



ȘCOALA DOCTORALĂ (IOSUD)

Rezumatul tezei de doctorat

PLIERE ȘI FUNCȚIE.

ORIGAMI ÎN EDUCAȚIE ȘI UPCYCLING

Coordonator prof. univ. dr. arh. **Dragoș Gheorghiu**

Student doctorand **Alexe Popescu**

București

2024

Cuvinte-cheie

origami	structură	sistem	cutie	tăiere
pliere	funcție	pliabil	workshop	modular
educație	formă	proiecte	sticlă	diagrame
upcycling	obiect	portofel	deșeuri	tehnici
hârtie	prindere	telefon	studiul	modelare
tetrapak	robotic	kirigami	studenți	minge
plastic	curbe	video	miura	asamblare
design	taburet	expoziție	unarte	bidimensionale

CUPRINS

Capitolul 1. INTRODUCERE

- 1.1 Definirea conceptului 8
- 1.2 Importanța și necesitatea tezei 10
- 1.3 Descrierea metodologiei 11

Capitolul 2. EXPLORAREA LUMII ORIGAMI. ORIGAMI ÎN EDUCAȚIE

2.1 Origami în natură

- 2.1.1 Plierea frunzelor și a florilor 17
- 2.1.2 Plierea aripilor insectelor 20
- 2.1.3 Plieri în corpul uman – creier, intestin, celulă 21
- 2.1.4 Pliuri geologice 23
- 2.1.5 Biomimetică și inginerie bionică 23

2.2 Evoluția Origami

- 2.2.1 Elemente de limbaj 27
- 2.2.2 Istoria utilizării Origami, din Asia până în Occident 28
- 2.2.3 Personalități deschizătoare de drumuri în Origamiul modern 33
- 2.2.4 Clasificare/ramificare a tipurilor de Origami 37

2.3 Matematică și Origami

- 2.3.1 Aplicații ale Origami în matematică 38
- 2.3.2 Origami în școală: aria triunghiului, a paralelogramului și a trapezului 40
- 2.3.3 Matematică recreativă prin pliere 40
- 2.3.4 Teorema *Fold and Cut* (Erik Demaine) 42
- 2.3.5 Structuri auxetice și metamateriale Origami 42
- 2.3.6 Origami în tehnologia spațială 43

2.4 Origami digital

- 2.4.1 Software Origami 44
- 2.4.2 Origami Simulator 44
- 2.4.3 Oribotics, Robogami 45
- 2.4.4 Soft Robots. Mușchi artificiali Origami 47

2.5 Origami în medicină

- 2.5.1 Stent Origami 48
- 2.5.2 Origami ADN 49
- 2.5.3 Pensă chirurgicală Oriceps 50
- 2.5.4 Pansament flexibil Kirigami 50
- 2.5.5 Seringă Origami 51
- 2.5.6 Probă de pliere mini-Origami pentru viitorii chirurghi japonezi 51
- 2.5.7 Origami în terapie 52

2.6. Origami în designul de produs

- 2.6.1 Oru Kayak 52
- 2.6.2 Mouse, Suport laptop 53
- 2.6.3 Issey Miyake 54
- 2.6.4 Haine extensibile pentru copii 55
- 2.6.5 CardbOrigami – adăposturi pliabile din carton 55
- 2.6.6 Scaune Origami 56

- 2.6.7 Scuter Stilfold 57
- 2.6.8 Design de ambalaj 58
- 2.6.9 Jocuri Origami 58

