereţii adiacenţi şi căderea spre exterior.

O atenţie specială trebuie acordată hidroizolaţiilor, protejării pereţilor împotriva igrasiei şi prezenţa apei şi umidităţii în ziduri, mai ales în zonele în care se introduc elemente de beton armat, deoarece acestea favorizează producerea sarurilor, care dau naştere la eflorescenţe nedorite.

Metoda de consolidare cea mai eficientă pentru construcţiile monumente istorice este aceea de izolare a bazei (figura 15), care pe lângă efectul benefic de a reduce la minimum intervenţiile în corpul acestora, rezolvă şi problema hidroizolării la nivelul terenului, în mod eficient.

5. INTERVENŢIILE STRUCTURALE ÎN CADRUL RESTAURĂRILOR, SURSE DE INSPIRAŢIE PENTRU O DEZVOLATARE DURABILĂ

Intervenţiile structurale în cadrul restaurărilor, mai ales cele de tip reparaţii, sunt o sursă de inspiraţie pentru o dezvoltare durabilă prin extinderea acestei experienţe şi la construcţii noi prin folosirea de materiale tradiţionale, care în general folosesc puţină energie, puse în operă de către meseriaşi cu o calificare corespunzătoare.

Folosirea lemnului, zidăriilor cu cărămizi de argilă arsă sau chirpici, cu mortar de var hidraulic, în produsele moderne, sau chiar pământul bătut, ameliorat pentru stabilizare, ca părţi componente ale construcţiei, care să protejeze zonele vulnerabile ale fiecărei construcţii în parte, la diferitele acţiuni climatice ale acestora, ne conduc la construcţii în care se poate duce o viaţă sănătoasă.

Astfel pentru pământul bătut protecţia termică, difuzia vaporilor, admisia şi eliberarea de căldură, sunt proprietăţi care favorizează crearea unui mediu ambiental corespunzător.

6. CONCLUZII

Intervenţiile structurale în cadrul restaurărilor de construcţii monumente istorice sau de patrimoniu de arhitectură sunt operaţii complexe, de tehnicitate deosebită. Ele pot fi făcute sub formă de reparaţii sau consolidări ale elementelor structurale, respectiv ale structurile acestor construcţii.

Tema principală a acestui articol se referă la reparaţiile structurale, dar sunt abordate toate problemele principale legate de aceste intervenţii.

Astfel sunt descrise principalele tipuri structurale, materialele întrebuinţate, durabilitatea lor, vulnerabilitatea structurilor pentru patrimoniu construit, metode de intervenţii, cuprinzând deci, şi lucrările de consolidare.

Lucrările de reparaţii reclamă în mod special meserii, materiale şi tehnici tradiţionale şi în această privinţă se arată că, dacă folosim toatea acestea cu succes la intervenţiile structurale pentru patrimoniul construit avem surse de inspiraţie pentru a construi în general în spiritul unei dezvoltări durabile.

Ştiinţa construcţiilor este din păcate un domeniu mai puţin avansat al activităţii inginereşti. Totuşi progresul este continuu, lucru de netăgăduit, dar fiind conştienţi

https://biblioteca-digitala.ro

că nu putem să explicăm ştiinţific toate aspectele legate de comportarea structurilor istorice şi a materialelor componente, sau să ameliorăm comportarea acestora fără a diminua caracterul istoric al acestora este bine să folosim meseriile, materialele şi tehnicile tradiţionale nu numai la restaurări, ci şi la construcţii noi.

Astfel este bine să se încurajeze folosirea meseriilor de pietrari, ipsosari, zugravi, dulgheri, fierari, lucrători cu caracter tradiţional, a materialelor tradiţionale, lemnul sub diferite forme, inclusiv lemnul sub formă lamelară, lutul, varul, varul hidraulic, cărămizile de argilă arsă, piatra şi şi tehnicile de execuţie tradiţionale.

Amintim că pentru construcţiile moderne se impun şase exigenţe esenţiale:

- rezistenţă si stabilitate;
- securitate în caz de incendiu;
- igienă, sănătate şi mediu înconjurător;
- securitate în exploatare;
- protecţie împotriva zgomotelor;
- economie de energie şi izolare termică.

Ameliorarea comportării structurilor istorice se poate face eficient şi fără a dăuna caracterului istoric a acestora şi pe cât este posibil cu caracter reversibil.

Astfel prevenirea atacului chimic, biologic, al focului, aceste principii, în spiritul dezideratului dezvoltării durabile, care impune respectarea tuturor celor şase exigenţe.

BIBLIOGRAFIE:

1. Gernot Minke - *Construind cu Pământ. Proiectare şi tehnologii pentru o arhiectură durabilă*, SIMETRIA, Bucureşti, 2009

2. A. Bernadini, A. A. BALKEMA - *Seismic damage to masonry buildings* – Rotherdam, Brookfield, 1999

3. *Buiding construction under seismic condition in the Balkan region – Repair and strengthening of historical monuments and buildings in urban nuclei*, vol. 6, UNDP/ UNIDO PROJECT 79/015, 1984

4. Stafford Holmes, Michael Wingate - *Building with lime. A practical introduction*, Intermediate Technology Publication, 1997

5. Anghel Stanciu, Irina Lungu - *Fundaţii*, EDITURA TEHNICĂ, Bucureşti, 2006

6. drd. chim. Mariana Prună - *Durabilitatea naturală a lemnului de construcţii,* Revista Construcţiilor nr. 55, 2009

7. Ana Maria Grămescu, A. M. Daniela Barbu - Repararea şi Consolidarea Construcţiilor, AGIR, Bucureşti, 2008

8. *Metodologie pentru evaluarea riscului şi propunerile de intervenţie necesare la structurile construcţiilor monumente istorice în cadrul lucrărilor de restaurare ale acestora* , Buletinul Constructiilor, Vol. 21, 2005

