



UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI”
FACULTATEA DE PSIHOLOGIE ȘI ȘTIINȚELE EDUCAȚIEI
ȘCOALA DOCTORALĂ „DIDACTICĂ. TRADIȚIE. DEZVOLTARE. INOVAȚIE”

REZUMATUL EXTINS AL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. habil. Liliana Ciascai

Conf.univ.dr.habil Ioana-Cristina Magdaș

Autor: Student-doctorand Ioana-Aurelia Sabou (Baboș)

Cluj-Napoca

2026



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
FACULTATEA DE PSIHOLOGIE ȘI ȘTIINȚELE EDUCAȚIEI
ȘCOALA DOCTORALĂ "Didactică. Tradiție. Dezvoltare. Inovație."

REZUMATUL EXTINS AL TEZEI DE DOCTORAT

IMPACTUL ACTIVITĂȚILOR STEM/STEAM/STREAM LA ȘTIINȚE ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR

Conducător științific: Prof. univ. dr. habil. Liliana Ciascai

Conf.univ.dr.habil Ioana-Cristina Magdaș

Autor: Drd. Ioana- Aurelia Sabou (Baboș)

Cluj-Napoca

2026

MULȚUMIRI

În primul rând, doresc să aduc mulțumiri Doamnei profesor Liliana CIASCAI, pentru sprijinul, îndrumarea și expertiza oferită pe parcursul realizării acestei teze de doctorat. Fără expertiza și preocuparea dumneavoastră, Doamnă profesor, acest proiect nu ar fi fost realizat. Vă sunt profund recunoscătoare pentru sfaturile valoroase și pentru timpul investit în elaborarea tezei și dezvoltarea mea profesională.

Adresez sincere mulțumiri Doamnei profesor Dr. Habil. Ioana Cristina Magdaș pentru deschiderea, sprijinul și profesionalismul de care a dat dovadă, preluând coordonarea tezei mele de doctorat într-un moment delicat. Îndrumarea oferită a fost esențială pentru parcursul și finalizarea cercetării.

Mulțumesc, de asemenea, membrilor comisiei de îndrumare alcătuite din doamnele Profesor Univ. Dr. Habil. Zsoldos-Marchiș Iuliana, Profesor Univ. Dr. Habil. Eliza Dulamă și Lect. Univ. Dr. Maier Mariana care m-au consiliat sistematic și constructiv pe tot parcursul realizării acestei teze.

Recunoștința mea se îndreaptă și spre colegii doctoranzi care, prin discuțiile și sfaturile pe care le-au avut pentru mine m-au stimulat să perseverez și finalizez acest demers. Le adresez mulțumiri și colegilor mei cadre didactice și elevilor lor, cu toții implicați în cercetările realizate și studiile incluse în lucrare.

De asemenea, adresez mulțumiri speciale soțului meu Viorel și fiicei noastre Felicia care m-au susținut necondiționat în toată această perioadă. Înțelegerea și încurajările lor constante mi-au oferit posibilitatea de a duce la bun sfârșit acest demers de dezvoltare academică.

Mulțumesc familiei, prietenilor și colegilor mei din instituția la care lucrez pentru înțelegerea și sprijinul acordat. Le mulțumesc și elevilor mei și părinților lor pentru implicarea lor și înțelegerea avută față de preocupările mele.

Mulțumesc deci tuturor celor amintiți mai sus. Fiecare ați jucat un rol esențial în realizarea acestei teze și în atingerea acestui important obiectiv profesional!

DECLARAȚIE

Subsemnata Ioana -Aurelia Sabou (Baboș) având calitatea de student-doctorand al Universității „Babeș – Bolyai”, declar următoarele:

- Teza de doctorat cu titlul **„IMPACTUL ACTIVITĂȚILOR STEM/STEAM/STREAM LA ȘTIINȚE ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR”** a fost realizată prin respectarea strictă a celor patru valori de integritate academică - onestitate, responsabilitate, replicabilitate și validitate a cunoașterii.

- Analiza de similitudini a tezei de doctorat a fost efectuată la Școala Doctorală „Didactică. Tradiție, Dezvoltare, Inovație”, folosind Raportul Turnitin.

- Teza respectă standardele de redactare precizate în Manualul de Publicare APA (Ediția a 7-a), cu excepția spațierii la 1,5 rânduri.

Studiile publicate abordează problematica prezentei cercetări și sunt citate în teză.

Data

8.05.2026

Semnătura

CUPRINS

MULȚUMIRI	3
DECLARAȚIE	4
CUPRINS	5
LISTA FIGURILOR	8
LISTA TABELELOR	8
LISTA ANEXELOR	8
LISTA ABREVIERILOR ȘI ACRONIMELOR	8
SUMMARY	10
CAPITOLUL 1. CADRUL TEORETIC	11
1.1. ÎNVĂȚAREA LA DISCIPLINA ȘTIINȚE ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR.....	11
1.1.1 Contextul și Problematika Cercetării	11
1.1.2 Gândirea și Metoda Științifică.....	12
1.2. ACTIVITĂȚI EXPERIMENTALE ÎN ȘCOALĂ ȘI ÎN AFARA ȘCOLII ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR.....	12
1.2.1 Învățarea Bazată pe Investigație/Cercetare	12
1.2.2. Activitățile Experimentale și Tipologia lor	13
1.2.3 Învățarea în Clasă și în Afara Clasei prin Activități Experimentale.....	14
1.3. ACTIVITĂȚI STEM/STEAM/STREAM.....	15
1.3.1. Abordarea Integrată STEM	15
1.3.2. Educația STEM, Fundamente și Dezvoltări	16
1.3.3. Activități Experimentale în Context STEM/STEAM/STREAM	16
CAPITOLUL 2. CONTRIBUȚII ORIGINALE DE CERCETARE	18
2.1 OBIECTIVELE ȘI METODOLOGIA GENERALĂ A CERCETĂRII	18
2.1.1. Obiectivele Cercetării	18
2.1.2. Metodologia Generală.....	19
2.2 STUDIUL 1: ANALIZA OPINIILOR PROFESORILOR PRIVIND INTEGRAREA ACTIVITĂȚILOR BAZATE PE STEM ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR	23
2.2.1 Introducere.....	23
2.2.2 Metoda.....	23

2.2.3 Rezultate și Discuții	25
2.2.4 Concluzii	25
2.3 STUDIUL 2: ANALIZA PROIECTELOR DE ACTIVITATE ÎN CONTEXTUL EDUCAȚIEI STREAM ȘI A TEORIEI INTELIGENȚELOR MULTIPLE	28
2.3.1 Introducere.....	28
2.3.2 Metoda.....	28
2.3.3 Rezultate și Discuții	29
2.3.4 Concluzii	30
2.4 STUDIUL 3: ANALIZA IMPACTULUI ATELIERELOR ȘI ȘCOLILOR DE VARĂ STREAM ADRESATE ELEVILOR	31
2.4.1 Introducere.....	31
2.4.2 Metoda.....	31
2.4.3 Rezultate și Discuții	32
2.4.4 Concluzii	33
2.5 STUDIUL 4: ANALIZA IMPACTULUI ATELIERELOR DE LUCRU STREAM ADRESATE CADRELOR DIDACTICE	34
2.5.1 Introducere.....	34
2.5.2 Metoda.....	35
2.5.3 Rezultate și Discuții	35
2.5.4 Concluzii	36
2.6 STUDIUL 5: INVESTIGAREA EFICIENȚEI ACTIVITĂȚILOR EXPERIMENTALE ÎN CONTEXTE STEM ASUPRA GÂNDIRII CRITICE ȘI PERFORMANȚELOR ȘCOLARE ALE ELEVILOR ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR	37
2.6.1 Introducere.....	37
2.6.2 Cadrul teoretic al cercetării	37
2.6.3 Scop, variabile și ipoteze.....	38
2.6.4 Metoda.....	39
2.6.4 Rezultate și Discuții	43
2.6.5 Concluzii	48

CAPITOLUL 3. CONCLUZII ȘI DISCUȚII GENERALE.....	50
3.1 Concluzii generale	50
3.2 Implicații teoretice	51
3.3 Implicații practice	52
3.4 Limitele cercetărilor.....	54
3.3 Direcții viitoare de cercetare	55
ANEXE	57
REFERINȚE.....	69

LISTA TABELELOR

Nr.crt.	Titlul Tabelului	p.
Tabelul 2.6.4	Designul experimental	40
Tabelul 2.6.5	Clasificarea itemilor de la teste în funcție de procesările cognitive pe care le solicită pentru rezolvare	41
Tabelul 2.6.6	Diferențe pretestare-posttestare GE-GC	44
Tabelul 2.6.14	Test t intragrup la GE clasa II-a	45
Tabelul 2.6.15	Diferențe de gen la GE clasa II-a	45
Tabelul 2.6.16	Testul t pentru eșantioane independente în funcție de gen la GE clasa a II-a	45

LISTA ANEXELOR

Nr.crt.	Titlul Anexei	p.
Anexa A1	Chestionar privind percepțiile cadrelor didactice asupra educației STEM/STEAM/STREAM	57
Anexa D1	Testări inițiale elevi (pretest) clasele II- IV	60
Anexa D2	Testări finale elevi (posttest) clasele II- IV	64
Anexa D4	Activități experimentale în context STREAM clasa a III-a	66

LISTA ABREVIERILOR ȘI ACRONIMELOR

APA	American Psychological Association
ANOVA	Analiza varianței (Analysis of variance)
B	Bine
D	Diferența dintre două medii
df	Grade de libertate (Degrees of freedom)
EU	Uniunea Europeană (European Union)
F	Statistica F
F	Gen Feminin
M	Gen Masculin
FB	Foarte bine
GC	Grup de control
GE	Grup experimental
I	Insuficient
IC	Interval de încredere
IBL	Învățarea Bazată pe Investigație (Inquiry Based-Learning)
M	Media
M_pre	Media la Pretest
M_pos	Media la Posttest
MEM	Disciplina „Matematică și explorarea mediului”
MS	Media pătratelor
n / N	Numărul membrilor dintr-un eșantion
Nr. crt.	Număr curent
p	Valoarea probabilității (p- value)
p.	Pagina
PIPP	Pedagogia Învățământului Primar și Preșcolar
pp.	Paginile
S	Suficient
SD	Deviația Standard (Standard Deviation)
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (Pachetul Statistic pentru Științele

	Sociale)
SS	Suma pătratelor
Std. Error	Eroarea Standard
SEM	Eroarea standard a mediei
STEM	Științe, Tehnologie, Inginerie și Matematică (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)
STEAM	Științe, Tehnologie, Inginerie, Artă și Matematică (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics)
STREAM	Științe, Tehnologie, Citire/Lectură, Inginerie, Artă și Matematică (Science, Technology, Reading, Engineering, Arts and Mathematics)
TIM	Teoria Inteligențelor Multiple
t	Statistica testului t (test statistic)
Vs.	Versus

SUMMARY

In recent decades, STEM education has become a central pillar of international education policies (Ostler, 2015), supporting lifelong learning and promoting active, student-centered teaching environments (Rahm, 2016). In order to strengthen interdisciplinary connections and enhance students' creativity and critical thinking, the integration of Arts and Science Reading has been introduced, leading to the development of extended frameworks such as STEAM and STREAM (Hunter-Doniger, 2018; Root-Bernstein, 2011).