2.7 Origami în educație

- 2.7.1 Origami și folosirea mâinilor în epoca AI 59
- 2.7.2 Conceptul educațional Sloyd 61
- 2.7.3 Principiile educaționale ale lui John Dewey 62
- 2.7.4 Origami în grădinițe, introdus de Friedrich Fröbel 63
- 2.7.5 Origami în școli 65
- 2.7.6 Școala de la Bauhaus și Josef Albers 67
- 2.7.7 Origami în educația de design 69
 - 2.7.7.1 Experiențele mele de folosire a Origamiului în sistem educațional 71
 - 2.7.7.2 Origami, Kirigami, Kusudama 71
 - 2.7.7.3 Design inspirat de Origami, Origami și upcycling 74
 - 2.7.7.4 Workshop de upcycling și expoziție în cadrul DIPLOMA 2021 cu studenți la arhitectură și arte 78
 - 2.7.7.5 Workshop de upcycling la Forumul orașelor verzi, Brașov (tutoriale video, diagrame de execuție pentru patru obiecte) 80
 - 2.7.7.6 Workshop ORIGAMIX de pliere pe format 100x70 cm cu studenții UNARTE Design, Galeria Unarte Design 81
 - 2.7.7.7 Expoziție de folding și upcycling la sediul Comisiei Europene 82
 - 2.7.7.8 Proiect de pubele de colectare separată realizate chiar din deșeuri (tutoriale video, diagrame de execuție). Obiecte proiectate de studenți, realizate și folosite de elevi 83
 - 2.7.7.9 Workshop de upcycling (plastic și hârtie) de cinci zile la festivalul Electric Castle 2023, cu toate categoriile de vârstă 85
 - 2.7.7.10 Workshop de Origami și upcycling la festivalul multidisciplinar internațional Unfinished 2023 86

2.7.7.11 Workshop Kirigami cu studenții UNARTE pe baza fișierelor primite din Japonia, de la prof. Yoshinobu Miyamoto, Aichi Institute of Technology 87

2.7.7.12 Workshop de upcycling în șase licee din București, Constanța și Brașov. 88

Capitolul 3. ORIGAMI ÎN UPCYCLING – PROIECTE PERSONALE

3.1 Definiția conceptului de Upcycling, considerații teoretice

3.1.1 Raportul dintre upcycling/valorificare și alte metode de reciclare 92

3.1.2 Aspecte etice ale upcyclingului – teoria *Cradle to Cradle* 93

3.1.3 A doua viață a ambalajelor – dimensiuni culturale și etice ale reutilizării creative 93

3.2 Exemple de practică contemporană upcycling

3.2.1 Freitag 95

3.2.2 Chop Value 95

3.2.3 Gabarage 95

3.3 Studii de caz – Proiecte personale de Upcycling cu folosirea tehnicilor Origami

3.3.1 Prezentare generală a categoriilor de proiecte 96

3.3.2 Hârtie / Carton 96

3.3.2.1 Proiectul #creditcardsizeOrigami – studii și produse funcționale din cartele de metrou 97

3.3.2.2 Mască de protecție facială 98

3.3.2.3 Suport de telefon din hârtie de patiserie 98

3.3.2.4 Icosaedru trunchiat dintr-o singură coală 99

3.3.2.5 Roată pliată din cilindru 100

3.3.2.6 Șapcă din poster A3 cu variantă pliabilă (Romanian Design Week 2023) 100

3.3.2.7 Proiect de joc tip *Traseu cu bile* cu plieri curbe 102

- 3.3.2.8 Proiecte de inele (expoziție MNLR – Creative Sustainability Week)
103
- 3.3.2.9 Suport pliabil de laptop 104
- 3.3.2.10 Studiu al structurii Miura cu linii de pliere curbe 105
- 3.3.2.11 Taburete din carton 105
- 3.3.2.12 Linguriță de deget 107
- 3.3.2.13 Plierea hârtiei manuale 107
- 3.3.2.14 Experimente acustice prin pliere 108
- 3.3.2.15 Sistem Origami de închidere a pungilor 108

3.3.3 Tetrapak

- Prezentarea materialului și a problemelor de reciclare a sa 109
- 3.3.3.1 Portofele de mai multe tipuri 111
- 3.3.3.2 Suport de creioane cu compartiment dublu și mâner 113
- 3.3.3.3 Taburet pătrat pliabil și taburet hexagonal 114
- 3.3.3.4 Sistem de expunere cu plieri curbe 115
- 3.3.3.5 Suporturi de vase fierbinți 116
- 3.3.3.6 Jocuri de construcție / poliedre modulare 116
- 3.3.3.7 Mașină de jucărie acrobat 118
- 3.3.3.8 Sisteme de prindere biomimetice din Tetrapak pentru braț robotic
118
- 3.3.3.9 Cutie de lapte pliabilă, cu multiple aplicabilități 120
- 3.3.3.10 Experiment ceramic cu matrițe de turnare Origami 121
- 3.3.3.11 Recipiente biomimetice pentru street-food 122