9. R. G. Drysdale, A. A. Hamid, Lawrie R. Baker - *Masonry structures. Behaviour and design*, PRENTICE HALL, 1994.

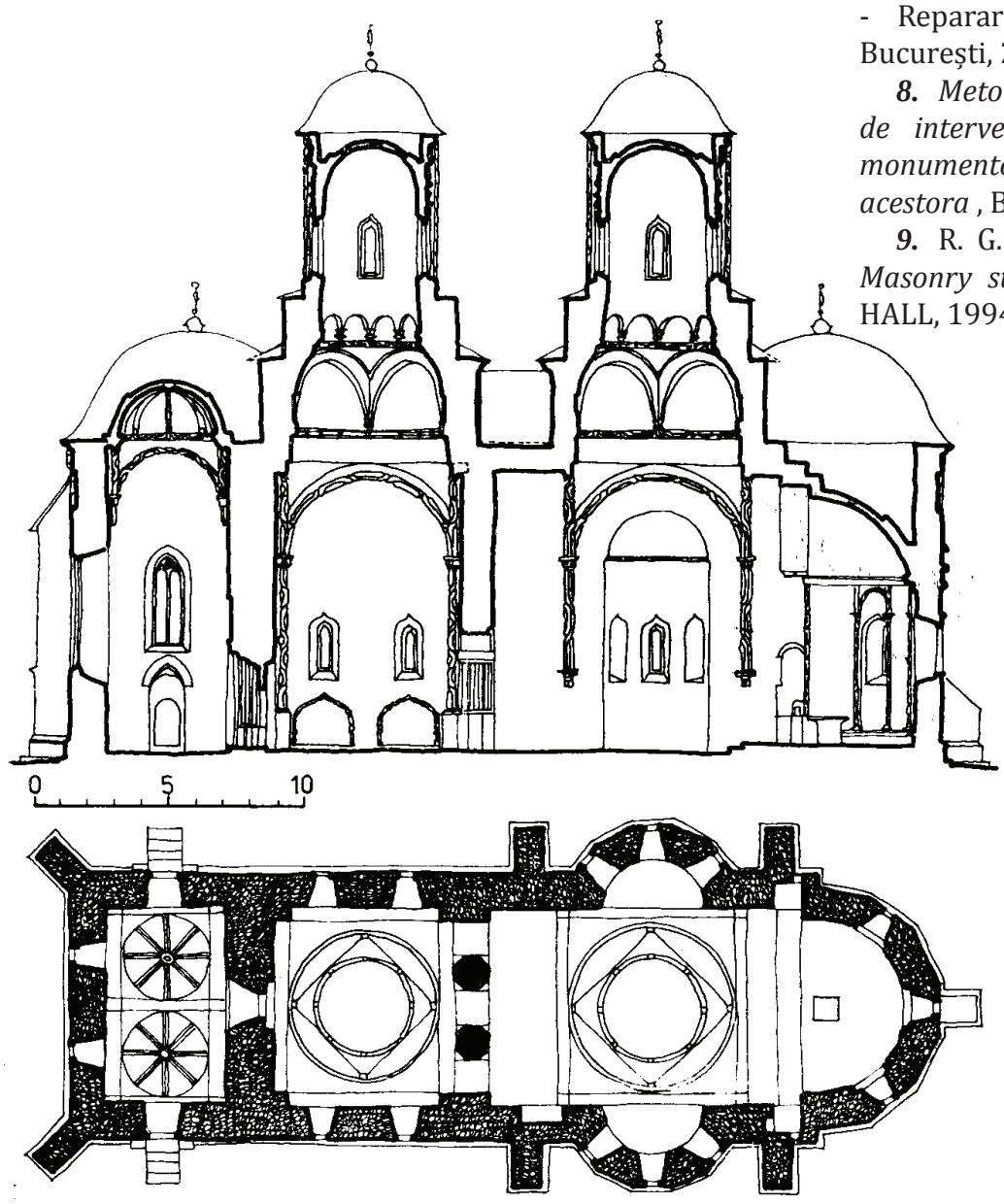


Fig. 1 – Biserică ortodoxă

https://biblioteca-digitala.ro