In Romania, STEM with its STEAM and STREAM extensions is gaining ground including in primary education, among students interested in exploring, experimenting and applying concepts in real contexts (Anabousy & Daher, 2022; Duo-Terron et al., 2022).

The thesis entitled THE IMPACT OF STEM/STEAM/STREAM ACTIVITIES IN SCIENCE EDUCATION WITHIN PRIMARY EDUCATION addresses the complex issue of experimental investigation.

The thesis is organized into two main components: a theoretical section and a practical research section that encompasses the formative intervention. The three theoretical chapters aim to clarify the key concepts employed, including experimental activities, observation, scientific thinking and integrated STEM/STEAM/STREAM approach. In addition, they delineate the distinctions between formal and informal experiment activities. The section also provides illustrative examples of these concepts, suitably adapted to the level of primary education.

The preliminary research intended to investigate teachers and students/future teachers perceptions about learning in natural sciences and learning through investigation. Based on the results of these researches, an investigation guide applicable to teaching activities in primary education was developed, used in the formative investigation. The guide approaches the experiment in a STEM context, indoor activities and outdoor activities, aiming to develop students' thinking and critical thinking abilities, as well as to and increase students academic performance.

Key-words: investigation, experiment, primary school, natural science, school performances.

CAPITOLUL 1. CADRUL TEORETIC

1.1. ÎNVĂȚAREA LA DISCIPLINA ȘTIINȚE ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR

1.1.1 Contextul și Problematica Cercetării

Nevoia omului de adaptare continuă la situații, procese și provocări profesionale noi, impun ca școala, pe lângă funcția sa informativă, să urmărească dezvoltarea abilităților intelectuale ale elevilor, gândirea critică și independența acestora (Dewey, 1977). O contribuție esențială la atingerea acestui scop o au activitățile experimentale desfășurate atât într-un cadru formal, cât și nonformal. Demersul experimental facilitează antrenarea sistematică și gradată a gândirii elevilor în rezolvarea diverselor probleme (Maltese & Tai, 2010) și la familiarizarea acestora cu procedurile cunoașterii științifice abilitățile omului de știință. După cum bine subliniază Sadler (2011), dezvoltarea competențelor experimentale începe încă din clasele primare, când dezvoltarea copiilor se încadrează în etapa operațiilor concrete (Saçkes et al, 2011).

În România, cercetările referitoare la activitățile științifice extracurriculare adresate elevilor din ciclul primar sunt limitate; cu toate acestea, există câteva studii care au urmărit evaluarea impactului activităților științifice implementate în școală. Aceste studii au evidențiat că disponibilitatea materialelor științifice în sala de clasă nu este în sine un factor de impact asupra performanței elevilor la științele naturii (Saçkes et al., 2011). Însă predarea științelor naturii prin experiment și investigație are un impact pozitiv asupra performanței și atitudinilor elevilor la științe (Akınoğlu & Tandoğan, 2007; Kaderavek et al., 2020). De asemenea, studiile (Patrick et al., 2009) arată că utilizarea experimentului și a investigației științifice crește atât interesul și motivația elevilor pentru învățarea științelor naturii cât și competența lor științifică percepută (Patrick et al., 2009). Datele referitoare la competența percepută provin din cercetări realizate în școli primare implicate în proiecte de știință și educație civică ancorate în contexte reale (Doyle & Zakrajsek, 2019). Rezultatele indică faptul că participarea activă a elevilor la astfel de experiențe autentice de învățare contribuie semnificativ la consolidarea cunoștințelor și a înțelegerii conceptelor științifice, precum și la creșterea interesului și motivației acestora pentru studiul științei.

1.1.2 Gândirea și Metoda Științifică

Gândirea științifică implică cuantificarea, explicarea și formularea de predicții despre factori existenți în mediul înconjurător (Paul & Elder, 2006). Conform lui Paul și Elder (2006), gândirea științifică are la bază ideea conform căreia aceeași cauză, dacă se manifestă în aceleași condiții, va genera același rezultat. Astfel, demersul științific implică, în principiu, aceeași pași principali: observare, pregătirea/designul experimentului, măsurarea, formularea legilor fizice, identificarea de fenomene similare, formularea de ipoteze sau teorii, testarea și rafinarea ipotezelor și stabilirea unor teorii care pot fi verificate și de alți cercetători. Dezvoltarea gândirii științifice la copiii a fost intens studiată de-a lungul anilor, inițiatorul acestei direcții de cercetare fiind considerat Piaget, care a investigat modul în care copiii își dezvoltă gândirea științifică despre timp, distanță, număr, mișcare, spațiu, cauzalitate sau lucrurile vii (Zimmerman & Klahr, 2018). Studiarea dezvoltării gândirii științifice la preșcolari și elevi este dificilă, deoarece în această etapă copiii trec prin schimbări accelerate pe multiple planuri ale dezvoltării. De exemplu, gândirea și limbajul sunt considerate fie procese distincte, fie strâns interconectate. Cel mai frecvent, limbajul este privit fie ca instrument de exprimare și explicitare a gândirii, fie ca mijloc de influențare și modelare a acesteia (Fedorenko & Varley, 2016). Gândirea presupune existența unor structuri operatorii complexe și bine consolidate, care se formează treptat, prin experiență și maturizare cognitivă. Această perspectivă este în concordanță cu teoria dezvoltării cognitive propusă de Jean Piaget, conform căreia gândirea copiilor evoluează etapizat, de la acțiuni concrete la operații logice din ce în ce mai abstracte. Piaget susține că achiziția cunoașterii rezultă din procese de asimilare și acomodare, prin care copilul își construiește treptat structuri cognitive tot mai complexe. Astfel, dezvoltarea gândirii științifice nu este un proces spontan, ci reflectă o tranziție progresivă între diverse stadii cognitive, de la gândirea preoperațională la cea operațional-concretă și ulterior operațional-formală, unde apare capacitatea de raționament abstract necesară învățării științifice (Paul & Elder, 2006; Zimmerman & Klahr, 2018).

1.2. ACTIVITĂȚI EXPERIMENTALE ÎN ȘCOALĂ ȘI ÎN AFARA ȘCOLII ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR

1.2.1 Învățarea Bazată pe Investigație/Cercetare

Cercetarea reprezintă un proces sistematic și riguros de construire a unei noi cunoașteri prin investigație. Cercetarea științifică include diverse modalități prin care oamenii de știință

studiază lumea naturală și propun explicații bazate pe dovezile derivate din munca lor (Ennis, 2011). Construirea cunoașterii prin cercetare are la bază descoperirea de noi cunoștințe, validarea teoriilor existente sau rezolvarea unor probleme specifice prin colectarea, testarea, analiza și interpretarea datelor (Ciascai, 2010). Cercetarea implică gândire critică, precizie metodologică și un efort continuu de extindere a înțelegerii umane. Confrunțați cu fenomene sau situații necunoscute, cercetătorii formulează întrebări investigabile, pe baza cărora proiectează și desfășoară demersuri de cercetare, utilizând cunoștințele matematice și tehnologice ca instrumente de analiză, cunoaștere și comunicare (Facione, 2011). În urma acestor procese, elaborează explicații și argumente fundamentate logic, susținute de dovezi empirice, iar rezultatele obținute, împreună cu procedurile utilizate sunt comunicate comunității științifice, contribuind la dezvoltarea cunoașterii (National Research Council, 2011). Prin investigație se realizează observarea sau analiza/studiul unui fenomen, a unei situații sau a unui caz particular, în scopul colectării de fapte și date (Șuteu & Ciascai, 2024).

Deducem din considerațiile formulate mai sus că învățarea prin investigație nu este doar o simplă metodă, ci o întreagă metodologie. Aceasta oferă oportunități de dezvoltare a cunoștințelor, înțelegerii și interesului elevilor pentru știință (Ültay & Çalık, 2012). Predarea bazată pe investigație atribuie rolul principal de decident profesorului. Acesta structurează activitatea de investigare: selectează competențele necesare a fi dezvoltate elevilor, organizează mediul de lucru, formulează probleme și întrebări de cercetare provocatoare pentru elevi, care să-i facă interesați și curioși, selectează metodele de lucru (problematizare, explorare, observație, experiment) posibil a fi utilizate de către elevi, ghidează elevii sau le asigură autonomie.

1.2.2. Activitățile Experimentale și Tipologia lor

Învățarea prin activități experimentale constituie una dintre cele mai productive modalități pentru a construi noi cunoștințe în formarea/dezvoltarea competențelor științifice (Ciascai, 2023).

Activitățile experimentale integrează toate abordările practice și metodice utilizate pentru observarea, manipularea și controlul variabilelor în scopul verificării unei ipoteze, descoperirii unei legi sau înțelegerii unui fenomen științific. Activitățile experimentale sunt activități structurate. Acestea implică utilizarea observației sistematice și controlate, alături de experiment (Ciascai, 2010).

Observația controlată este o metodă de cercetare în care investigatorul observă și înregistrează fenomene într-un mediu controlat fără a manipula în mod activ variabilele și minimizând influențele externe. Ciascai (2000) contestă veridicitatea acestei afirmații arătând că observația poate lua forma experimentării (Marquet et al., 2022) și că explorările simple se apropie mai mult de observație decât de experiment. Spre exemplu, dizolvarea unui cub de zahăr în apă prin amestecare cu lingurița conduce la o constatare și reprezintă o observație experimentală, în care experimentatorul manipulează o variabilă. Ca urmare, în lucrarea de față considerăm observația ca un demers controlat de colectare de date și fapte necesare pentru testarea unei ipoteze.

Experimentul reprezintă o intervenție controlată asupra a unui fenomen, realizată în condiții prestabilite, având scopul de a observa manifestările acestuia, de a analiza relațiile de cauzalitate, de a identifica legile care îl guvernează și de a valida ipoteze științifice (Oprescu, 1996). În acest scop investigatorul manipulează în mod deliberat una sau mai multe variabile independente și controlează condițiile pentru a observa efectele lor asupra variabilelor dependente.

Metoda experimentală presupune mobilizarea unui ansamblu coerent de capacități complementare, precum formularea și testarea ipotezelor științifice, elaborarea definițiilor operaționale și aplicarea organizată a cunoștințelor științifice în contexte didactice variate (frontal, individual, de grup); contribuind astfel la dezvoltarea gândirii științifice și a competențelor de investigare (Bybee, 2010; Karplus & Thier, 1967).

Tipologia experimentelor se poate realiza în funcție de obiectivele propuse, modul de realizare, materiale, nivelul implicării elevilor, momentul integrării în lecție sau specificul obiectului de studiu (Bouzit et al., 2018; Bouzit et al., 2020; Cerghit, 2006; Ciascai, 2010; May et al., 2023; Oliveira & Bonito, 2023 ; Tomkova, 2024).

1.2.3 Învățarea în Clasă și în Afara Clasei prin Activități Experimentale

Rolul profesorului pentru învățământul primar în cadrul acestor activități se redefineste. Astfel, rolul profesorului se transformă din cel de furnizor de cunoștințe în cel de facilitator al învățării, având funcția de a media relația dintre elev și cunoaștere, de a organiza situații experimentale relevante și de a ghida demersul investigativ al elevului (Bruner, 1966). Învățătorul creează contexte de învățare stimulative, formulează probleme deschise, ghidează

elevii în planificarea și desfășurarea experimentelor și încurajează reflecția asupra rezultatelor obținute.