3.3.4 Plastic PET

- 3.3.4.1 Sistem de prindere multiobiect pentru braț robotic (Fish Mouth)
123
- 3.3.4.2 Sistem de prindere biomimetic cu structură pretensionată pentru

braț robotic	125
3.3.4.3 Poliedre multifuncționale din PET	126
3.3.4.4 Jucarie Kendama realizată din două sticle PET	127
3.3.4.5 Moară de apă prin plierea cilindrului	128
3.3.4.6 Pliere pe trame preexistente în structura ambalajelor de plastic	128
3.3.4.7 Mingie realizată dintr-o singură sticlă PET și variații ale sale	129
3.3.4.8 Conector din capete de sticlă PET	130
3.3.4.9 Modelare Origami a unei sticle de apă inspirată de <i>Coloana infinită</i>	131
3.3.4.10 Design de masă de cafea pentru studioul emisiunii radio ASAPPERII	131
3.3.4.11 Taburet realizat din sticle PET	132
3.3.4.12 Conector și suport de creioane	133
3.3.4.13 Cuier de perete	134
3.3.4.14 Plierea tubului de pastă de dinți	134
3.3.4.15 Portofel minimalist	135

CONCLUZII	136
------------------	-----

BIBLIOGRAFIE și WEBGRAFIE	140
----------------------------------	-----

LISTA ILUSTRĂȚIILOR	144
----------------------------	-----

ANEXA 1 PUBLICAȚII SAU PARTICIPĂRI LA SESIUNI ȘTIINȚIFICE	150
--	-----

ANEXA 2 EXPOZIȚII PERSONALE ȘI DE GRUP	153
---	-----

MULȚUMIRI	160
------------------	-----

Rezumat

Origami, arta plierii hârtiei, cu rădăcini în Asia, dar și în Europa, este cunoscut în principal datorită expresivității modelelor figurative inspirate din natură. În ultimele două decenii însă, structurarea tridimensională a materialelor bidimensionale prin pliere și caracteristicile lor au început să fie studiate și aplicate în domenii foarte diverse, cum ar fi matematica, ingineria, medicina, arhitectura, robotica, microbiologia, tehnologia aerospațială, designul de produs, moda, educația sau terapia. Astfel, Origami, în mod similar cu propria estetică, a devenit o artă *multifațetată*, în dialog cu știința. Structura mea academică duală (inginerie și arte) a reprezentat un teren favorabil apropierii mele ca adult de domeniul Origami, care combină în mod spectaculos rigoarea geometriei cu fizica, mecanica și expresivitatea formei, modelată manual, din materiale omniprezente. Ca lector universitar și designer, mi-am propus explorarea acestui domeniu din două perspective: cea a educației și cea a designului de produs, sub conceptul „pliere și funcție” (*fold and function*).

Cercetarea are un caracter explorator și experimental. Studiarea plierii și a impactului său în diferite domenii, realizată din perspectivă teoretică (istorică și culturală) este dublată de studii experimentale extinse. Structura tezei conține trei capitole.

Primul, introductiv, prezintă conceptul și metodologia, precum și necesitatea și importanța tezei. Aceasta este construită în jurul plierii, un domeniu extrem de vast, căruia nu i-a fost dedicată încă nicio cercetare în România. Transformarea, prin pliere, a unei banale coli de hârtie într-o structură tridimensională funcțională, fără pierderi de material, reprezintă un proces aproape magic care, transferat în zona educației de artă, devine un instrument de creație extrem de adaptabil. Aplicat materialelor bidimensionale provenind din ambalaje,

Origami devine un mod de valorificare a acestora, prin transformarea lor în noi obiecte utile prin Upcycling, folosind o tehnologie nepoluantă.