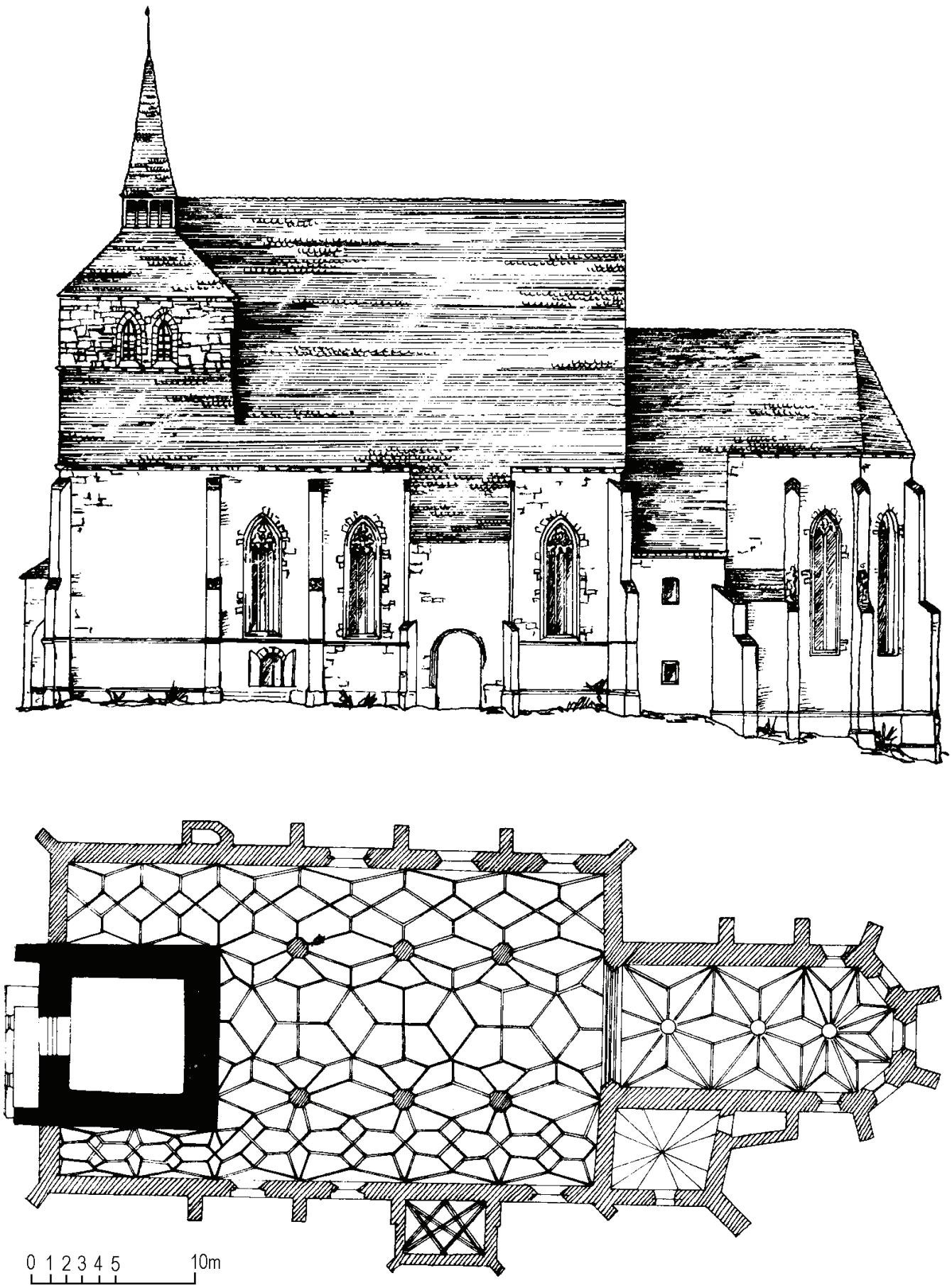


Fig. 2 – Biserică romano – catolică

https://biblioteca-digitala.ro

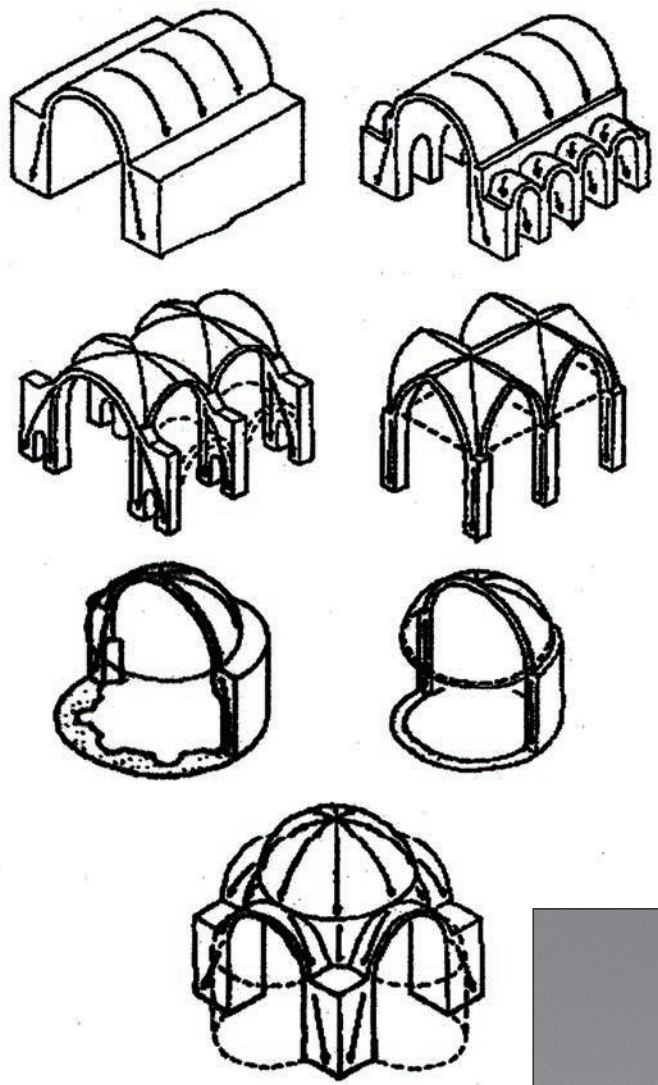


Fig. 3 – Sisteme de cupole și bolți cu sistemul de rezemare și traseul eforturilor de compresiune

