

**Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova**

**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Facultatea Construcții, Geodezie și Cadastru**

**Departamentul Inginerie Civilă și Geodezie**

**Admis la susținere:**

**Șef departament ICG, conf. univ., dr.**

\_\_\_\_\_ **A. Taranenco**

” \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ **2022**

# **SOLUȚII STRUCTURALE PENTRU CASE PLIABILE**

**Teză de master**

**Student:** \_\_\_\_\_ **Burduja Dionisie, IS-2001M**

**Conducător:** \_\_\_\_\_ **Țibichi Viorica, conf. univ., dr.**

**Chișinău, 2022**

## REZUMAT

**Burduja, Dionisie. Soluții structurale pentru case pliabile.** În lucrarea dată s-au cercetat casele pliabile ca metodă de soluționare a problemei locuințelor accesibile. În vederea susținerii acestei idei, au fost analizate și comparate trei soluții moderne de case pliabile, TF-64 a companiei Ten Fold Engineering, Rustic de Brette Haus și M.A.Di M60, și prezentate principiile de funcționare corespunzătoare. O altă componentă a lucrării în cauză este elaborarea unei soluții de casă pliabilă proprii care ar depăși indicatorii oferiți de structurile existente pe piață. În procesul de alcătuire a soluției optime au fost elaborate patru scheme noi, diferite după formă și împachetare. Ca bază pentru structurile propuse sunt considerați următorii factori: asigurarea rezistenței, rigidității și stabilității elementelor componente; lărgirea spațiului locativ prin adăugarea modulelor; împachetarea compactă a blocului. Pentru Ca.P.-IV s-a efectuat calculul structurii de rezistență folosind setul de programe aplicative Scad 21.1.

Teza este compusă din introducere, 3 capitole, concluzii și bibliografie. Lucrarea conține 57 pagini, 40 figuri și 3 tabele. Bibliografia constă din 25 surse de referință.

**Cuvinte-cheie:** casă pliabilă, locuințe accesibile, invariabilitate geometrică, împachetare compactă, transportare eficientă.

## **Summary**

**Burduja, Dionisie. Structural design solutions for foldable residential buildings.** In this study are investigated folding houses as a method of solving the problem of affordable housing. In order to support this idea, three modern solutions of folding houses are analyzed and compared, TF-64 by Ten Fold Engineering, Rustic by Brette Haus and M.A.Di M60, and presented the corresponding functioning principles. Another component of the work in question is the development of an own folding house solution that would exceed the indicators offered by existing structures on the market. In the process of making up the optimal solution, four new schemes were developed, different in shape and packaging. As a basis for the proposed structures are considered the following factors: ensuring the strength, rigidity and stability of the components; widening the living space by adding modules; compact packing of the block. For Ca.P-IV, the calculation of the strength structure is carried out using the Scad 21.1 set of application programs.

The thesis is composed of introduction, 3 chapters, conclusions and bibliography. The work contains 57 pages, 40 figures and 3 tables. The bibliography consists of 25 reference sources.

**Keywords:** folding house, affordable housing, geometric invariability, compact packaging, efficient transportation.

# CUPRINS

INTRODUCERE .....	2
1. SPECIFICUL CONSTRUCȚIILOR MOBILE.....	5
1.1. Structuri cu puține niveluri în favoarea construcțiilor multietajate .....	5
1.2. Casa modulară.....	6
1.3. Casa pliabilă.....	9
2. CASE PLIABILE. SOLUȚII STRUCTURALE MODERNE PROPUSE DE COMPANIILE DE CONSTRUCȚII .....	13
2.1. TF-64 a companiei Ten Fold Engineering .....	13
2.2. Casă pliabilă a companiei Brette Haus .....	15
2.3. M.A.DI. M60 a companiei Modula-re Sa. ....	19
2.4. Factorii care au contribuit la alcătuirea soluțiilor structurale noi ale caselor pliabile ....	23
3. SOLUȚII STRUCTURALE NOI PENTRU CASE PLIABILE .....	25
3.1. Soluții structurale noi.....	25
3.2. Calculul structurii de rezistență. ....	29
CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI .....	43
Bibliografie.....	44
Anexe.....	47
Anexa A. Vizualizări 3D ale Ca.P.-IV .....	47
Anexa B. Caracteristicile geometrice ale secțiunii grinzii .....	50
Anexa C. Caracteristicile geometrice ale secțiunii coloanei .....	51