Al doilea capitol se concentrează pe explorarea lumii Origami și a aplicațiilor sale, cu accent pe folosirea sa în educație. Pentru început, studiul este dedicat observării și analizei exemplurilor din natură. De la plierea frunzelor și a florilor, a aripilor insectelor până la cele din corpul uman, în structura creierului, a intestinului sau a mitocondriei și mergând până la cele geologice, procesele și mecanismele create de natură în 3,8 miliarde de ani reprezintă un domeniu profund inspirațional, studiat de domenii ca bionica și biomimetica.

Studiul istoriei Origami marchează momentele importante (unele surprinzătoare) ale evoluției plierii în Asia, dar și în Europa. În continuare sunt prezentate personalități deschizătoare de drumuri în Origamiul modern, de la Akira Yoshizawa, cel mai important artist din Japonia, care a conceput și sistemul de diagramare folosit și astăzi, până la Origamiul matematic dezvoltat de David Huffman și Ron Resch în anii 1970 sau cel computațional creat de Robert Lang. Prezentarea Origamiului digital și a folosirii plierii în matematică și matematică recreativă este continuată cu multiple exemple de aplicabilitate în robotică, medicină și microbiologie. Studiul prezintă de asemenea soluții structurale și de compactare obținute prin folosirea plierii în designul de produs: de la accesorii IT (mouse, suport de laptop), mobilier și modă (prin contribuția lui Issey Miyake) până la caiace și adăposturi temporare.

Cercetarea este condusă în continuare spre aplicațiile plierii în educație. Îmi place să numesc Origamiul *geometrie palpabilă*, din cauza contactului multisenzorial cu principiile geometriei. Analiza folosirii mâinilor într-o epocă dominată de tehnologie și AI este continuată cu prezentarea principiilor educației experiențiale introduse de John Dewey, prezente și în conceptul educațional Sloyd din țările scandinave. Explorarea domeniului educației începe cu Friedrich Fröbel (creatorul conceptului de Kindergarten în 1837), un entuziast adept al plierii ca metodă pedagogică, prin care copiii erau familiarizați cu conceptele geometrice de bază, fiind totodată încurajați să experimenteze crearea de variații simetrice pornind de la o tramă de pliere. Jucăriile educative ale lui Fröbel au constituit o influență timpurie asupra lui Frank Lloyd Wright și Le Corbusier și o sursă de inspirație pentru mișcarea Bauhaus.

Origami, ca și muzica, permite atât compoziția, cât și interpretarea ca expresii ale artei. Multe lucrări sunt însoțite de instrucțiuni de pliere, care, în Origami, au același scop pe care îl are o partitură muzicală: oferă un ghid al interpretului. Ca metodă de predare în școli, Origami îmbunătățește cunoștințele matematice și abilitățile motorii fine, ajută la îmbunătățirea aspectelor psihologice și emoționale și promovează creativitatea, un exemplu relevant în acest sens fiind programul *Origametria* din Israel.

Tradiția germană a plierii continuă la celebra școală Bauhaus. La cursul introductiv, Joseph Albers le cerea studenților să folosească la maximum un singur material de tip coală (ideal găsit) folosind pentru generarea formei intervenții care nu presupuneau adeziv. Structurile arhitecturale rezultate, obținute prin pliere și tăiere, cu pierderi minime de material, au relevat potențialul, anterior nerecunoscut, al hârtiei ca material. Lucrările studenților săi au devenit surse de inspirație pentru mulți creatori contemporani, cum ar fi Erik Demaine.

Familiarizarea studenților care studiază arhitectura, designul de produs sau ambiental cu tehnicile de pliere reprezintă o deschidere către o lume nelimitată a posibilităților de proiectare, vizualizare și testare a conceptelor prin machetare foarte rapidă, cu costuri minime.

Experiența mea privind utilizarea tehnicilor Origami la cursul de Basic Design pe care îl predau la UNARTE (Design de Produs și Design Ambiental, anul I și II) este una extrem de interesantă. Studenții au descoperit cu surpriză posibilitatea de a transforma o banală foaie de hârtie într-o structură rezistentă la presiune, elastică (auxetică) sau foarte spectaculoasă.