Etapele unei activități experimentale realizate în sala de clasă, urmează, în general, structura specifică cercetării științifice astfel: (1) *Obiectivul* îl reprezintă înțelegerea unui concept științific în condiții controlate; verificarea ipotezelor (Ciascai, 2000); (2) *Mediul de învățare* care este controlat de profesor, dependent de aparatura disponibilă, simulativ (trăsături selectate și condiții reproduse artificial) (Bybee, 2010); (3) *Problema/întrebarea de investigat*, se recomandă ca fenomenul, procesul, obiectul fizic de studiat să fie din contextul familiar elevului sau experiența sa de viață. Ori de câte ori este posibil, în sala de clasă se aduce/reproduce concret obiectul studiului. Dacă acest lucru nu e posibil, se vor aduce machete, fotografii sau filme care prezintă obiectul, fapta, fenomenul sau procesul investigat (Karplus & Thier, 1967); (4) *Emiterea predicțiilor/ipotezelor* – anticiparea rezultatelor pe baza cunoștințelor și experienței anterioare. Profesorul explicitează modul său de gândire cu referire la formularea ipotezelor și sprijină elevii să raționeze logic dacă lor le revine rolul principal în formularea ipotezelor (Bybee, 1997); (5) *Proiectarea observației experimentale controlate* sau a experimentului și organizarea lui. Proiectul include obiectul observației, scopul/ipoteza, aparatura experimentală, modul de lucru (sarcinile experimentale), modul de reținere a datelor experimentale (tabele, liste). Materialele didactice sunt standardizate (eprubete, termometre, apă, lumânări, etc.). Se pune accent pe precizie și repetabilitate (Kolb, 1984); (6) *Desfășurarea experimentului*, observarea și manipularea directă a variabilelor corelate obiectelor sau fenomenelor; (7) *Colectarea datelor și procesarea lor*. Datele sunt reținute în tabele și procesate pentru a fi formulate constatări (Caňal, 2007); (8) *Analiza rezultatelor*, apoi compararea constatărilor experimentale cu ipotezele; (9) *Formularea constatărilor și a concluziilor* – generalizarea cunoștințelor dobândite (Lai, 1999); (10) *Aplicarea cunoștințelor* în contexte noi; (11) *Evaluarea de proces* (fișe de lucru, observația performanței experimentale și de rezultate (cunoștințe) Șuteu & Ciascai, 2024).

1.3. ACTIVITĂȚI STEM/STEAM/STREAM

1.3.1. Abordarea Integrată STEM

Conceptul STEM s-a dezvoltat începând cu anii 1990 ca o reacție la nevoia pregătirii unei forțe de muncă capabile să se adapteze nevoilor societății actuale. Acronimul a fost inventat de Dr. Judith Ramaley în 2001, pe atunci directoare adjunctă a direcției de resurse umane de la Fundația Națională pentru Știință din SUA (Tytler, 2020).

STEM poate răspunde în mod eficient provocărilor din zilele noastre, dar și celor ale viitorului. Industria 4.0 necesită noi tipuri de profesioniști. Se estimează că, până în 2030, 186 de profesii vor apărea și 57 vor dispărea, conform Noului Atlas de meserii. O mare parte din tehnicile de lucru utilizate pe piața muncii încep să fie înlocuite de mașini/roboți, iar în viitorul nu prea îndepărtat tot mai multe profesii vor fi automatizate (Shatunova et al., 2019). Cu toate acestea, în practica școlară matematica și științele sunt discipline prioritare, iar ingineria este o disciplină secundară.

1.3.2. Educația STEM, Fundamente și Dezvoltări

Educația STEAM poate fi conceptualizată în funcție de gradul și tipul de integrare a disciplinelor, fiind indentificate mai multe forme distincte. Astfel, educația STEAM de tip trandisciplinar presupune o fuziune completă a disciplinelor, având ca element central rezolvarea de probleme (Kazakoff et al., 2013). În cazul educației STEAM interdisciplinare, integrarea se realizează în jurul unei teme comune, menținându-se totodată, specificul fiecărei discipline (Makrakis & Kostoulas-Makrakis, 2015). Educația STEAM multidisciplinară implică o colaborare între mai multe discipline, fără a conduce însă la o integrare profundă a acestora (De la Garza, 2019; Shatunova et al., 2019). În cele din urmă educația STEAM transversală se caracterizează prin analizarea unei discipline prin perspectiva altei discipline, favorizând conexiuni conceptuale între domenii diferite (Harris & Bruin, 2018).

La nivel internațional, politicile educației STEM nu specifică în acest moment un cadru adecvat pentru dezvoltarea unor indivizi bine instruiți și competenți din punct de vedere tehnologic (Zeidler, 2016). Majoritatea părților implicate spun că abilitățile STEM trebuie să se dezvolte într-un cadru formal, adică la școală (Falk et al., 2016). Promovarea educației STEM în școli sprijină egalitatea de șanse, atrăgând și fetele către domenii științifice și tehnologice, tradițional dominate de bărbați.

1.3.3. Activități Experimentale în Context STEM/STEAM/STREAM

Activitățile în context STEM/STEAM/STREAM oferă un cadru propice pentru învățarea experimentală, datorită caracterului lor complex, integrat și aplicativ. Acest cadru poate fi autentic, reflectând situații reale, sau construit în clasă, prin activități practice. În ambele cazuri, elevii au oportunitatea de a explora concepte științifice și tehnologice prin practică directă și colaborare. În cadrul acestor activități se regăsesc următoarele caracteristici: primează

componenta experimentală care include observarea fenomenelor naturale, formularea ipotezelor și testarea lor prin experimente. În acest context, elevii explorează fapte și fenomene, stabilesc variabile care reprezintă cauze și efecte, măsoară, compară și trag concluzii (Newmann et al., 2007); include ingineria în învățământul primar prin activități de concepere și construire a unor dispozitive o aparate simple, care reprezintă prima etapă activitate practică/ hands-on în utilizarea instrumentelor necesare (Rickinson & Tanner, 2001); implică tehnologia aplicarea practică a proiectului realizat. Tehnologia identifică și utilizează materialele necesare punerii în practică a proiectului inginerului (Schoenfeld, 2016); asigură precizie și rigurozitate activităților experimentale, proiectării inginerului, utilizării materialelor de către tehnolog. Matematica este cea care oferă instrumente, modele de calcul în aceste activități.

În ceea ce privește activitățile experimentale, abordarea în context STEM/STEAM/ STREAM dezvoltă elevilor abilități științifice precum: gândirea logică, critică și analitică; capacitatea de a elabora și testa ipoteze, procesa și interpreta date pentru a formula concluzii; capacitate de a lua decizii ținând cont de rezultatul explorărilor; capacitatea de argumentare prin referire la dovezi (Ciascai, 2023).

CAPITOLUL 2. CONTRIBUȚII ORIGINALE DE CERCETARE

2.1 OBIECTIVELE ȘI METODOLOGIA GENERALĂ A CERCETĂRII

2.1.1. Obiectivele Cercetării

Cu toate că STEM a devenit o temă de interes atât pe plan național cât și în cel internațional, studiile care testează eficiența programelor formative care urmăresc dezvoltarea competențelor STEM sunt puține, cel puțin în România. Deși o simplă căutare pe internet indică existența unui număr foarte mare de resurse educaționale STEM, studiile care să ofere un program formativ dovedit a avea validitate empirică există puține.

În această teză urmărim investigarea activităților experimentale în context STEM/STEAM/STREAM în cadrul orelor de „Științe ale naturii” folosind o metodologie științifică și din perspectivă educațională practică.

Obiectivele generale vizate prin studiile propuse sunt următoarele:

O1. Investigarea percepțiilor, experiențelor și practicilor cadrelor didactice din învățământul primar referitoare la implementarea abordărilor integrate de tip STEM/STEAM/STREAM, în vederea analizării modalităților de integrare curriculară, a frecvenței utilizării acestora, a beneficiilor educaționale, precum și a dificultăților și constrângerilor care influențează aplicarea lor în practica didactică.

O2. Analizarea structurii conceptuale și a coerenței epistemologice a abordărilor integrate de tip STREAM elaborate de către studenții specializării Pedagogia Învățământului Primar și Preșcolar, de la Universitatea „Babeș-Bolyai”, în vederea evidențierii modului de operaționalizare a integrării disciplinare, a consistenței conceptelor integratoare și a modului de operaționalizare a competențelor interdisciplinare.

O3. Evaluarea potențialului formativ al atelierelor și școlilor de vară STREAM în dezvoltarea competențelor cheie ale elevilor din învățământul primar, prin analiza modului în care experiențele de învățare interdisciplinară și investigativă contribuie la consolidarea gândirii critice, a creativității, a rezolvării de probleme și la configurarea interesului pentru carierele STEM.

O4. Evaluarea potențialului formativ al școlilor de vară și atelierelor de tip STREAM în dezvoltarea competențelor profesionale ale cadrelor didactice pentru proiectarea și implementarea unor practici educaționale inovatoare, prin analiza modului în care aceste intervenții contribuie la

consolidarea competențelor STEM, a gândirii critice, creativității, colaborării și rezolvării de probleme, atât la nivelul profesorilor, cât și în raport cu impactul perceput asupra învățării elevilor.

O5. Determinarea impactului activităților experimentale în context STEM asupra calității proceselor cognitive ale elevilor din ciclul primar.

Obiective Specifice

Obiectivul general nr. 1 a fost realizat pe parcursul derulării studiului 1, în care se colectează date de la profesorii pentru învățământul primar cu privire la utilizarea activităților STEM/STEAM/STREAM în clasă și a abordările integrate alese pentru aceste discipline.

Obiectivul general nr. 2 a fost realizat pe parcursul derulării studiului 2, în care se colectează date de la studenții de la Pedagogia Învățământului Primar și Preșcolar din cadrul Universității „Babeș-Bolyai” privind realizarea și structurarea, conținutului abordărilor integrate STREAM.

Obiectivul general nr. 3 a fost realizat pe parcursul derulării studiului 3, în care se colectează date despre analiza impactului atelierelor și școlilor de vară STREAM asupra dezvoltării competențelor cheie ale elevilor din învățământul primar, în special a gândirii critice, creativității și capacității de rezolvare a problemelor, în contexte de învățare experiențială și interdisciplinară.

Obiectivul general nr. 4 a fost realizat pe parcursul derulării studiului 4, în care se colectează date despre formarea și consolidarea competențelor didactice necesare integrării eficiente a abordării STREAM în practica educațională, prin promovarea unor strategii inovatoare și a exemplelor de bună practică.

Obiectivul general nr. 5 a fost realizat pe parcursul derulării studiului 5, în care se colectează date privind determinarea impactului activităților experimentale în context STEM asupra calității proceselor cognitive ale elevilor din ciclul primar.

2.1.2. Metodologia Generală

Teza include 5 cercetări empirice, structurate în 5 studii și anume: un studiu cantitativ realizat prin anchetă pe bază de chestionar online în rândul profesorilor pentru învățământul primar, un studiu de tip mixt (cantitativ și calitativ) privind analiza structurii și a conținutului abordării integrate STREAM propuse de studenții PIPP de la Universitatea „Babeș-Bolyai”, două studii cantitative cu design intervențional privind analiza impactului școlilor și a atelierelor de vară STREAM realizate cu elevi și cu cadre didactice și un studiu cvasi-experimental cu design

pretest–intervenție–posttest privind impactul activităților experimentale în context STEM asupra calității proceselor cognitive ale elevilor din învățământul primar.