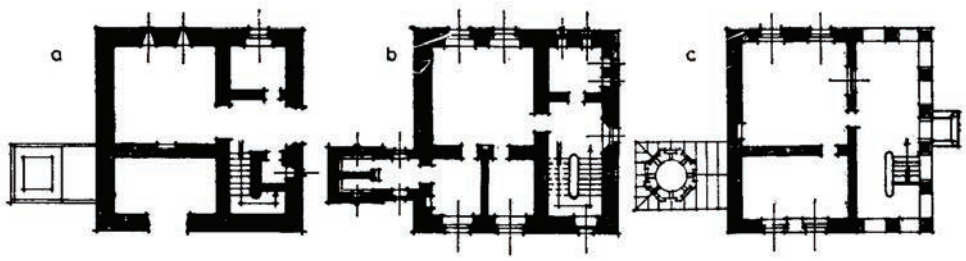


Fig. 4 – Culă

https://biblioteca-digitala.ro

Fig. 5 – Biserică ortodoxă cu structura de lemn

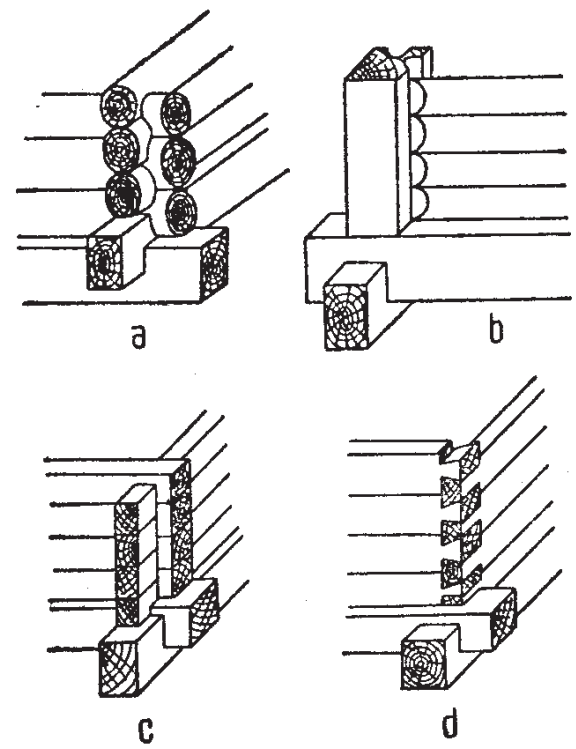


Fig. 6 – Îmbinări elemente lemn în pereți

https://biblioteca-digitala.ro

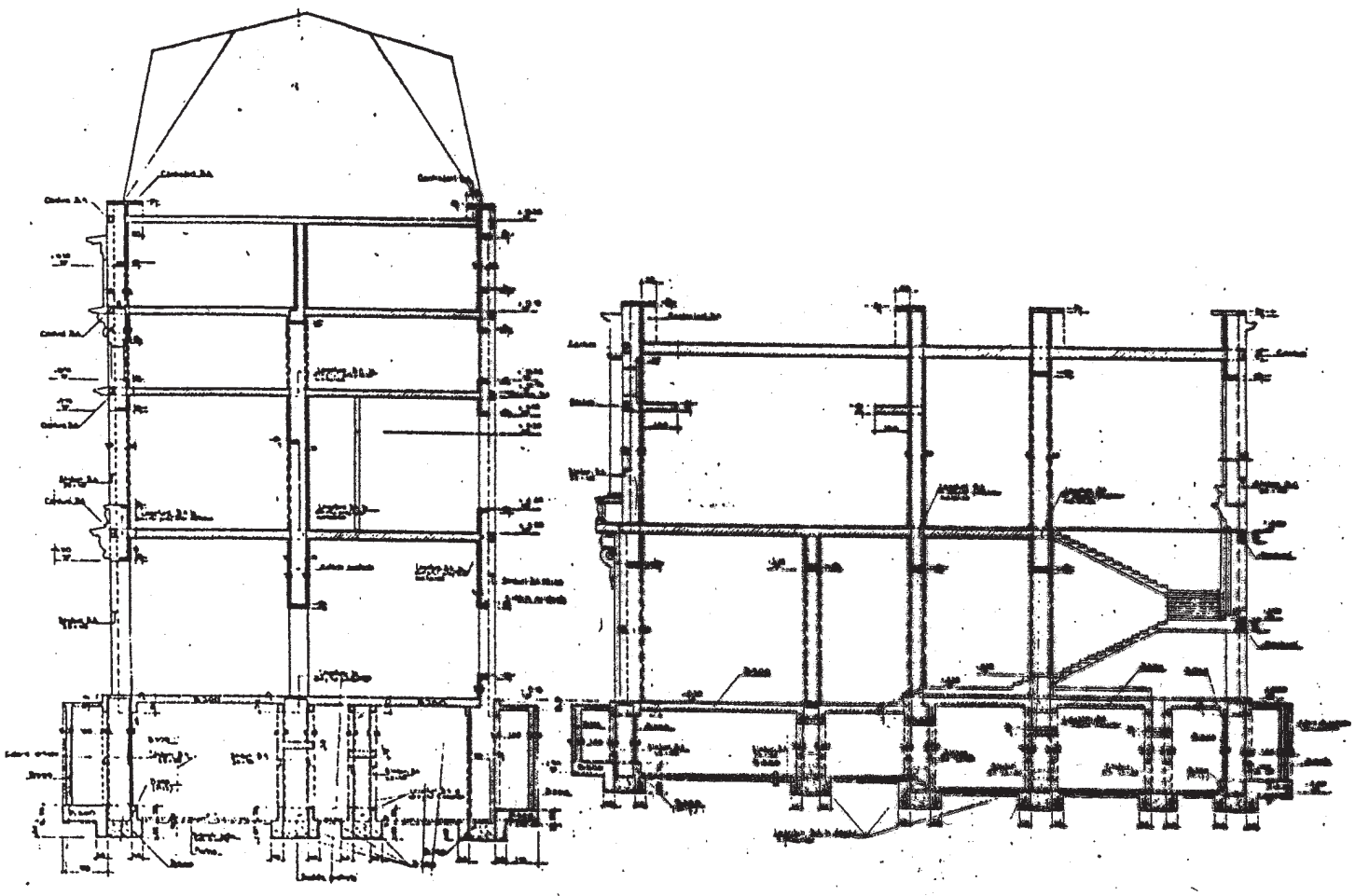


Fig. 7 – Secțiuni structuri BCU

Tabelul 1

CLASIFICAREA ROCILOR DETRITICE SAU CLASTICE (SEDIMENTARE) ÎN RAPORT DE MĂRIMEA PARTICULELOR ŞI AGENTUL DE TRANSPORT

Mărimea granulelor	**Agentul de transport**					
	Aer		**Apă**		**Gheață**	
	mobile	**consolidate**	**mobile**	**consolidate**	**mobile**	**consolidate**
Psefite ø > 2 mm	grohotiş	brecie	bolovăniş,prundiş, pietriş	conglomerate	morene, argile cu blocuri	tilit
Psamite 0,02 < ø <2 mm	arenit, nisip de dune	arcoză	nisipuri de râu, nisipuri de mare	gresii, calcare	depozite glaciare	
Pelite ø <0.02 mm	praf	loess	mâl, nămol	argile, marne	–	

Tabelul 2

COEFICIENȚII DE DILATARE TERMICĂ (α) ŞI COEFICIENTUL DE DEFORMAȚIE TRANSVERSALĂ (μ) – (COEFICIENTUL LUI POISON) PENTRU DIVERSE MATERIALE

Materialul	**Coef. de dilatare termică (α)**	**Coef. lui Poison (μ)**
Lemn	$(4 \div 6) \times 10^{-6}$	
Zidărie de cărămidă	$(4 \div 8) \times 10^{-6}$	0,25 ÷ 1
Beton	$(8,8 \div 10,4) \times 10^{-6}$	
Beton armat	10×10^{-6}	0,16 ÷ 0,18
Fontă	$10,4 \times 10^{-6}$	0,23
Oțel moale	12×10^{-6}	0,24 ÷ 0,28
Oțel	$11,7 \times 10^{-6}$	0,25 ÷ 0,29
Calcar, granit	$(7 \div 9) \times 10^{-6}$	
Duraluminiu	$23,5 \times 10^{-6}$	