## INTRODUCERE

Peste tot în lume se observă fenomenul supraaglomerării orașelor ca rezultat al migrației masive a populației din zonele rurale către centrele urbane. Ca urmare al acestui fenomen, datorită cererii înalte de pe piața imobiliară, au crescut exagerat de mult prețurile pentru locuințele din raza orașelor. Astfel, ne confruntăm cu problema lipsei locuințelor accesibile pentru majoritatea oamenilor. În vederea soluționării problemei cu care se confruntă societatea pe scară globală, tot mai multe companii își îndreaptă eforturile spre identificarea mijloacelor de reducere a costurilor pentru produsul finit, fie prin optimizarea procesului de producere, fie prin utilizarea pe scară largă a materialelor de construcție moderne, fie prin experimentarea cu formele și dimensiunile structurilor, etc. Prin urmare s-a constatat că în ultimele decenii au fost propuse diferite soluții cum ar fi mișcarea metabolistă în arhitectură, unde construcția este alcătuită din numeroase capsule interconectate, casele printate 3D sau casele pliabile ce se montează în timp record.

Obiectivul general al lucrării în cauză este cercetarea caselor pliabile, cu determinarea originii acestora, ca rezultat al cărui fenomen au apărut și problemele pe care erau menite să le soluționeze, cu evidențierea tendințelor moderne în domeniu și propunerea soluțiilor noi.

Datorită faptului că structurile modulare, și anume cele pliabile, prezintă o potențială soluție al deficitului de locuințe accesibile, s-a efectuat studiul amănunțit al acestora în urma căruia s-au prezentat argumentele în susținerea ideii înaintate inițial, privind accesibilitatea caselor pliabile și avantajele lor în raport cu construcțiile tradiționale. De asemenea, s-au analizat soluțiile structurale de case pliabile existente și s-au separat modelele realizate în practică de cele conceptuale, cum ar fi TF-64 (figura 2.1) a companiei Ten Fold Engineering, casa pliabilă RUSTIC (figura 2.4) de Brette Haus și M.A.Di M60 (figura 2.8) de Modula-re Sa, cu descrierea principiului de funcționare a acestora. Soluțiile respective au fost comparate în baza mai multor criterii, cum ar fi schema constructivă, materialele folosite pentru structura de rezistență, durabilitate, necesitatea de echipament special pentru descărcare și montare, etc.

După studierea conceptului de casă pliabilă prezentat în capitolul unu, s-a propus ca obiectiv principal al capitolului doi elaborarea unei soluții proprii de casă pliabilă. În vederea atingerii scopului dat s-au formulat factorii care contribuie la identificarea soluției optime: obținerea spațiilor cât mai largi; lărgirea spațiului locativ prin adăugarea modulelor; împachetarea compactă a blocului pentru transportare și montare, realizarea modulelor în uzină, termeni reduși pentru realizarea construcției; invariabilitatea geometrică a structurii, asigurarea rezistenței, rigidității și stabilității acesteia, fiind componente indispensabile ale proiectului dat.

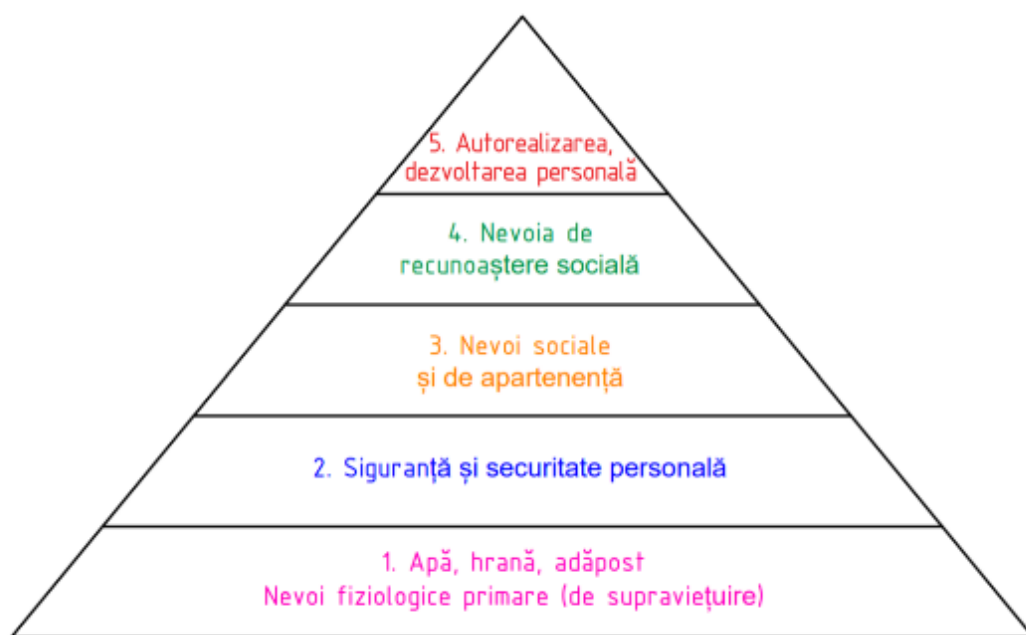
În procesul de elaborare a soluției optime s-au analizat mai multe scheme diferite după formă și împachetare și s-au selectat doar cele ce corespund factorilor enumerați mai sus. Ca