În cele ce urmează vom prezenta, în continuare aspecte metodologice generale privind populația cercetărilor, design-urile generale de cercetare, instrumentele de măsură utilizate, procedurile de analiză a datelor.

Populația Selectată pentru Cercetare

În studiul 1, selecția participanților la anchetă se realizează în mod voluntar. Au participat 103 cadre didactice.

În studiul 2, selecția participanților se realizează în rândul a 72 de studenți de la specializarea PIPP ai Universității „Babeș-Bolyai” și 20 de masteranzi.

În studiul 3, selecția participanților s-a realizat în rândul elevilor participanți în mod voluntar la școlile și atelierele de vară STREAM. La această cercetare au participat 273 de elevi.

În studiul 4, selecția participanților s-a realizat în rândul cadrelor didactice participante în mod voluntare la școlile și atelierele de vară STREAM. La această cercetare au participat un număr de 218 de cadre didactice.

În studiul 5, selecția participanților s-a realizat în rândul elevilor implicați în cercetarea aplicării activităților experimentale STREAM în cadrul orelor de „Matematică și explorarea mediului”, respectiv „Științe ale naturii”. La această cercetare au participat 430 elevi de clasele II-IV.

În cercetările 1 și 4 au fost implicați profesori care îndeplinesc cinci criterii: predau „Matematică și explorarea mediului”, respectiv „Științe ale naturii” la aceste clase; sunt profesori titulari în școală; unii dintre ei au certificare profesională: au obținut certificare profesională (definitivat, / gradul didactic II/ gradul didactic); participarea a fost voluntară; consimțământ informat. În cercetare s-a respectat cerințele și etica cercetării, precum și protecția datelor personale ale participanților conform [GDPR].

Designurile Generale de Cercetare

Studiul 1 este o cercetare cantitativă în care colectarea datelor s-a realizat printr-un chestionar de concepție proprie. Chestionarul a fost validat de 2 experți în științele educației.

Studiul 2 este o cercetare de tip mixt (cantitativ și calitativ) privind analiza realizării proiectelor de activitate integrate STREAM. La cercetare au participat 72 de studenți de la

specializarea Pedagogia Învățământului Primar și Preșcolar din cadrul Universității „Babeș-Bolyai”. Tododată, în etapa a II-a a cercetării au fost interviewate 20 cadre didactice, masteranzi privind clarificarea rezultatelor asupra Teoriei Inteligențelor Multiple (TIM) și cum este aceasta utilizată la clasă.

Studiul 3 este o cercetare cantitativă, cu design intervențional, în care colectarea datelor s-a făcut prin metoda anchetei pe baza unui chestionar și a unei fișe de evaluare a cunoștințelor și a competențelor dezvoltate în rândul elevilor participanți la școlile și atelierelor de vară STREAM.

Studiul 4 este o cercetare cantitativă, cu design intervențional, în care colectarea datelor s-a făcut prin metoda anchetei pe baza unui chestionar și a unei fișe de evaluare a cunoștințelor și a competențelor dezvoltate în rândul cadrelor didactice participante la școlile și atelierelor de vară STREAM.

Studiul 5 este o cercetare cvasi-experimentală care are un design de tipul pretest - intervenție - posttest la două grupuri: un grup de control (GC) și un grup experimental (GE). Cercetarea a fost derulată cu participarea a 14 cadre didactice (inclusiv doctoranda).

Instrumente Utilizate

În studiul 1, datele cercetării sunt colectate prin chestionarul „Cercetări privind percepțiile asupra educației STEM/STEAM/STREAM” (Anexa A1). Instrumentul este conceput de către cercetătoare pe baza experienței proprii în activitatea didactică și a unor informații din literatură. Acesta este structurat pe două părți. Prima parte cuprinde 7 itemi pentru identificarea caracteristicilor demografice ale respondenților, iar a doua parte are 41 de itemi privind educația STREAM, integrarea TIM în activitățile didactice și relația dintre acestea.

În studiul 2, colectarea datelor cercetării se realizează în două etape. În prima etapă sunt analizate realizarea proiectelor de activitate integrată, pe baza a 18 criterii prestabilite. În a doua etapă se organizează un interviu investigând clarificarea cunoștințelor subiecților privind TIM și dacă/cum utilizează la clasă.

În studiul 3, colectarea datelor cercetării se realizează prin anchetă pe bază de chestionar scurt privind informațiile pe care le au elevii asupra abordării integrate STEM, însoțit de o fișă de evaluare a cunoștințelor și competențelor dezvoltate în cadrul școlilor de vară și a atelierelor la care au participat.

În studiul 4, colectarea datelor cercetării se realizează printr-un chestionar scurt privind percepțiile cadrelor didactice asupra activităților integrate STEM/STEAM/STREAM și o fișă de

evaluare a cunoștințelor și competențelor dezvoltate prin activitățile derulate în cadrul școlilor de vară și atelierelor STREAM.

În studiul 5, colectarea datelor cercetării se realizează prin 2 teste, de concepție proprie (un pre-test, un post-test). Testele conțin 8 itemi obiectivi, cu alegere multiplă. Pentru rezolvarea fiecărui test se atribuie 8 puncte. Scorurile se calculează pentru fiecare elev, la fiecare test.

Proceduri de Analiză a Datelor

În cadrul studiului 1, analiza datelor a presupus utilizarea statisticii descriptive, prin prelucrarea răspunsurilor la itemii pe scală Linkert prin agregarea categoriilor de acord și dezacord și raportarea rezultatelor sub formă de procente, medii și abateri standard, adecvate caracterului explorator al studiului.

În cadrul studiului 2, analiza datelor s-a realizat în două etape, prin evaluarea descriptivă pe baza unei scale cu 18 criterii apreciate pe o scală Likert în 5 puncte, cu raportarea rezultatelor prin agregarea nivelurilor minimale și maxime, completată în etapa a doua prin date calitative obținute prin interviu de grup pentru aprofundarea și clarificarea rezultatelor.

În cadrul studiului 3, analiza datelor s-a realizat prin triangularea informațiilor provenite din observația sistematică, chestionare și analiza produselor activității elevilor, în vederea obținerii unei perspective integrate asupra impactului activităților STEM/STEAM/STREAM asupra dezvoltării competențelor acestora.

În cadrul studiului 4, prelucrarea datelor s-a realizat prin coroborarea informațiilor provenite din observația sistematică, a chestionarelor aplicate și a fișelor de evaluare completate de către cadrele didactice, în scopul analizării impactului activităților STEM/STEAM/STREAM asupra dezvoltării competențelor vizate.

În cadrul studiului 5, analiza datelor a presupus cuantificarea scorurilor obținute la testele inițiale și finale, corelarea comparativă a rezultatelor pentru evaluarea progresului elevilor și prelucrarea acestora prin metode de statistică descriptivă (medii, scoruri minime și maxime, distribuții ale performanțelor), în vederea evidențierii impactului intervenției formative asupra performanțelor școlare și dezvoltării cognitive.

2.2 STUDIUL 1: ANALIZA OPINIILOR PROFESORILOR PRIVIND INTEGRAREA ACTIVITĂȚILOR BAZATE PE STEM ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR

2.2.1 Introducere

Scopul acestui studiu este de a investiga opinia profesorilor de învățământ primar cu privire la utilizarea materiilor STEM/STEAM/STREAM în clasă și abordările integrate alese pentru aceste materii. În plus, s-a urmărit investigarea experiențelor respondenților în predarea materiilor STREAM, metodele preferate pentru a integra acest tip de conținut, precum și identificarea dificultăților cu care se confruntă în predarea bazată pe acest tip de activități.

Întrebările de cercetare sunt următoarele:

IC1. Care este importanța acordată de cadrele didactice disciplinelor și abordărilor integrate de tip STREAM în învățământul primar?

IC2. Care sunt percepțiile cadrelor didactice privind impactul activităților STREAM asupra dezvoltării elevilor și asupra orientării acestora către studiul disciplinelor din domeniul STREAM?

IC3. Care este experiența cadrelor didactice în proiectarea și implementarea activităților integrate de tip STREAM în procesul didactic?

IC4. Care sunt dificultățile întâmpinate de cadrele didactice în implementarea activităților STREAM și ce strategii utilizează pentru depășirea acestora?

2.2.2 Metoda

Participanți

Cercetarea a inclus 103 profesori pentru învățământul primar, majoritatea de gen feminin (94,17%), care au participat voluntar la studiu. În ceea ce privește nivelul de educație al participanților, un procent de 52,43% dintre respondenți au o diplomă de licență, 43,69% o diplomă de masterat, iar 3 respondenți au doctorat în Științele Educației. Experiența de predare a respondenților este distribuită astfel: până la 5 ani (9,7%); între 6 și 10 ani (11,65%); între 11-20 de ani (34,95%), între 21-30 de ani (33,98%) și peste 30 de ani (9,71%). În ceea ce privește certificarea didactică, 62,14% dintre respondenți dețin calificarea de nivel 1 („gradul I”), 25,24% au obținut calificarea de nivel 2 („gradul II”), 7,77% au obținut titularizarea, iar 4,85% nu au certificat de predare. Distribuția respondenților în funcție de zona de predare este după cum

urmează: 73,79% dintre respondenți predau în zone urbane, 25,24% predau în zone rurale, iar 1 respondent predă în ambele tipuri de zone.

Colectarea Datelor

Colectarea datelor s-a realizat în perioada 20.01.2020- 26.01.2020 prin intermediul unui chestionar privind percepțiile asupra educației STEM/STEAM/STREAM. Respondenții au participat în mod voluntar și anonim la completarea chestionarului. Aceștia au fost selectați prin intermediul grupurilor de profesori pentru învățământul primar din mediul on-line.

Instrument

Instrumentul utilizat în cadrul cercetării a fost un chestionar online, denumit în cadrul prezentei cercetări „Chestionar privind percepțiile asupra educației STEM/STEAM/STREAM” (Anexa A1), aplicat prin intermediul platformei Google Drive și adaptat după instrumentul utilizat de Zsoldos-Marchis și Ciascai (2019), respectiv prelucrat în studiul realizat de Baboș Ioana-Aurelia și Ciascai Liliana (2020). Chestionarul este structurat în două părți. Prima parte cuprinde 7 itemi pentru identificarea caracteristicilor demografice ale participanților, iar partea a doua are 41 de itemi legați de educația STREAM, integrarea Teoriei Inteligențelor Multiple (TIM) în activitățile didactice și relația dintre STREAM și TIM. Pentru majoritatea itemilor, chestionarul folosește scala Likert cu 5 puncte (de la 1 - *nu sunt deloc de acord* la 5 - *sunt total de acord*). Pentru 12 itemi incluși în chestionar, răspunsurile au constatat în scrierea de afirmații / negații, elaborarea unor răspunsuri sau stabilirea ierarhiei mai multor afirmații date. În vederea atingerii scopului acestui studiu, s-au extras pentru analiza datelor 27 de itemi care abordau problematica educației STREAM.

Analiza Datelor

Pentru a putea face interpretarea statistică a răspunsurilor colectate au fost făcută în prealabil o statistică descriptivă. Analiza datelor la itemii evaluați pe scală Likert a avut la bază calcularea procentelor de respondenți care sunt fie în *dezacord* fie în *acord* cu afirmațiile evaluate. Astfel, au fost însumate răspunsurile *dezacord total* și *dezacord* sub eticheta *Dezacord*, iar răspunsurile *acord total* și *acord* au fost etichetate ca fiind *Acord*. Fiind un studiu explorator, rezultatele sunt raportate sub formă de procente, medii și abateri standard.