Cursul anului I / semestrul 1 este structurat pe trei direcții de modelare tridimensională a suprafețelor bidimensionale: Origami (structuri realizate prin pliere), Kirigami (structuri realizate prin pliere și tăiere), Kusudama (structuri realizate prin asamblare modulară a unor module realizate prin pliere). Tehnicile sunt aplicate pe diverse materiale și dimensiuni, iar structurile realizate sunt studiate static, dinamic, fotografic și evaluate pentru aplicabilitate în design. Folosind experimentele de pliere din anul I, studenții anului II dezvoltă proiecte de design de produs sau ambiental inspirate de Origami. O parte a acestora, din zona mobilierului, bagajeriei, a corpurilor de iluminat sau a accesoriilor de birou sunt prezentate în studiu. Plierea

oferă un spectru larg de caracteristici utile pentru proiectare, cum ar fi reconfigurarea, flexibilitatea, compactitatea și multifuncționalitatea.

La disciplina Structură-Funcție-Formă pe care o predau anului I, design de produs, una dintre temele propuse studenților se numește Upcycling Design (refolosirea creativă a deșeurilor), cu accent pe valorificarea a trei tipuri de materiale: sticle de plastic PET, cutii de lapte sau suc din material multistrat Tetrapak și doze de aluminiu. Pentru această temă, studenții fac inițial un exercițiu critic asupra subiectului deșeurilor, cu implicațiile pe care acestea le au asupra mediului și vieții oamenilor. Ulterior urmează un exercițiu de identificare a potențialului de reconfigurare a formelor, texturilor și structurilor care alcătuiesc aceste ambalaje. În final, studenții propun soluții de transformare a acestor materiale în noi produse funcționale.

Urmăresc, prin temele propuse, să poziționez modelarea Origami între știință și artă, ca o metodă eficientă de proiectare și prototipare a obiectelor sau a spațiilor, stimulând experimentul și creativitatea în general.

În paralel cu activitatea universitară, am avut ocazia să susțin numeroase workshopuri de Origami și *Upcycling* în care am instruit sute de cursanți de toate vârstele, din diferite zone sociale și geografice în realizarea unora din obiectele proiectate de mine din deșeuri comune. Pentru a facilita procesul de predare, am conceput materiale didactice sub forma unor diagrame de execuție pentru 12 obiecte și tutoriale video (disponibile online) pentru șapte produse. Acest demers reprezintă și o intenție de democratizare a designului, inspirată de cartea *Autoprogettazione* publicată de Enzo Mari în 1974. Aceasta conținea instrucțiuni după care oricine putea realiza un număr de 19 piese de mobilier.

Al treilea capitol este dedicat proiectelor personale în domeniul upcyclingului, folosind tehnici de pliere aplicate materialelor bidimensionale din zona ambalajelor. Transformarea acestora în obiecte utile noi cu valoare superioară celei inițiale contribuie, prin metode nepoluante, la reducerea poluării, atingând un obiectiv esențial în designul contemporan.

Cele 40 de proiecte prezentate sunt structurate pe trei tipuri de deșeuri (hârtie, Tetrapak și plastic PET). Experiența de modelare a acestor materiale a fost condusă folosind diferite tipuri

de tehnici (pliere pe linie dreaptă, curbă, rulare, mototolire, biguire, tăiere, pliere minimală, teselație, curbare, ștanțare, asamblare modulară).

Prima categorie de materiale prezentată este cea pe bază de celuloză, incluzând hârtie Origami, hârtie de copiator, hârtie de ambalaj, carton de ambalaj de tip duplex, carton ondulat, hârtie kraft, cartele de metrou, hârtie de poster, hârtie de calc, hârtie de ambalaj de patiserie, mucava, hârtie manuală și chiar frunze. Proiectele rezultate prin folosirea acestor materiale includ jucării modulare sau dinamice de tip STEM (Science, Technology, Engineering, Math), suport de telefon, mască facială, șapcă pliabilă, bijuterii, suport de laptop, taburet, linguriță de deget, precum și studii acustice sau Origami practic – sistem de închidere a pungilor prin pliere.