https://biblioteca-digitala.ro

DIAGRAMA COMPARATIVĂ σ – ε PENTRU LEMN, ZIDĂRIE, BETON ŞI OŢEL

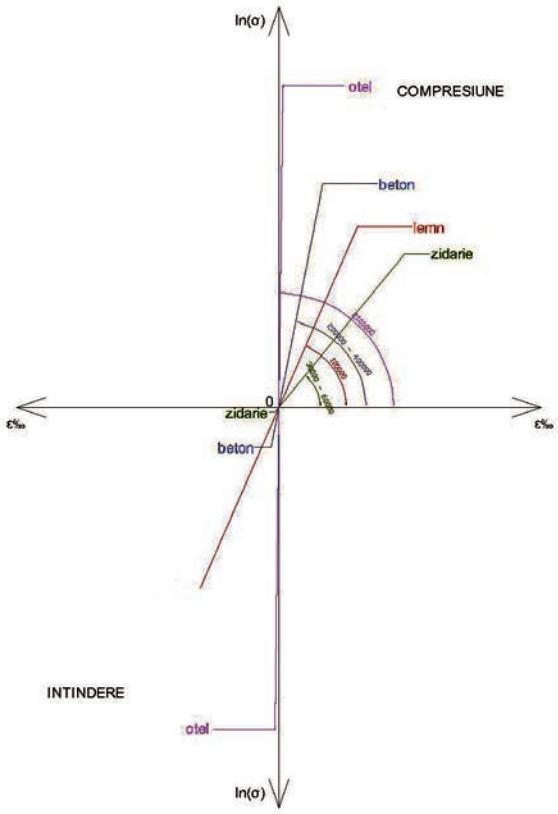


Fig. 8

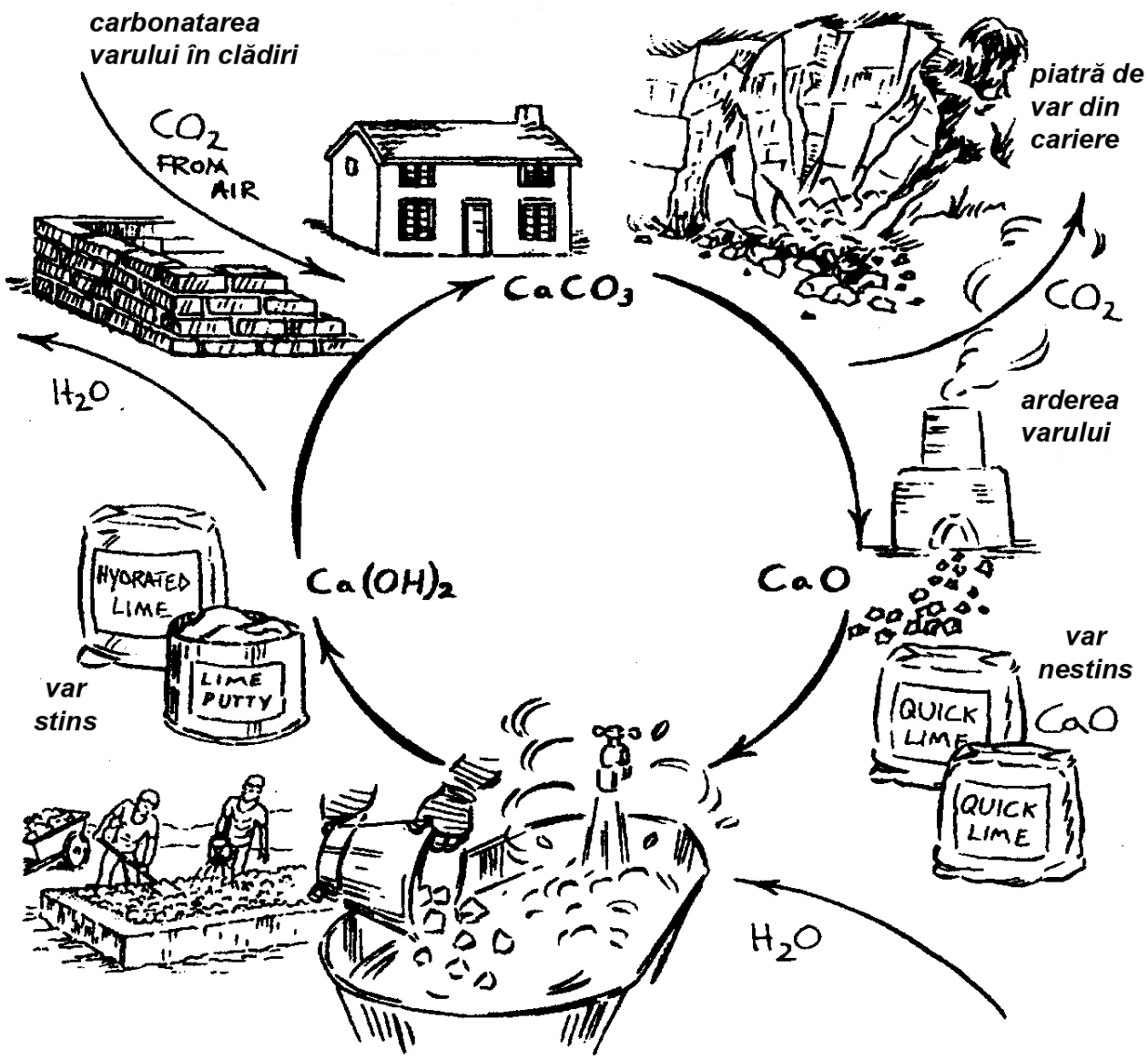


Fig. 9 – Ciclul varului

https://biblioteca-digitala.ro

Tabelul 3
TABEL COMPOZIȚIE CHIMICĂ VAR, VAR HIDRAULIC ȘI CIMENT

Compoziția chimică	Principalii compuși	Formule chimice
Calcar pur	Carbonat de calciu	$CaCO_3$
Var nestins	Oxid de calciu	CaO
Var stins	Hidroxid de calciu	$Ca(OH)_2$
Var hidraulic natural	Silicat de calciu	$2CaO,SiO_2$*
Ciment	Silicat tricalcic	$3CaO, SiO_2$*

*compuși principali atât la varul hidraulic cât și la ciment {Al_2SO_3 și Fe_2O_3, respectiv MgO; SO_3} intervin în proporții mici și diferite

Tabelul 4
CLASELE DE EXPLOATARE (DE RISC BIOLOGIC) A LEMNULUI PENTRU CONSTRUCȚII

Clasa	Condițiile de exploatare	Exemple de utilizare	Zona sensibilă	Riscurile biologice
1	Lemn uscat, umiditate totdeauna sub 20%	Dulgherie la umiditatea interioară: pardoseli, scări interioare, uși	2 mm	• Insecte • Termite, numai în regiunile infestate
2	Lemn uscat a cărui umiditate depășește numai ocazional 20%	Șarpante, schelet de rezistență, corect ventilate în exploatare	2 mm	• Insecte • Ciuperci de suprafață • Termite, numai în regiunile infestate
3	Lemn cu umiditatea frecvent superioară față de 20%	Toate piesele exterioare, vericale ale construcției, supuse ploii, placări, ferestre. Piese adăpostite ale casei în atmosfere cu condens.		• Putregai • Insecte • Termite, numai în regiunile infestate
4	Lemn cu umiditatea totdeauna superioară față de 20%	Lemn dispus orizontal, pentru exterior (balcoane, terase) și lemn în contact cu solul, cu o sursă de umiditate prelungită sau permanentă.	Zone fără durabilitate naturală	• Putregai • Insecte și termite
5	Lemn în contact permanent cu apa de mare	Pile, pontoane, lemn îmbibat	Zone fără durabilitate naturală	• Putregai • Insecte • Animale marine

Tabelul 5
CLASELE DE DURABILITATE A LEMNULUI ADECVATE CLASELOR DE RISC, LA UTILIZARE

Clasa de risc	Clasa de durabilitate				
	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	(0)	(0)
3	0	0	(0)	(0) – (x)	(0) – (x)
4	0	(0)	(x)	x	x
5	0	(x)	(x)	x	x

Legendă:
0 – durabilitate naturală suficientă
(0) – durabilitate naturală normală, suficientă pentru anumite întrebuințări; se poate recomanda un tratament de protecție
(0)-(x) – durabilitatea naturală poate fi suficientă, dar în funcție de esența de lemn, de permeabilitate și de utilizarea sa finală, se poate dovedi necesar un tratament de protecție
(x) – tratamentul de protecție este în mod normal recomandat, dar numai pentru anumite utilizări durabilitatea naturală poate fi suficientă
x – necesar un tratament de protecție

https://biblioteca-digitala.ro

Tabelul 6

TABEL COMPARATIV PRIVIND CONSUMUL ENERGETIC PENTRU PRODUCEREA UNEI TONE DE MATERIAL ŞI CANTIATEA DE CO_2 ELIBERATĂ LA EXECUŢIA UNEI GRNZI 10 X 30 cm – L = 1000 cm

Materialul	**Consumul de energie (Mjoule)**	**Cantitatea de CO_2 eliberată la execuţia unei grinzi 10 x 30 cm – L=1000 cm**
Lemn lamelar	1	6 kg
Beton	4	101 kg
Oţel	60	76 kg
Aluminiu	250	
Calcar	425	