2.2.3 Rezultate și Discuții

Importanța acordată de respondenți disciplinelor și abordărilor integrate STEM /STEAM/STREAM

Rezultatele evidențiază un nivel ridicat de acord al respondenților în ceea ce privește rolul profesorilor în stimularea interesului elevilor pentru domeniile STEM/STEAM/STREAM, 81,55% dintre aceștia exprimând o opinie favorabilă ($m = 4,23$, $SD = 0,88$). Un nivel similar de consens se observă și în raportul cu importanța abordărilor integrate bazate pe STEM, pentru care același procent de 81,55% dintre respondenți manifestă acord ($m = 4,30$, $SD = 0,91$).

De asemenea, 75,73% dintre participanți ($m = 4,09$, $SD = 1,02$) consideră importantă desfășurarea activităților integrate STEM/STEAM/STREAM în contextul clasei. Cu toate acestea un procent semnificativ mai redus de 45,63% ($m = 3,17$, $SD = 1,19$) apreciază că proiectarea unor astfel de activități este facilă, ceea ce sugerează existența unor dificultăți percepute în transpunerea practică a acestor demersuri didactice.

Opinia respondenților cu privire la impactul pe care activitățile STEM /STEAM/STREAM îl au asupra dezvoltării elevilor și asupra profilului studenților interesați să studieze disciplinele STREAM

Un procent de 71,84% ($M = 3,92$, $SD = 1$) dintre respondenți sunt de acord cu afirmația „Performanța școlară a elevilor care participă sistematic la activități integrate STEM/STEAM/STREAM este mai mare decât cea obținută dacă nu au participat” și 85,44% ($M = 4,40$, $SD = 0,86$) sunt de acord că „Este bine ca profesorii să dezvolte o viziune integrativă pentru domeniile STEM/STEAM/STREAM”. O posibilă explicație pentru aceste rezultate este că cunoștințele, abilitățile și interesele studenților sunt apreciate prin abordări integrate.

2.2.4 Concluzii

Rezultatele obținute în urma analizei datelor colectate prin intermediul chestionarului indică o atitudine predominant favorabilă a cadrelor didactice față de integrarea abordărilor STEM/STEAM/STREAM în activitatea educațională. Procentele ridicate de acord înregistrate pentru itemii referitori la stimularea interesului elevilor pentru domeniile STEM (81,55%) și pentru implementarea abordărilor integrate bazate pe aceste domenii (81,55%) sugerează faptul că majoritatea respondenților recunosc relevanța și importanța acestui demers educațional pentru procesul de învățare. De asemenea, un procent semnificativ dintre participanți consideră

importantă desfășurarea activităților integrate în clasă (75,73%), ceea ce indică o deschidere generală către utilizarea acestor abordări interdisciplinare în practica didactică.

În ceea ce privește percepția asupra impactului activităților integrate asupra dezvoltării elevilor, rezultatele evidențiază convingerea majorității respondenților că participarea sistematică la activități STEM/STEAM/STREAM contribuie la creșterea performanței școlare (71,84%) și la formarea unor competențe relevante pentru societatea contemporană. În mod particular, respondenții asociază succesul în domeniile STEM cu o serie de caracteristici cognitive și atitudinale, precum curiozitatea (87,38%), gândirea logică (85,44%), gândirea critică (83,50%) și un nivel ridicat al cunoștințelor generale (83,50%). În același timp, aceștia consideră că elevii cu performanțe în aceste domenii au șanse mai mari de integrare în societatea modernă (83,50%), aspect care reflectă percepția asupra relevanței competențelor STEM pentru adaptarea la cerințele actuale ale pieței muncii și ale societății bazate pe cunoaștere.

Analiza datelor a evidențiat, totodată, existența unor diferențe semnificative între respondenți în funcție de experiența didactică. Astfel, cadrele didactice cu o experiență de 21–30 de ani par a utiliza mai frecvent activități integrate, considerându-le deosebit de relevante pentru generațiile actuale de elevi. În schimb, profesorii cu 11–20 de ani de experiență recunosc utilizarea acestora într-o măsură mai redusă, invocând constrângeri precum lipsa timpului pentru pregătire, programul încărcat sau insuficiența resurselor didactice și tehnologice. De asemenea, două categorii de respondenți, profesorii cu mai puțin de 10 ani de experiență și cei cu peste 30 de ani de activitate didactică, au semnalat bariere mai pronunțate în implementarea acestor abordări. În cazul cadrelor didactice debutante, dificultățile par a fi asociate cu lipsa pregătirii metodologice și a sprijinului instituțional, în timp ce în cazul profesorilor cu experiență foarte mare se remarcă o anumită rezistență la schimbare, determinată de încrederea în metodele didactice tradiționale.

În ceea ce privește experiența concretă în implementarea activităților integrate, majoritatea respondenților (70,87%) declară că au desfășurat astfel de activități înainte de momentul realizării studiului, deși frecvența acestora variază considerabil. De asemenea, rezultatele arată că aceste activități nu sunt percepute ca fiind limitate la anumite contexte educaționale specifice, majoritatea cadrelor didactice considerând că ele pot fi realizate într-un cadru formal, dar și în alte medii educaționale, ceea ce sugerează o perspectivă flexibilă asupra organizării procesului de învățare.

Rezultatele acestui prim studiu preliminar arată faptul că profesorii de învățământ primar doresc implementarea abordării integrate STEM/STEAM/STREAM, considerând că aceasta este asociată cu o serie de beneficii pentru elevi. Așadar, deschiderea cadrelor didactice pentru acest tip de abordare ar trebui să încurajeze persoanele responsabile cu pregătirea și formarea cadrelor didactice la proiectarea și implementarea de cursuri și materiale STEM/STEAM/STREAM pentru învățământul primar. Aceste rezultate ne arată că profesorii de învățământ primar sunt pregătiți să desfășoare astfel de programe, chiar dacă vor avea nevoie de suport în vederea depășirii anumitor dificultăți. Așadar, programul formativ propus în această lucrare își propune să se constituie drept ghid pentru cadrele didactice care doresc să implementeze educația STEM la elevii de învățământ primar.

În continuarea acestui prim studiu, prezentăm rezultatele celui de-al doilea studiu, axat pe identificarea structurii și a conținutului abordărilor integrate STREAM propuse de studenți viitori profesori de învățământ primar și preșcolar. Deoarece primul studiu ne arată că profesorii de învățământ primar au o atitudine pozitivă față de implementarea educației STEM și o asociază cu o serie de avantaje pentru elevi, este important să identificăm măsura în care aceștia sunt pregătiți să proiecteze activități integrate STEM pentru elevi de învățământ primar. Așadar, Studiul 2, prezentat în continuare, evidențiază domeniul principal pe care se bazează abordările integrate STREAM propuse de viitorii profesori de învățământ primar și preșcolar, domeniile integrate superficial din cadrul acestei abordări, conceptele integratoare care se urmăresc a fi dezvoltate prin intermediul acestei abordări integrate și abilitățile interdisciplinare valorizate de viitoarele cadre didactice.

2.3 STUDIUL 2: ANALIZA PROIECTELOR DE ACTIVITATE ÎN CONTEXTUL EDUCAȚIEI STREAM ȘI A TEORIEI INTELIGENȚELOR MULTIPLE

2.3.1 Introducere

Scopul cercetării a fost de a investiga structura și conținutul abordărilor integrate STREAM propuse de studenți ai specializării învățământului primar și preșcolar.

Întrebările de cercetare sunt următoarele:

IC1. În ce măsură studenții dețin și înțeleg conceptele specifice domeniilor STREAM în proiectarea activităților didactice?

IC2. În ce măsură studenții integrează corect domeniile STREAM și formulează adecvat conceptele, comportamentele și întrebările în proiectarea activităților?

IC3. În ce măsură studenții valorifică în activitățile STREAM abilități interdisciplinare și principii pedagogice precum centrarea pe elev, creativitatea și inteligențele multiple?

Au mai făcut obiectul aprecierilor calitatea formulării sarcinilor de lucru, creativitatea manifestată de subiecți în elaborarea proiectului și tipurile predominante de inteligență valorizate de studenți prin proiectele lor. Creativitatea a vizat atât conținutul cât și structura activităților specifice fiecărui domeniu cât și conexiunile interdisciplinare propuse prin proiect. Tipurile de inteligență au fost identificate în proiectele de lecție în baza caracteristicilor lor definitorii.

2.3.2 Metoda

Participanții au fost solicitați să realizeze individual proiectul unei teme integratoare la alegere, punctând următoarele aspecte de interes cu referire la fiecare domeniu integrat (științe, matematică, tehnologii, inginerie, arte, reading/lectura textelor cu caracter științific): conținutul științific; întrebări și sarcini de lucru adresate elevilor (acestea fiind puse în relație cu nivelurile taxonomiei Bloom revizuite); abilități specifice fiecărui domeniu, necesar a fi dezvoltate elevilor; concepte și abilități interdisciplinare respectiv comportamente la dezvoltarea cărora contribuie studiul temei propuse; explicitarea activității integrate printr-o hartă conceptuală (pentru imaginea de ansamblu asupra temei).

Participanți

La acest studiu au participat 72 de studenți ai specializării „Pedagogia Învățământului Primar și Preșcolar” din cadrul Universității „Babeș-Bolyai”. Majoritatea participanților sunt

femei (97,22 %), cu vârsta cuprinsă între 18 - 24 de ani.

Colectarea Datelor

Datele au fost colectate pe parcursul celui de-al doilea semestru al anului universitar 2019/2020.

Instrumentul de cercetare și Analiza Datelor

Cercetarea s-a realizat în două etape. În prima etapă au fost analizate proiectele de activitate integrate propuse de cei 72 participanți. Scala de evaluare a fost realizată de cercetători pe baza sarcinilor formulate subiecților și conține 18 criterii. Evaluarea proiectelor a fost realizată de cercetători individual, apoi discutată și definitivată. Nivelul îndeplinirii fiecărui criteriu a fost apreciat pe o scală în 5 puncte, unde 1 semnifică *în foarte mică măsură* și 5 *în foarte mare măsură*. Pentru prezentarea și discuția rezultatelor s-au însumat procentajele corespunzătoare nivelurilor 1 și 2 respectiv 4 și 5, acestea constituind standardele minimal și respectiv maximal.

Etapa a II-a a cercetării a vizat clarificarea rezultatelor privind Teoria Inteligențelor Multiple (TIM). În acest scop, s-a organizat un interviu de grup cu profesori, la care au participat 20 cadre didactice, masteranzi. Au fost investigate cunoștințele subiecților privind TIM și dacă/cum utilizează TIM la lecție.

2.3.3 Rezultate și Discuții

Interviul realizat cu studenții a evidențiat mai multe aspecte relevante. Profesorii nu utilizează frecvent predarea diferențiată în funcție de tipul de inteligență predominant la nivelul clasei, întrucât identificarea și cuantificarea acestuia sunt dificile. De asemenea, curriculumul școlar este perceput ca fiind uniform și insuficient adaptat dezvoltării profilului de inteligențe multiple al elevilor, ceea ce îngreunează implementarea activităților integrate.

Totodată, studenții intervievați au declarat că nu sunt familiarizați cu conceptul de „clasă TIM”, în absența cunoașterii profilului de inteligențe al elevilor. În contextul educațional din România, nu există suficiente dovezi privind funcționarea eficientă a modelului bazat pe inteligențe multiple, fapt care determină o abordare mai rezervată în ceea ce privește implementarea educației de tip STREAM.