rezultat al acestor încercări s-a ajuns la soluția optimă pentru care a fost efectuat calculul structurii de rezistență folosind setul de programe aplicative Scad 21.1 și prezentate rezultatele corespunzătoare.

Potrivit Fondului Națiunilor Unite pentru populație (ONU), populația mondială a trecut de 6, 1 miliarde în 2001 și este de așteptat să ajungă la 7, 9-10, 9 miliarde până în 2050. Pe măsură ce populația globală este în continuă creștere, zonele rurale din întreaga lume sunt golite datorită migrației în masă a populației către zonele urbane și prin urmare apar mega orașele, de obicei, ca zone nereglementate din jurul centrului mai vechi și mai organizat din punct de vedere urbanistic. Acest volum de la sine exercită o presiune extraordinară pentru a crea noi case și de a îmbunătăți casele existente. În felul acesta problema locuințelor inadecvate sau inexistente a atins amploarea unei crize în întreaga lume. [1]

Ce sunt locuințele accesibile?

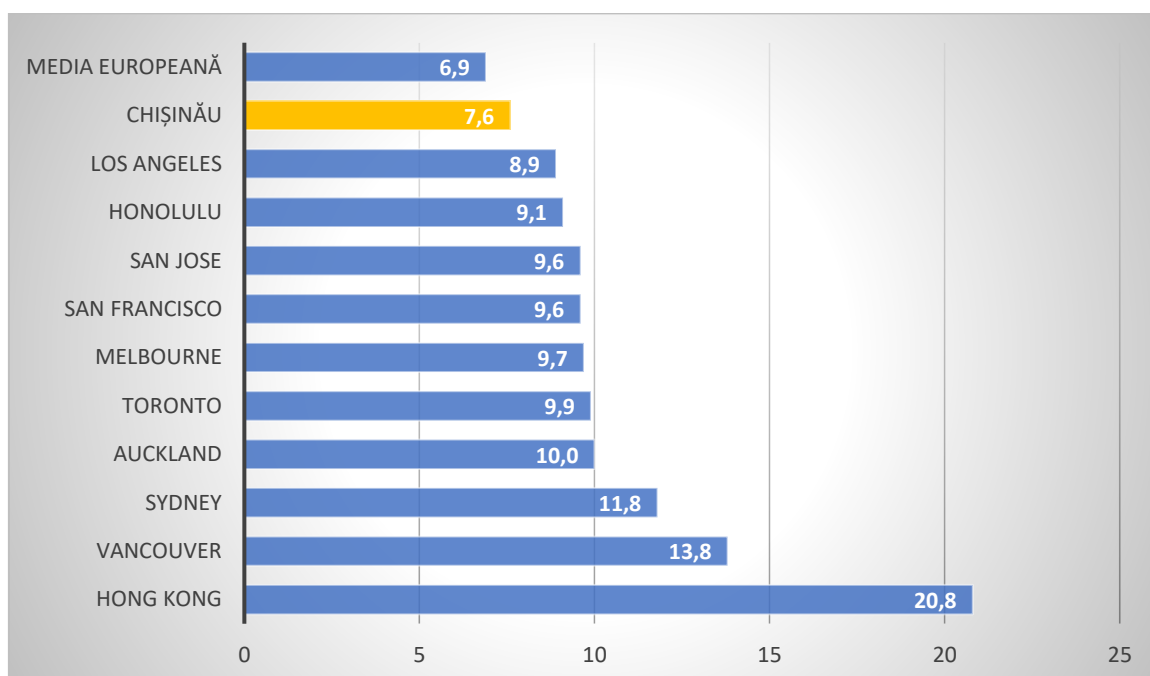
Conform piramidei lui Maslow (figura 1), locuința este una dintre nevoile umane de bază: Organizația Mondială a Sănătății a definit-o ca un "mediu rezidențial care include, pe lângă structura fizică pe care omul o folosește pentru adăpost, toate serviciile, facilitățile, echipamentele și dispozitivele necesare sau dorite pentru sănătatea fizică și mentală și bunăstarea socială a familiei". Pornind de la acest punct, locuințele accesibile pot fi descrise în mai multe moduri, în funcție de perspectiva cantitativă sau calitativă analizată. În cazul dat termenul ar însemna un anumit tip de locuințe accesibile pentru majoritatea populației.