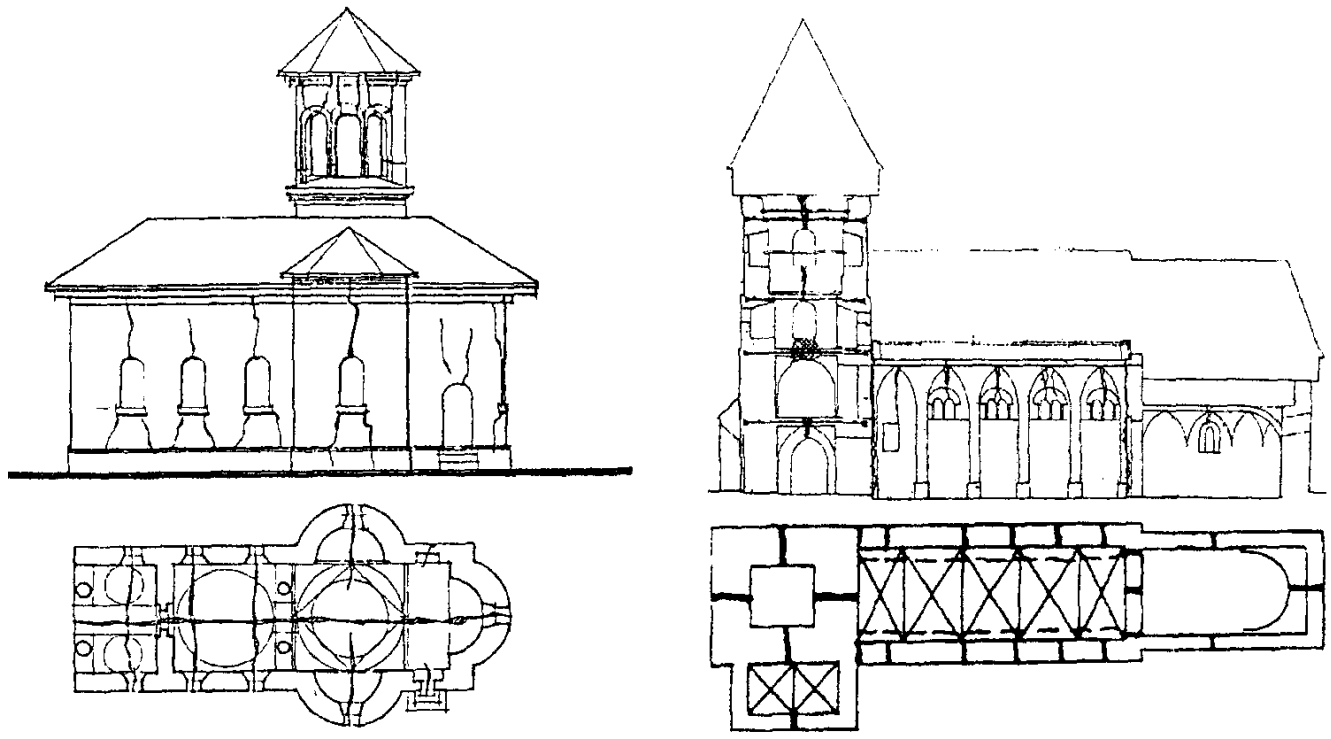


Fig. 11 – Mecanisme de avariere la biserici

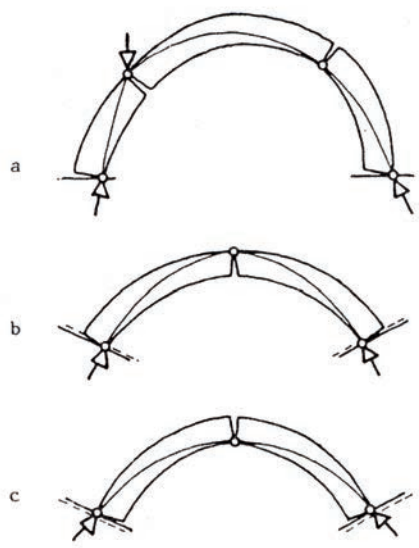


Fig. 10 – Mecanism de avariere la arce

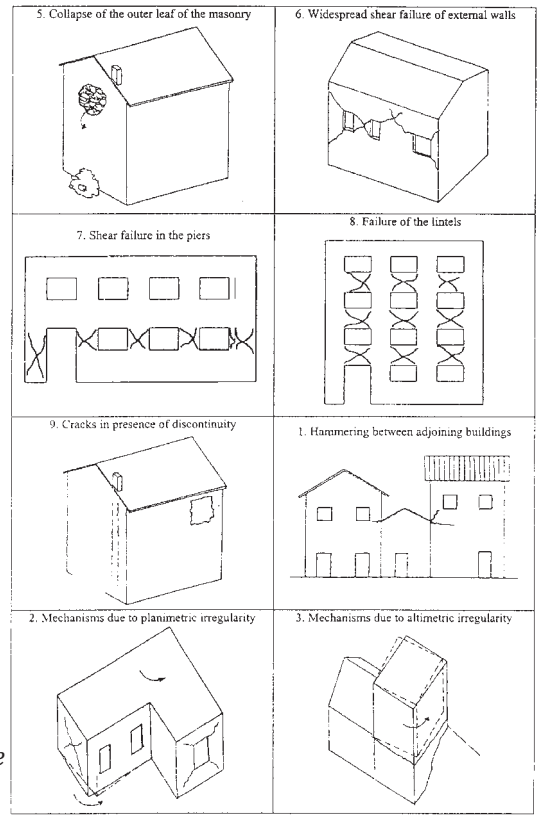