Cu toate acestea, participarea viitoarelor cadrelor didactice la programe de formare continuă, axate pe educația STREAM și pe valorificarea inteligențelor multiple, poate contribui

la adaptarea și diversificarea strategiilor de predare, asigurând o mai bună corelare a procesului didactic cu nevoile elevilor.

2.3.4 Concluzii

Analiza datelor evidențiază faptul că, deși studenții demonstrează un nivel moderat de stăpânire a cunoștințelor specifice domeniilor integrate din sfera STREAM, există lacune semnificative în ceea ce privește înțelegerea conceptuală profundă și aplicarea coerentă a acestora. În mod particular, dificultățile majore sunt asociate cu delimitarea conceptelor de inginerie și tehnologie, precum și cu identificarea corectă a abilităților disciplinare și formularea întrebărilor introductive adecvate, aspecte esențiale pentru proiectarea didactică eficientă.

În ceea ce privește abordarea integrată, rezultatele indică o capacitate limitată a studenților de a operaționaliza conceptele integratoare și de a formula comportamentele vizate în învățare, ceea ce sugerează o insuficientă internalizare a principiilor interdisciplinarității. Cu toate acestea, un punct forte îl reprezintă identificarea corectă a abilităților interdisciplinare, majoritatea studenților reușind să recunoască procese cognitive superioare precum analiza, sinteza sau rezolvarea de probleme.

Din perspectiva dimensiunilor pedagogice, se remarcă o orientare pozitivă către centrarea pe elev și manifestarea creativității în proiectarea activităților, însă aceste aspecte sunt umbrite de dificultățile în formularea clară și corectă a sarcinilor de lucru, ceea ce afectează coerența demersului didactic. De asemenea, integrarea principiilor Teoria inteligențelor multiple în activitățile didactice este redusă, ceea ce reflectă atât lipsa de familiaritate a studenților cu acest cadru teoretic, cât și dificultățile de aplicare practică.

Opiniile studenților și ale cadrelor didactice confirmă aceste rezultate, evidențiind o discrepanță între recunoașterea importanței profilului TIM și aplicarea efectivă a acestuia în practica educațională. Lipsa unor repere clare în curriculum, insuficienta formare a profesorilor și absența unor modele funcționale la nivel național contribuie la implementarea limitată și reticentă a educației de tip STREAM.

În concluzie, rezultatele sugerează necesitatea consolidării formării inițiale a cadrelor didactice, prin accent pe clarificarea conceptelor fundamentale, dezvoltarea competențelor de proiectare integrată și valorificarea diferențiată a potențialului elevilor prin prisma inteligențelor multiple. Aceste direcții sunt esențiale pentru creșterea calității actului educațional și pentru o implementare autentică și eficientă a abordărilor educaționale moderne.

2.4 STUDIUL 3: ANALIZA IMPACTULUI ATELIERELOR ȘI ȘCOLILOR DE VARĂ STREAM ADRESATE ELEVILOR

2.4.1 Introducere

Atelierele și școlile de vară STREAM reprezintă contexte educaționale nonformale și informale care extind experiența de învățare dincolo de cadrul formal al clasei, oferind elevilor oportunitatea de a explora, a experimenta și aplica cunoștințele în situații autentice (Dewey, 1938). Aceste activități valorifică învățarea prin experiență și investigație, facilitând implicarea în mod activ al elevilor în procesul de cunoaștere și contribuind la dezvoltarea gândirii critice, a creativității și a capacității de rezolvare de probleme (Kolb, 1984). Analiza impactului acestor activități educaționale vizează identificarea efectelor pe care acestea le au asupra dezvoltării competențelor elevilor, precum și asupra atitudinilor și interesului acestora față de învățare (Bybee, 2010).

Scopul acestor ateliere a fost analiza impactului atelierelor și școlilor de vară STREAM asupra dezvoltării competențelor cheie ale elevilor din învățământul primar, în special a gândirii critice, creativității și capacității de rezolvare a problemelor, în contexte de învățare experiențială și interdisciplinară.

Întrebările de cercetare au fost:

IC1. Ce cunoștințe au elevii participanți în domeniul învățării experimentale și STEM/STEAM/STREAM?

IC2. Care este interesul elevilor pentru activitățile STREAM?

IC3. Care sunt percepția și interesul elevilor cu referire la meseriile viitorului?

IC4. Care este impactul activităților STREAM asupra gândirii critice și rezolvării de probleme?

2.4.2 Metoda

Participanți

Pe toată durata desfășurării acestor ateliere și școli de vară STREAM s-a înregistrat un număr total de 273 elevi din învățământul primar care au avut acordul părinților de a participa la activități (Anexa B1). Elevii au participat câte 15 -20 la un atelier.

Colectarea Datelor

Studiul a fost realizat în perioada august 2022- octombrie 2025 prin intermediul elevilor participanți la atelierele și școlile de vară STREAM. Au fost realizate 7 ateliere, unui atelier fiindu-i alocate 2 zile a câte 2 ore. Elevii au participat la activități STREAM structurate tematic (de exemplu: construcții, energie sustenabilă, măsurarea vântului, sistemul solar, cariere STEM), utilizând materiale reciclabile și tehnologie digitală.

Instrument

Elevii participanți la ateliere au fost supuși unei anchete pe bază de chestionar elaborat de doctorandă, aplicat cu sprijinul colegului partener de activitate. Chestionarul a fost aplicat la începutul activității și la finele acesteia (Anexa B2). De asemenea, elevii au completat fișe de evaluare a cunoștințelor și competențe dezvoltate (Anexa B3).

Analiza Datelor

Analiza datelor a fost realizată pe baza observației sistematice realizate de doctorandă, a datelor colectate din completarea chestionarelor și analiza produselor activității elevilor, în vederea obținerii unei perspective complexe asupra impactului activităților STEM/STEAM/STREAM asupra dezvoltării competențelor acestora.

2.4.3 Rezultate și Discuții

Premergător intervenției formative, atelierele 1, 2 și 3 realizate cu elevii au urmărit, pe de o parte, investigarea valențelor activităților STEAM și orientarea elevilor către cariere STEM și pe de altă parte selectarea tematicii și prefigurarea structurii activităților propuse elevilor din grupele experimentale în contextul intervenției formative. Aceste ateliere au inclus 135 elevi.

Doctoranda a realizat ateliere și în paralel cu intervenția formativă, atelierele 4 și 5, ceea ce i-a permis identificarea unor soluții la disfuncționalitățile sesizate și realizarea unor mici reglaje la nivelul activităților desfășurate la grupele experimentale în intervenția formativă. Aceste ateliere au inclus 50 elevi. Trebuie menționat că, în baza rezultatelor intervenției formative doctoranda și-a optimizat activitățile propuse elevilor prin atelierele 6 și 7, care au succedat intervenția și care au inclus 88 elevi.

Procentul elevilor care recunosc rolul cunoștințelor STREAM în rezolvarea problemelor din viața reală a crescut de la 22% la 33%. Totodată, 53% dintre elevi și-au exprimat interesul

pentru viitoare cariere în domenii STEM (de exemplu: cercetător, inginer IT, inginer constructor, astronaut).

2.4.4 Concluzii

Analiza datelor colectate în cadrul atelierelor desfășurate cu elevii evidențiază o serie de aspecte relevante privind impactul activităților de tip STREAM asupra dezvoltării cognitive, motivaționale și comportamentale a acestora. În primul rând, se constată un nivel relativ redus de expunere anterioară la astfel de activități, doar 36% dintre elevi declarând că au mai participat la experiențe similare. Acest fapt sugerează că educația de tip integrat nu este încă suficient valorificată în practica educațională curentă, ceea ce limitează oportunitățile elevilor de a dezvolta competențe interdisciplinare într-un mod sistematic.

Cu toate acestea, rezultatele obținute în urma participării la ateliere indică un progres semnificativ în ceea ce privește motivația pentru studiul domeniilor STEM/STEAM/STREAM. Creșterea procentului de elevi motivați, de la 23% la 40%, reflectă eficiența acestor activități în stimularea interesului pentru învățare prin metode interactive și aplicative. În același timp, faptul că peste jumătate dintre elevi (53%) își exprimă interesul pentru o carieră în domenii STEM evidențiază rolul important al acestor experiențe în orientarea vocațională timpurie și în conturarea aspirațiilor profesionale.

Un alt aspect semnificativ îl reprezintă îmbunătățirea nivelului de înțelegere a caracterului integrat al cunoștințelor. Dacă inițial doar 22% dintre elevi conștientizau necesitatea utilizării cunoștințelor din multiple domenii pentru rezolvarea problemelor din viața reală, la finalul atelierelor procentul crește la 33%. Deși progresul este vizibil, acesta indică totodată necesitatea continuării demersurilor educaționale pentru consolidarea gândirii interdisciplinare.

În concluzie, atelierele de tip STREAM au avut un impact pozitiv asupra elevilor, favorizând creșterea motivației, dezvoltarea competențelor interdisciplinare și orientarea către domenii STEM. În acest sens pentru creșterea eficienței acestor demersuri, se consideră a fi necesară extinderea și integrarea lor sistematică în curriculum, precum și dezvoltarea competențelor de investigare și reflecție critică ale elevilor.

2.5 STUDIUL 4: ANALIZA IMPACTULUI ATELIERELOR DE LUCRU STREAM ADRESATE CADRELOR DIDACTICE

2.5.1 Introducere

Implementarea eficientă a abordărilor STREAM depinde în mod evident de formarea cadrelor didactice, de deschiderea acestora către inovație și interdisciplinaritate (Ciascai & Zsoldos- Marchis, 2019). Astfel, formarea continuă a profesorilor prin intermediul atelierelor de lucru reprezintă un demers fundamental pentru dezvoltarea competențelor pedagogice necesare integrării acestor abordări în practica didactică (Margot & Kettler, 2019; Kotsis, 2024). Aceste ateliere oferă oportunități de învățare experiențială, schimb de bune practici și reflecție asupra propriilor strategii didactice, contribuind la dezvoltarea profesională continuă a cadrelor didactice.

Prin urmare, analiza impactului atelierelor de lucru STREAM adresate cadrelor didactice devine esențială pentru înțelegerea modului în care acestea influențează practicile educaționale, atitudinile și competențele profesorilor (Ciascai & Zsoldos- Marchis, 2019).

Scopul acestor ateliere a fost formarea și consolidarea competențelor didactice necesare integrării eficiente a abordării STREAM în practica educațională, prin promovarea unor strategii inovatoare și a exemplelor de bună practică.

Întrebările de cercetare au fost următoarele:

IC1. În ce măsură cadrele didactice dețin cunoștințe privind învățarea experimentală și abordările de tip STREAM?

IC2. Care este percepția cadrelor didactice privind interesul elevilor față de activitățile de tip STREAM și față de meseriile viitorului?

IC3. Există diferențe semnificative între percepțiile cadrelor didactice înainte și după participarea la activități STREAM privind dezvoltarea profesională?

IC4. Care este percepția cadrelor didactice privind impactul activităților STREAM asupra dezvoltării gândirii critice, a creativității, colaborării și rezolvării de probleme, atât la elevi, cât și pentru ei personal?