**Figura 1.** Piramida lui Maslow, ierarhia nevoilor. [2]

Locuințele pot fi considerate accesibile dacă costul său (ipotecă sau chirie) este mai mic de 30 la sută din venitul familiei: potrivit Departamentului de locuințe și Dezvoltare Urbană al SUA, dacă o familie plătește mai mult de 30 la sută din venitul lor pe locuință, este considerat un cost inaccesibil. Departamentul de locuințe și Dezvoltare Urbană a estimat că în prezent 12 milioane de persoane din Statele Unite plătesc mai mult de jumătate din venitul lor anual pentru locuință, trăind astfel în condiții de inaccesibilitate.

În Figura 2 este prezentat prețul mediu al locuințelor exprimat în salarii medii anuale, cu alte cuvinte cele mai inaccesibile orașe ale lumii. În prezent, pentru procurarea unui apartament de 70 m<sup>2</sup> în municipiul Chișinău sunt necesare 7,6 salarii anuale. Media europeană în 2018 a fost de 6,9 ani pentru un apartament de 70 m<sup>2</sup>. [3]



**Figura 2.** Prețul mediu al locuințelor exprimat în salarii medii anuale. [4]

## CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Casele pliabile au demonstrat că pot fi considerate drept soluție a problemei locative. Folosirea acestora va permite construirea complexelor rezidențiale noi, în termeni scurți și la un preț avantajos, în același timp păstrând la un nivel înalt calitatea acestora, specifică lucrărilor efectuate în condiție de uzină.

Soluția de casă pliabilă elaborată Ca.P.-IV, pe bună dreptate, poate fi considerată competitivă cu structurile existente de pe piața internațională. În același timp, aceasta chiar depășește concurenții după cel mai important parametru, suprafața locativă oferită de un singur modul. De asemenea, datorită celor două nivele complete, fără elemente portante interioare, beneficiarul poate deveni cu adevărat creator, având libertatea de a organiza și reorganiza spațiul interior fără careva limite.

Felul în care este concepută structura propusă oferă potențialilor producători posibilitatea de a experimenta cu materialele de construcție moderne și, ulterior, utilizarea celor mai convenabile materiale pentru zona respectivă.

În forma lor actuală, transportarea modulelor poate fi executată doar pe cale terestră, și anume transportul rutier, având la dispoziție două opțiuni, în poziție orizontală și în poziție răsturnată. Pentru o transportare mai eficientă, se recomandă de prevăzut platforme cu o înălțime mai mică, ceea ce ar permite mărirea lungimii modulelor transportate (răsturnate) până la limita prevăzută de regulamentul transportului rutier, fără a fi necesare aranjamente și autorizații speciale. Pentru a livra modulele la distanțe mai mari, este mai rentabil de utilizat transportul maritim sau feroviar. Pentru aceasta lungimea modulelor se recomandă de micșorat până la aproximativ 2.5m pentru a putea fi livrate în containere standardizate, în poziție răsturnată.

La momentul dat, chiar dacă articulațiile existente nu necesită să fie rigidizate, Ca.P.-IV este poziționată ca structură permanentă, respectiv nu este destinată relocării ulterioare, dar pentru a lărgi domeniile de utilizare a acesteia, se recomandă de efectuat cercetări de comportare în timp a clădirii supuse transformărilor multiple.

Considerând cele expuse în lucrarea dată, se poate afirma cu certitudine că atât soluțiile de case pliabile existente pe piața internațională, cât și cele noi elaborate, pot fi considerate drept soluții alternative moderne pentru construcțiile tradiționale.