Fig. 12 – Mecanisme de avariere pereţi zidărie

https://biblioteca-digitala.ro

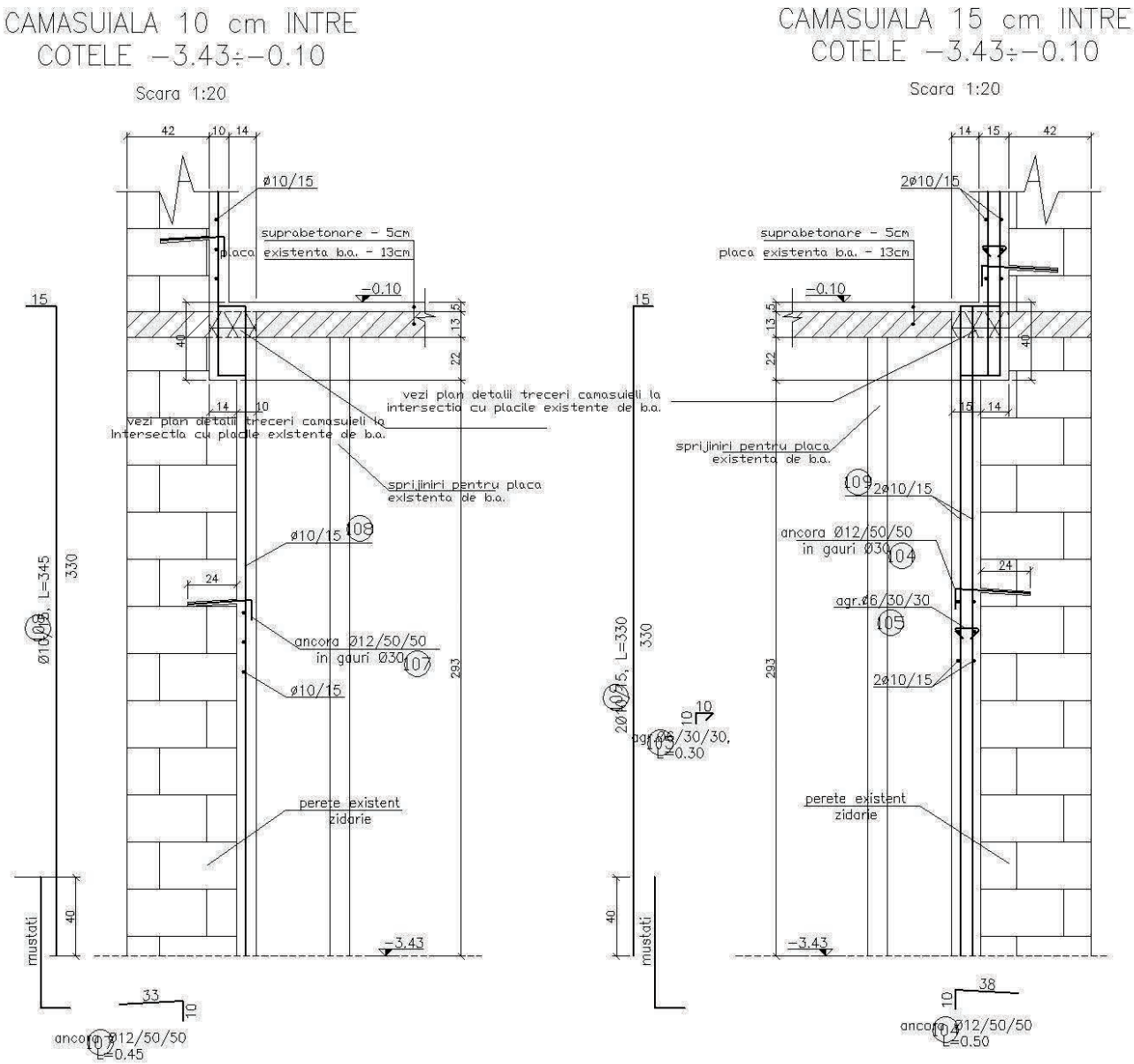


Fig. 13 – Cămăşuieli coji de beton sau mortar armat

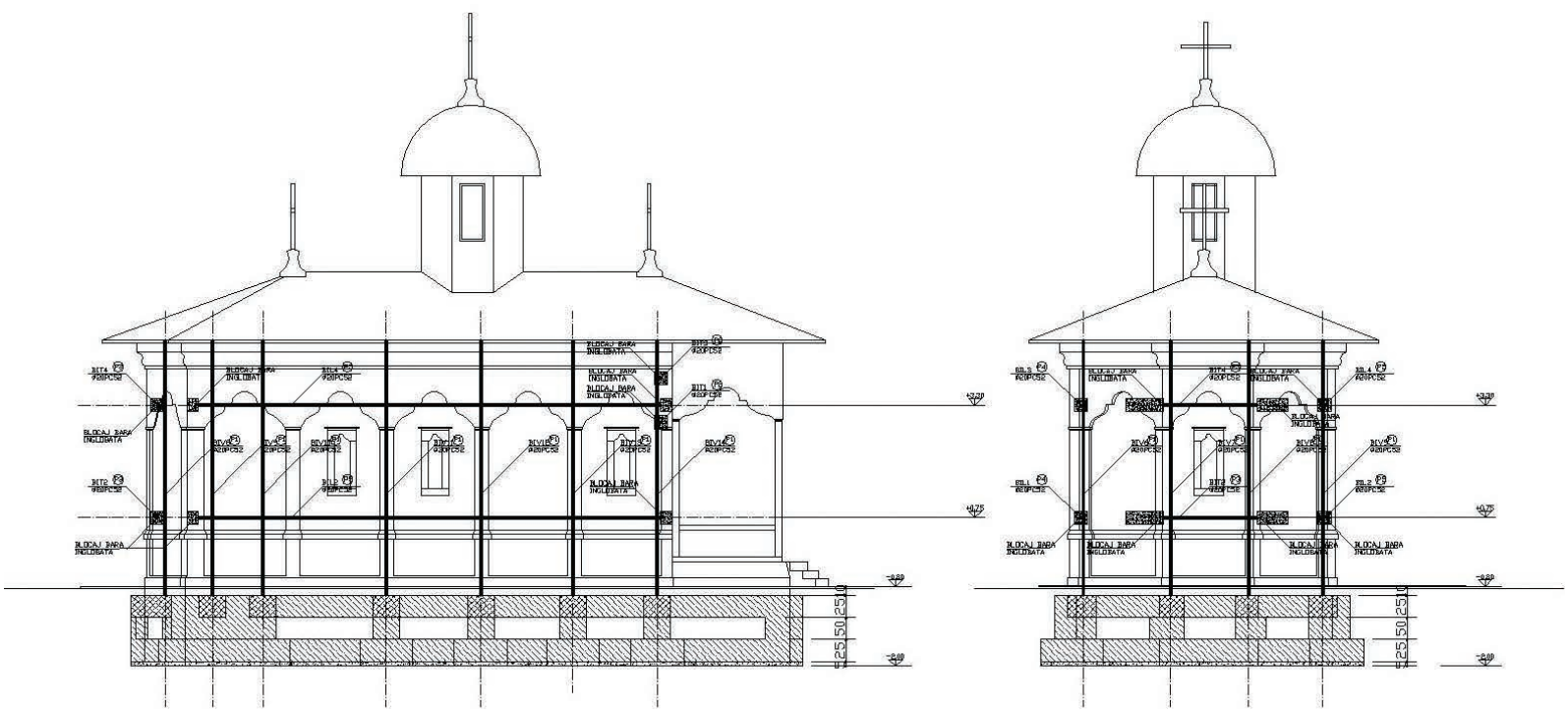
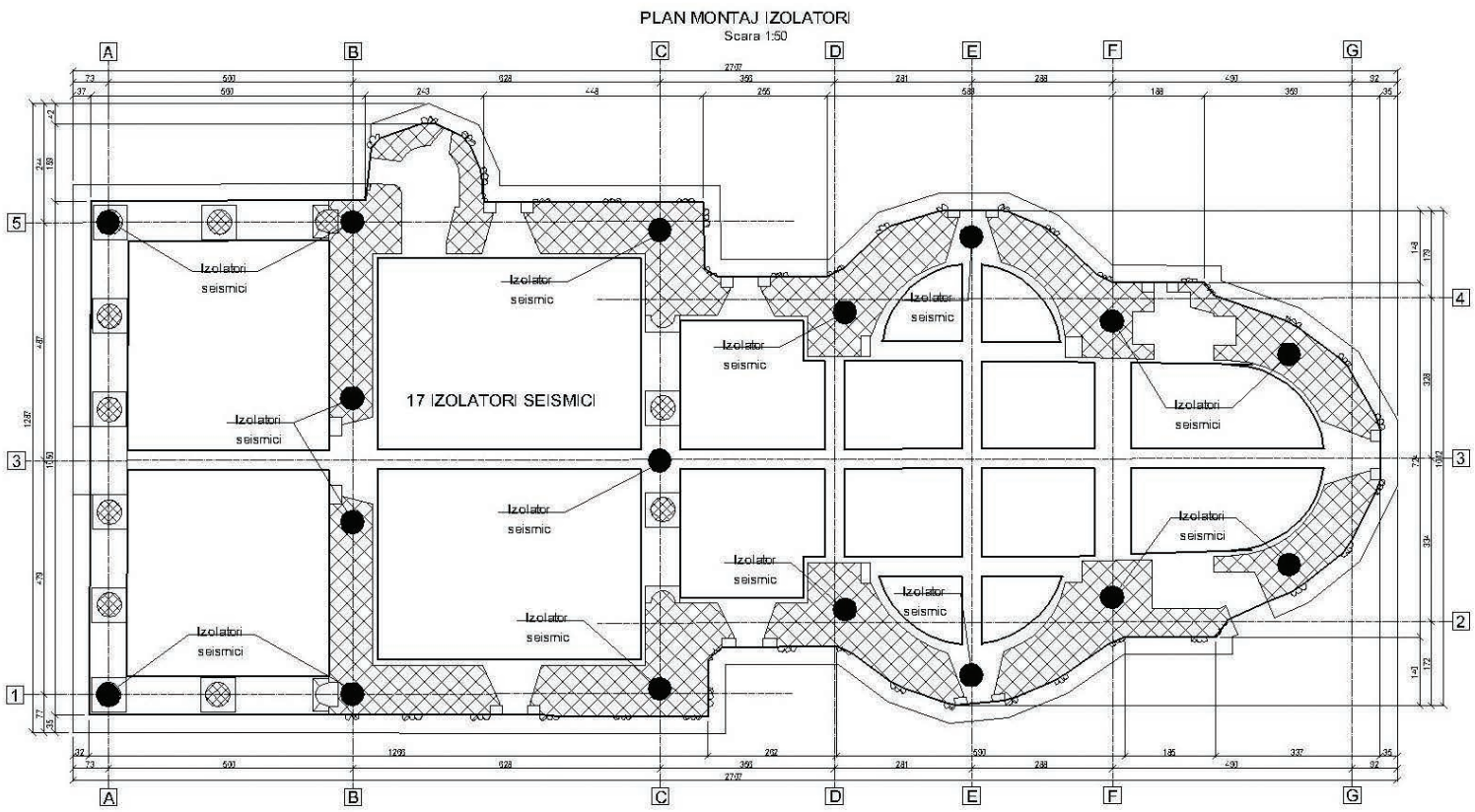