2.5.2 Metoda

Un eșantion de cadre didactice participante la ateliere au fost supuși unei anchete pe bază de chestionar scurt elaborat de doctorandă, aplicat cu sprijinul colegului partener de activitate și activitatea lor a fost observată de doctorandă. Chestionarul a fost aplicat la începutul activității și la finalul unui atelier. De asemenea, participanții au completat fișe de evaluare a cunoștințelor și competențelor dezvoltate prin activitate.

Participanți

La ateliere au fost selectate 218 cadre didactice care au participat benevol la aceste activități și au completat ambele chestionare/evaluări.

Colectarea Datelor

Studiul a fost realizat în perioada septembrie 2021-septembrie 2025 prin intermediul profesorilor participanți la atelierele de lucru STREAM. Au fost realizate 15 ateliere, unui atelier fiindu-i alocată o zi a câte 4-5 ore. Cadrele didactice au participat, ca și elevii, la activități STREAM structurate tematic (ex.: construcții, energie sustenabilă, măsurarea vântului, sistemul solar, cariere STEM), utilizând instrumente de laborator, materiale reciclabile și tehnologie digitală.

Instrument

Cadrele didactice participante la ateliere au fost răspuns unei anchete pe bază de chestionar (Anexa C1) și au completat o fișă de evaluare (Anexa C2) elaborată de doctorandă, aplicată cu/ fără sprijinul colegului partener de activitate. Ancheta s-a realizat înainte și după activitate, într-un interval de maxim 3 zile.

Analiza Datelor

Analiza datelor a fost realizată pe baza observației sistematice realizate de doctorandă, a datelor colectate din completarea chestionarelor și a fișelor de evaluare, în vederea obținerii unei perspective complexe asupra impactului activităților STEM/STEAM/ STREAM asupra dezvoltării competențelor acestora.

2.5.3 Rezultate și Discuții

Premergător intervenției formative, prezentată în Studiul 5, au fost realizate cu profesorii atelierele de la 1 până la 10. Aceste ateliere cu tema „Educația STREAM în învățământul primar” au urmărit, pe de o parte, investigarea opiniei cadrelor didactice cu referire la (i) valențele

activităților STEAM și (ii) tematica de abordat în activitățile din intervenția formativă respectiv (iii) prefigurarea structurii activităților propuse elevilor din grupele experimentale în contextul intervenției formative. Atelierele premergătoare au inclus 1049 cadre didactice.

Doctoranda a desfășurat atelierele 11, 12, 13 și 14 împreună cu cadrele didactice, în paralel cu intervenția formativă. Acest demers a facilitat identificarea soluțiilor pentru disfuncționalitățile constatate și realizarea unor ajustări la nivelul activităților derulate în grupele experimentale în cadrul intervenției formative. La aceste ateliere au participat 5986 cadre didactice în activități online și 60 față în față.

În urma chestionarului aplicat s-a realizat o analiză a datelor care a indicat faptul că 22% dintre profesori afirmă că au auzit de STEM, dar doar 18,45% dintre profesori cunosc semnificația abrevierii STEM. Exemplele date relevă faptul că profesorii nu reușesc să facă distincția dintre tehnologie și inginerie la începutul unei activități STEM. Procentul cadrelor didactice care întâmpină dificultăți se menține relativ constant (38,75%).

28,56% dintre respondenți apreciază activitățile STREAM ca fiind interesante la început de atelier și 72,59% la finele acestuia. 54,64% profesori consideră că elevii vor găsi și ei interesante aceste activități, cu rezerva că la clasele pregătitoare, a I-a și a II-a acestea sunt mai greu de pus în practică.

2.5.4 Concluzii

Rezultatele obținute în urma aplicării chestionarelor inițiale și finale, precum și a observațiilor realizate în cadrul atelierelor de lucru STREAM, evidențiază un impact pozitiv al acestor activități asupra dezvoltării profesionale a cadrelor didactice, dar și existența unor lacune conceptuale semnificative. La începutul atelierelor, nivelul de familiaritate cu domeniul STREAM este redus, doar o proporție limitată a profesorilor demonstrând o înțelegere corectă a semnificației conceptului și a componentelor sale. În mod particular, se remarcă dificultăți persistente în delimitarea conceptelor de tehnologie și inginerie, precum și un procent constant al cadrelor didactice care întâmpină dificultăți în abordarea acestor activități.

Pe parcursul atelierelor, se constată o creștere semnificativă a interesului profesorilor față de activitățile STREAM, ceea ce sugerează eficiența acestora în stimularea motivației și deschiderii către abordări inovatoare. De asemenea, percepțiile cadrelor didactice privind

interesul elevilor sunt, în general, pozitive, deși sunt exprimate rezerve legate de aplicabilitatea acestor activități la nivelurile inferioare de școlaritate.

Analiza comparativă a răspunsurilor inițiale și finale indică creșterea nivelului de acord în ceea ce privește rolul activităților STREAM în dezvoltarea competențelor profesionale. Cele mai semnificative progrese se înregistrează în ceea ce privește creativitatea, colaborarea, rezolvarea de probleme și cunoștințele interdisciplinare, ceea ce confirmă valoarea formativă a atelierelor. Cu toate acestea, gândirea critică înregistrează o creștere mai redusă, sugerând necesitatea unor intervenții didactice mai susținute și a unei expuneri mai îndelungate la activități de tip STREAM. Ușoarele scăderi observate la unii itemi pot fi interpretate ca efect al unei recalibrări a percepțiilor cadrelor didactice, care, în urma experienței directe, își evaluează mai realist competențele și impactul activităților.

2.6 STUDIUL 5: INVESTIGAREA EFICIENȚEI ACTIVITĂȚILOR EXPERIMENTALE ÎN CONTEXTE STEM ASUPRA GÂNDIRII CRITICE ȘI PERFORMANȚELOR ȘCOLARE ALE ELEVILOR ÎNVĂȚĂMÂNTUL PRIMAR

2.6.1 Introducere

În baza rezultatelor obținute în cadrul studiilor anterioare, am elaborat un demers investigativ de tip cvasi-experimental, centrat pe analiza impactului activităților experimentale în contexte STEM asupra dezvoltării proceselor cognitive ale elevilor din ciclul primar. Acest demers a condus la formularea întrebării de cercetare, a obiectivelor, ipotezelor și la proiectarea intervenției formative. Prin structura sa metodologică, cercetarea asigură un cadru riguros de analiză a relației dintre intervenția didactică de tip activitatea experimentală în context STEM și dezvoltarea proceselor cognitive ale elevilor, oferind premise solide pentru interpretarea rezultatelor obținute.

În cadrul studiului de față este utilizat un design cvasi-experimental cu grupul de control, bazat pe măsurători de tip pretest- posttest, care permite analiza comparativă a efectelor intervenției formative asupra procesărilor cognitive și performanțelor școlare ale elevilor.

2.6.2 Cadrul teoretic al cercetării

Importanța abilităților de gândire critică se reflectă atât în calitatea raționamentului cât și în capacitatea de formula răspunsuri corecte, aceste două dimensiuni fiind complementare

(Halama & Strizenec, 2004). În acest sens, integrarea sistematică a gândirii critice în procesul de învățare contribuie la organizarea și structurarea cunoștințelor elevilor, facilitând transferul acestora în contexte problematice și susținând identificarea unor soluții eficiente pentru rezolvarea sarcinilor de învățare.

2.6.3 Scop, variabile și ipoteze

În cadrul studiului de față este utilizat un design cvasi-experimental cu grupul de control, bazat pe măsurători de tip pretest- posttest, care permite analiza comparativă a efectelor intervenției formative asupra procesărilor cognitive și performanțelor școlare ale elevilor.

Scopul acestui studiu este de a investiga în ce măsură activitățile experimentale în context STEM contribuie la dezvoltarea gândirii critice și a performanțelor școlare ale elevilor din învățământul primar, prin stimularea capacității de analiză, interpretare, argumentare și rezolvare de probleme în contexte de învățare aplicativ-interdisciplinară.

Totodată, acest studiu urmărește evidențierea impactului acestor activități asupra aplicării active ale elevilor în procesul de învățare, asupra autonomiei cognitive și asupra formării unor competențe cheie.

Obiectivul general al cercetării îl constituie determinarea impactului activităților experimentale în context STEM asupra calității proceselor cognitive ale elevilor din ciclul primar. Realizarea acestui obiectiv a fost posibilă prin implementarea unui program de intervenție formativă, fundamentat pe predarea integrată STEM, care vizează stimularea procesărilor cognitive ale elevilor, în concordanță cu nivelurile taxonomiei lui Bloom (reamintire, înțelegere, aplicare, analiză, evaluare și creare). Intervenția a fost centrată pe învățarea prin descoperire, experiment și reflecție, promovând implicarea activă a elevilor în construcția cunoașterii.

Întrebarea de cercetare a fost următoarea: „În ce măsură activitățile experimentale în context STEM influențează reflecția, gândirea critică și performanțele școlare la disciplina Științe ale naturii în rândul elevilor din ciclul primar?”

Această întrebare vizează nu doar achizițiile cognitive de nivel inferior (reamintire, înțelegere, aplicare), ci mai ales dezvoltarea proceselor cognitive superioare (analiză, evaluare, creare), în acord cu taxonomia lui Bloom revizuită.

Ipoteza generală de la care am pornit în realizarea studiului a fost următoarea: „Implementarea unui program de intervenție bazat pe activități experimentale integrate în context

STEM determină îmbunătățirea semnificativă a nivelului gândirii critice și a performanțelor școlare la disciplina Științe ale naturii, comparativ cu metodele convenționale de predare”.

Din ipoteza generală se desprind următoarele ipoteze specifice:

Ipoteza specifică 1. Elevii din grupul experimental vor obține o performanță mai ridicată la științe comparativ cu elevii din grupul de control.

Ipoteza specifică 2. Activitățile experimentale în context STEM cresc abilitățile de gândire critică ale elevilor.

Ca urmare, studiul realizat a avut următoarele variabile:

Variabila independentă a cercetării este reprezentată de programul de intervenție formativă, fundamentat pe activități experimentale în context STEM și aplicat grupului experimental, în timp ce variabila dependentă este reprezentată de nivelul performanțelor școlare și al procesărilor cognitive ale elevilor, evaluat prin scorurile obținute la testele aplicate pe parcursul cercetării.

Variabila dependentă este reprezentată de nivelul performanțelor școlare, pe de o parte și de gândirea critică, pe de altă parte.

Variabilele de control ale cercetării sunt reprezentate de vârsta elevilor, de nivelul de clasă, curriculum școlar și condițiile de aplicare a testelor, menținute constante pentru a asigura validitatea rezultatelor.

Prin structura sa metodologică, cercetarea asigură un cadru riguros de analiză a relației dintre intervenția didactică de tip activitatea experimentală în context STEM și dezvoltarea proceselor cognitive ale elevilor, oferind premise solide pentru interpretarea rezultatelor obținute.

2.6.4 Metoda

Participanți

Cercetarea experimentală s-a desfășurat pe parcursul anului școlar 2024-2025, implicând elevii din clasele a II-a, a III-a și a IV-a, din două unități de învățământ din mediul urban din județul Sălaj: Școala Gimnazială „Gheorghe Lazăr” Zalău și Școala Gimnazială „Mihai Eminescu” Zalău. Alegerea acestor unități școlare a permis realizarea studiului în contexte educaționale comparabile din punct de vedere curricular și organizatoric.