Al doilea tip de material studiat este Tetrapakul, din care sunt realizate cutiile de lapte sau suc. Acesta este un material rezistent, aseptice, dar care constituie un deșeu foarte problematic, fiind greu reciclabil din cauza structurii stratificate. Astfel, Tetrapakul este un material foarte potrivit pentru upcycling. Explorarea proprietăților fizice ale sale fost realizată pentru cele două variante ale sale: celuloză + polietilenă și celuloză + polietilenă + aluminiu. Proiectele realizate prin folosirea sa includ portofele de mai multe tipuri, suporturi de creioane, taburete, suport de vase fierbinți, jocuri modulare de construcție, mașină acrobat, sisteme de prindere biomimetice, cutie pliabilă de tip acordeon cu multiple aplicabilități, recipiente pentru street-food, experiment ceramic cu matrițe Origami. Am experimentat de asemenea cu succes separarea celulozei de polietilenă în cazul acestui bimatierial și transformarea componentelor în noi obiecte.

Al treilea material abordat a fost plasticul PET, unul dintre cele mai problematice deșeuri, cu o durată de descompunere de 450 de ani. În cazul acestui material, proiectele de upcycling au o dublă miză: diminuarea poluării cu plastic, prin metode nepoluante, și transformarea sticlelor de plastic în obiecte utile cu o durată de viață impresionantă. Folosind tehnici de pliere, tăiere și asamblare modulară am realizat proiecte care includ: sisteme de prindere biomimetice pentru braț robotic, poliedre modulare cu multiple utilizări, jucărie kendama, minge dintr-o singură sticlă și variații ale sale, conector pentru structuri de expunere ortogonale, sticlă ergonomică modelată în manieră Brâncuși, masă de cafea, taburet, cuier de perete și portofel minimalist.

Am adăugat și un proiect de Origami practic – optimizarea consumului de pastă de dinți prin reducerea progresivă a volumului tubului prin pliere.

La fel ca transformarea prin Origami a unei banale coli de hârtie într-un obiect spectaculos, conversia unui deșeu într-un obiect util cu totul nou este un proces aproape magic. La fel cum magică este și relatarea unuia dintre studenții mei care spunea că la vederea cutiilor de lapte pe raftul unui magazin îi apar instantaneu (ca prin niște ochelari VR) opțiunile de transformare a lor în obiecte, realizate de el anterior: portofel, penar, frisbee, minge.

Ambalajele viitorului vor fi cu siguranță proiectate pentru a putea fi convertite în obiecte utile noi, după terminarea primului ciclu funcțional. Acest lucru poate fi realizat, de exemplu, prin adăugarea unor linii suplimentare de pliere sau tăiere și o referință online cu instrucțiuni de asamblare. Designul noii vieți a ambalajului va fi interesant și din punct de vedere comercial, prin adăugarea oricărui produs cumpărat, a unui obiect cadou și a experienței de montaj al său. Învățarea experiențială în domeniul gestionării creative a deșeurilor, aducând designul și sustenabilitatea împreună, reprezintă un pas sigur spre un viitor mai curat.

Cele două direcții ale tezei (educație și upcycling) converg către un scop comun: creșterea unor generații din ce în ce mai conștiente de importanța designului sustenabil, oferindu-le în același timp un set de instrumente simple, dar eficiente pentru explorarea funcției și formei în proiectare sau pentru apropierea, într-un mod atractiv, de domeniul designului și al ecologiei.

Îmi doresc ca, prin cercetarea realizată, sub conceptul „Pliere și funcție”, să aduc o contribuție la popularizarea și dezvoltarea acestui domeniu fascinant, prin prezentarea experienței personale de aplicare a tehnicilor Origami în designul sustenabil și în educație. Consider că promovarea domeniilor Origami și Upcycling în cât mai multe medii sociale, culturale, academice, poate contribui la generarea, dezvoltarea și conectarea mai multor zone de creație și educație.