Fig. 14 – Consolidare cu reţea de bare înglobate

https://biblioteca-digitala.ro



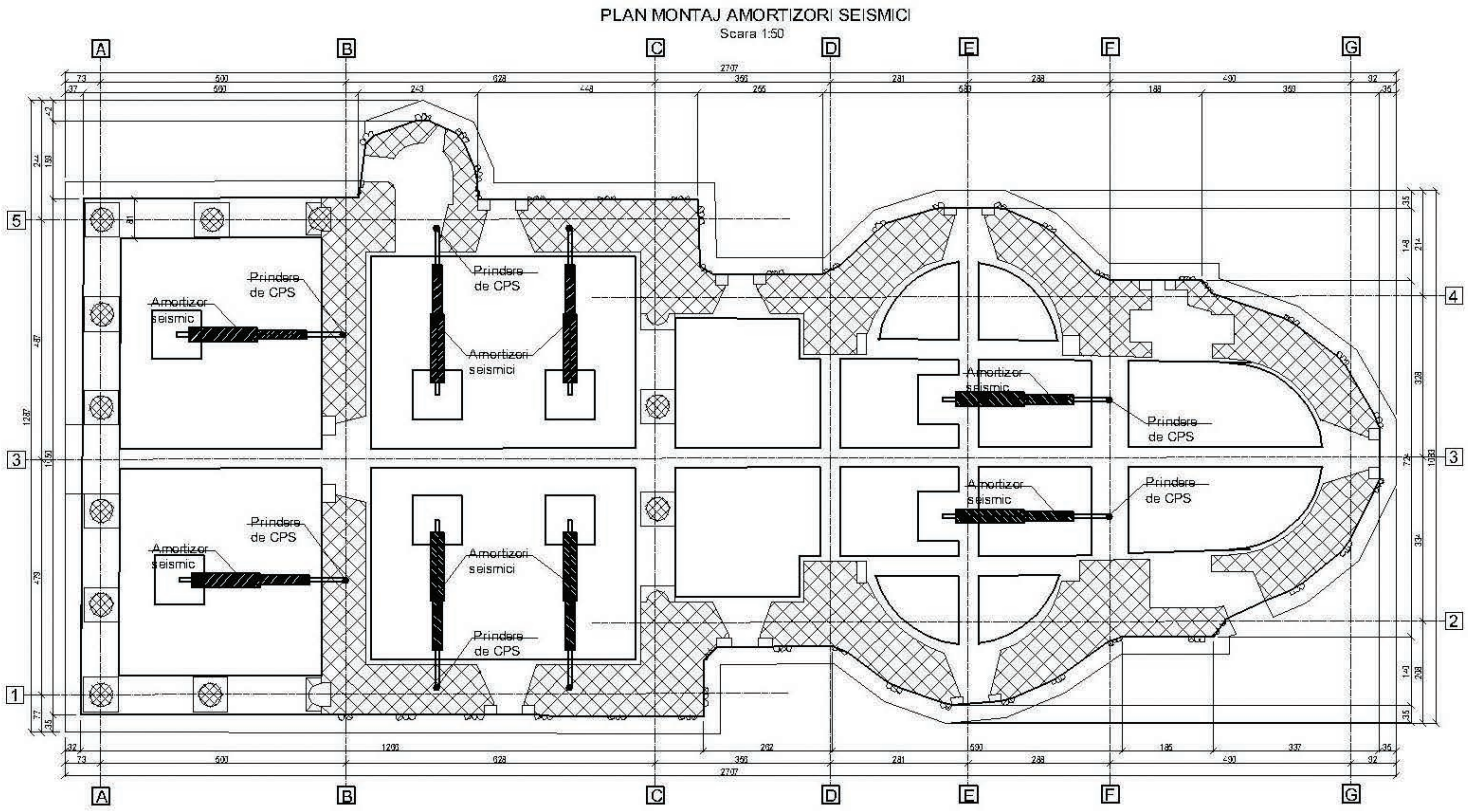


Fig. 15

https://biblioteca-digitala.ro