## Bibliografie

1. Brown, Valerie J. Give me shelter: the global housing crisis. Research article. Volume 111. 2003  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1241368/>
2. Teoria lui Maslow. Piramida nevoilor.  
<https://alinabotea85.wordpress.com/2016/09/12/teoria-lui-maslow-piramida-nevoilor/>
3. Stratan, Maxim. Sondaj News Maker.2020  
<https://newsmaker.md/ro/expert-piata-imobiliara-din-republica-moldova-a-inregistrat-o-scadere-cu-36-in-trimestrul-ii-al-anului-2020/>
4. Urban Reform Institute and the Frontier Centre for Public Policy. DEMOGRAPHIA INTERNATIONAL HOUSING AFFORDABILITY. 2021 Edition.  
<http://www.demographia.com/dhi.pdf>
5. Казейкин, В.С.; Баронин, С.А.; Черных, А.Г.; Андросов А.Н. ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ. МОНОГРАФИЯ  
<https://docplayer.com/36025893-Problemnye-aspekty-razvitiya-maloetazhnogo-zhilishchnogo-stroitelstva-v-rossii.html>
6. Andrew, W. L.; Wensu, Ch.; Hong, H.; Kaiming, B. Structural response of modular buildings – An overview. 2017
7. Модульное строительство – “MODULEX”  
<https://modulex.ua/istorija-modulnogo-stroitelstva/>
8. Clouette B.; Cronin, M. "National Register of Historic Places - Winslow Ames House". National Park Service. 2014.”  
<https://www.nps.gov/subjects/nationalregister/index.htm>
9. United States National Register of Historic Places  
<https://www.nps.gov/subjects/nationalregister/photographs.htm>
10. Daniels Construction. Comparing the On-site Vs. Off-site (Modular or Pre-Engineered) Commercial Construction Methods. 2018  
<https://constructionbydaniels.com/comparing-the-on-site-vs-off-site-modular-or-pre-engineered-commercial-construction-methods/>
11. Сапрыкина, Н. А. Мобильное жилище для Севера. 1986.  
<http://www.arhplan.ru/buildings/mobile/klassifikaciya-mobilnyh-zdaniy>

12. Torre, Berny. BUILT YOUR OWN HOME. Article. 2017  
<https://www.thesun.co.uk/news/4022199/home-transformed-flat-pack-house-ten-folds/>
13. ALLPLAN Blog. Living in a mobile home at the push of a button. Article. 2018.  
[https://blog.allplan.com/en/mobile-home#gallery-3,](https://blog.allplan.com/en/mobile-home#gallery-3)
14. TF-64 Unfolding. YouTube video. 2017.  
<https://www.youtube.com/watch?v=BLhZlgrLIuI>
15. Jones, Devin. Meet the transforming house that travels with you at the push of a button. Design Engineering article. 2018.  
<https://www.design-engineering.com/transforming-house-travels-with-you-1004030894/>
16. Ten Fold Engineering. Frequently Asked Questions.  
<https://www.tenfoldengineering.com/faq>
17. TenFold Hotel. YouTube video. 2017.  
<https://www.youtube.com/watch?v=wrE7NrLoTP4>
18. Головкин, Кирилл. ЖИТЬ В ТРАНСФОРМЕРЕ. Strelka mag история. 2020.  
<https://strelkamag.com/ru/article/zhit-v-transformere>
19. Brette Hous  
<https://brette.hous/>
20. APA. Cross-Laminated Timber. Technical research.  
<https://www.apawood.org/cross-laminated-timber>
21. Laurinavičius, Rokas. This House Takes 6 Hours To Build And Costs Just \$33K. Article. 2017.  
[https://www.boredpanda.com/folding-innovative-house-six-hours-madi-home/?utm\\_source=google&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=organic](https://www.boredpanda.com/folding-innovative-house-six-hours-madi-home/?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=organic)
22. MADi. M60 - Premium Modular Living. Brochure.  
[https://madihome.com/wp-content/uploads/2021/07/MADI-Brochure-M60\\_eng.pdf](https://madihome.com/wp-content/uploads/2021/07/MADI-Brochure-M60_eng.pdf)
23. Роспатент. Модульный жилой блок. 2016.  
<https://edrid.ru/rid/216.015.3d69.html>
24. Gerritsen, Martijn. Foldable Houses: Fast, Flexible, Future-Proof? Article. 2018.  
<https://popucity.net/observations/foldable-houses-fast-flexible-future-proof/>
25. MADi. Frequently Asked Questions.

<https://madihome.com/faq/>