Eșantionul total a fost constituit din 430 de elevi din clasele a II-a, a III-a și a IV-a, distribuiți în două grupe: un grup experimental (GE = 209 elevi) și un grup de control (GC = 221 elevi). Grupurile au inclus clase cu efective apropiate (între 26 și 32 de elevi), ceea ce a contribuit

la echilibrul metodologic al studiului. Participarea elevilor la acest experiment s-a făcut cu acordul părinților .

În desfășurarea cercetării au fost implicate 14 cadre didactice (inclusiv doctoranda), fiecare responsabil de câte o clasă. Repartizarea elevilor a urmărit menținerea caracterului natural al colectivelor, asigurând în același timp comparabilitatea între grupuri. Structura grupurilor a fost realizată la nivel de clasă, fără reorganizarea elevilor, ceea ce conferă cercetării un caracter cvasi-experimental. În acest context, GE a beneficiat de intervenția formativă bazată pe activități experimentale în context STEM, iar GC a parcurs activitățile didactice prin metode tradiționale.

Colectarea Datelor

Designul experimental (Tabelul 2.6.4) a inclus două momente de evaluare și anume pretestarea și posttestarea, aplicate atât grupului experimental, cât și grupului de control, în condiții similare. În cadrul GE, între momentele de evaluare au fost implementate activități experimentale în context STEM, în timp ce în GC procesul instructiv- educativ s-a desfășurat prin utilizarea metodelor tradiționale de predare, fără introducerea intervenției formative.

Tabelul 2.6.4

Designul experimental

Momentul evaluării Grupul	Pretest	Intervenția formativă	Posttest
Grupul experimental	Proba de evaluare interdisciplinară	Activități experimentale în context STEM	Proba de evaluare interdisciplinară
Grupul de control	Proba de evaluare interdisciplinară	Metoda tradițională	Proba de evaluare interdisciplinară

Evaluarea elevilor s-a realizat prin aplicarea unor teste standardizate, elaborate unitar pentru toate nivelurile de clasă implicate în cercetare și construite în concordanță cu prevederile curriculumului școlar.

În cadrul intervenției formative, strategiile didactice utilizate au integrat metode activ-participative variate, precum experimentul, brainstormingul, rezolvarea de probleme și investigația, contribuind la stimularea implicării cognitive a elevilor. Organizarea activităților a fost flexibilă, alternând în forme de lucru pe grupe, în echipă, frontal și individual, în funcție de specificul sarcinilor de învățare și obiectivele urmărite.

Instrument

Instrumentele de evaluare au constat în două teste: un test inițial (Pretest) aplicat la începutul experimentului și un test final (Posttest) aplicat la finalul experimentului (Anexele D1, D2). Testele au fost adaptate nivelului de dezvoltare cognitivă al elevilor din ciclul primar, au fost pilotate anterior pe un eșantion similar și ulterior revizuite pentru a asigura claritatea, relevanța și validitatea itemilor.

Itemii incluși în testele de evaluare au vizat diferite niveluri ale procesărilor cognitive (Tabel 2.6.5), de la reamintire și înțelegere, până la aplicare, analiză și gândire critică, în acord cu taxonomia lui Bloom. Scorarea testelor a fost realizată obiectiv, prin acordarea unui punct pentru fiecare răspuns corect, punctajul total fiind de opt puncte pentru fiecare instrument de evaluare. Calculul punctajelor a fost realizat pe baza unei matrice de specificații și a unor descriptori de performanță, prezentate în Anexele D1, D2, ceea ce a permis o evaluare riguroasă și comparabilă a rezultatelor.

Tabelul 2.6.5

Clasificarea itemilor de la teste în funcție de procesările cognitive pe care le solicită pentru rezolvare

Tipul procesării cognitive	Pretest	Posttest
<i>Reamintire</i>	Itemul 1	Itemul 1
<i>Reflecție</i>	Itemii 2, 3, 5	Itemii 2, 3, 5
<i>Analiză</i>	Itemul 4	Itemul 4
<i>Aplicare</i>	Itemul 6	Itemul 6
<i>Gândire critică</i>	Itemii 7, 8	Itemii 7, 8

Activitatea didactică (Intervenția formativă)

În etapa inițială a cercetării a fost aplicat Pretestul ambelor grupuri de elevi, la începutul lunii octombrie. Aplicarea testelor s-a realizat în format fizic, în condiții controlate, identice pentru toate grupurile investigate, pentru a asigura comparabilitatea rezultatelor. Testele au fost administrate în cadrul orelor de curs, în condiții unitare pentru toate clasele participante. Durata aplicării a fost de aproximativ 30-40 de minute, fiind adaptată particularităților de vârstă ale elevilor.

Ulterior, în cadrul GE, a fost implementat programul de intervenție formativă, constând în desfășurarea săptămânală a activităților experimentale în context STEM. În paralel, în GC, procesul instructiv-educativ s-a desfășurat prin utilizarea metodelor tradiționale de predare, fără introducerea intervenției.

Programul de intervenție formativă a constatat în implementarea la GE a unui set de 10 activități experimentale în context STEM, pe o perioadă de 20 săptămâni realizate cu frecvență săptămânală (o activitate s-a realizat pe durata a două ore, deci pe parcursul a 2 săptămâni), în cadrul orelor de „Matematică și explorarea mediului” (clasele a II-a) și „Științe ale naturii” (clasele a III-a și a IV-a). Activitățile au fost proiectate într-o manieră interdisciplinară, integrând activități experimentale în context STEM, adaptate nivelului de vârstă al elevilor din ciclul primar (clasele a II-a, a III-a și a IV-a). Activitățile au fost proiectate în concordanță cu conținuturile prevăzute de curriculum național și au urmărit dezvoltarea progresivă a procesărilor cognitive ale elevilor, conform nivelurilor taxonomiei lui Bloom. Temele abordate au vizat explorarea fenomenelor fizice și chimice, investigarea proceselor biologice, precum și dezvoltarea abilităților de observare, analiză, interpretare și argumentare științifică.

Activitățile au fost proiectate pentru a încuraja participarea activă a elevilor în procesul de învățare, să încurajeze formularea de ipoteze, investigarea fenomenelor și reflecția asupra rezultatelor obținute. Activitățile au avut un caracter interdisciplinar, integrând elemente din domeniile științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii, fiind structurate metodic pe etape: identificarea problemei, formularea ipotezelor, realizarea experimentului, observarea și interpretarea rezultatelor, precum și formularea concluziilor. Structura generală a activităților experimentale în context STEM a fost una unitară și a inclus următoarele etape: prezentarea unui material suport (text, resursă audio-video sau situație contextualizată); formularea și analizarea situației- problemă; desfășurarea unor discuții preliminare pe baza cunoștințelor anterioare ale elevilor; identificarea și prezentarea materialelor necesare; realizarea experimentului, conform unor pași clari și bine structurați; formularea concluziilor și extinderea învățării către situații noi; reflecția asupra procesului de învățare și a dificultăților întâmpinate; însușirea și utilizarea unui vocabular științific specific; analiza activității din perspectiva STREAM, prin evidențierea conexiunilor interdisciplinare.

Analiza Datelor

Corelarea itemilor din testele inițiale și finale a permis evaluarea comparativă a progresului elevilor și identificarea impactului intervenției formative asupra dezvoltării cognitive.

Datele obținute în urma aplicării instrumentelor de evaluare au fost supuse unui proces riguros de prelucrare și analiză, în vederea evidențierii impactului intervenției formative asupra performanțelor școlare și procesărilor cognitive ale elevilor.

În prima etapă, răspunsurile elevilor au fost cuantificate prin acordarea unui punct pentru fiecare item rezolvat corect, scorul total pentru fiecare test fiind de 8 puncte. Rezultatele obținute au fost centralizate în tabele de date, separate pentru Pretest și Posttest, atât pentru GE, cât și pentru GC.

2.6.4 Rezultate și Discuții

Deoarece distribuția datelor nu se abate semnificativ de la cea normală și testul t nu este influențat semnificativ de o distribuție ușor atipică, testarea eficienței intervenției s-a realizat prin intermediul testului T student. Prezentăm în continuare rezultatele obținute în urma analizei statistice. Astfel, în Tabelul 2.6.6. sunt prezentate diferențele dintre testele inițiale și cele finale la cele două grupe, experimental și de control.

Exceptând dimensiunea *Interpretare*, diferențele identificate între grupul experimental și grupul de control sunt semnificative din punct de vedere statistic, sugerând impactul intervenției educaționale.

În ceea ce privește scorul total, se observă că la momentul pretestării nu există diferențe semnificative între cele două grupuri ($t = 0,295$, $p = 0,768$), ceea ce indică echivalența inițială a grupurilor, o condiție esențială pentru validitatea internă a studiului. În schimb, la posttestare, grupul experimental înregistrează o creștere semnificativă ($M = 7,47$, $SD = 0,528$, $p < 0,001$), comparativ cu grupul de control ($M = 5,06$), ceea ce sugerează un efect puternic al intervenției.

Pe dimensiunea *Înțelegere*, nu se constată diferențe inițiale semnificative ($p = 0,493$), însă la posttestare apare o diferență semnificativă statistic ($t = 15,113$, $p < 0,001$), în favoarea grupului experimental. Acest rezultat indică faptul că intervenția a contribuit la dezvoltarea proceselor cognitive de nivel mediu, asociate înțelegerii conceptelor.

Pentru dimensiunea *Reamintire*, diferențele sunt mai reduse. Deși la posttestare se observă o semnificație statistică ($p = 0,045$), aceasta este la limită, ceea ce sugerează că intervenția a avut un impact moderat asupra memoriei reproductive, comparativ cu alte dimensiuni cognitive.

În cazul dimensiunii *Aplicare*, nu se identifică diferențe semnificative nici la pretestare ($p = 0,092$), nici la posttestare ($p = 0,245$). Acest rezultat poate indica faptul că transferul cunoștințelor în situații noi este mai dificil de realizat și necesită intervenții mai îndelungate sau strategii didactice suplimentare.

Dimensiunea *Gândire critică* evidențiază cele mai consistente rezultate: de la absența diferențelor semnificative inițiale ($p = 0,138$), la o creștere puternic semnificativă la posttestare

($t = 23,257$, $p < 0,001$). Acest lucru sugerează că intervenția a fost eficientă în dezvoltarea competențelor cognitive superioare, precum analiza, evaluarea și reflecția.

Tabelul 2.6.6

Diferențe pretestare-posttestare GE-GC

Dimensiune	Grup	Pretest				Posttest				
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Total	GE	5,41	1,217	0,295	0,768	7,47	0,528	28,236	0,000	2.703
	GC	5,38	1,128	–	–	5,06	1,145	–	–	
Înțelegere	GE	0,95	0,214	0,687	0,493	0,98	0,352	15,113	0,000	1.448
	GC	0,94	0,244	–	–	0,53	0,263	–	–	
Reamintire	GE	0,85	0,231	0,907	0,365	1,00	0,000	2,014	0,045	0.211
	GC	0,83	0,248	–	–	0,98	0,134	–	–	
Aplicare	GE	0,56	0,345	-1,687	0,092	0,90	0,199	1,164	0,245	-
	GC	0,62	0,353	–	–	0,87	0,220	–	–	
Gândire critică	GE	0,53	0,240	1,485	0,138	0,92	0,190	23,257	0,000	2.217
	GC	0,49	0,239	–	–	0,41	0,264	–	–	

În Tabelul 2.6.14 sunt analizate rezultatele testului *t* pentru eșantioane perechi evidențiază diferențe semnificative statistic între pretest și posttest pentru majoritatea dimensiunilor analizate în cadrul grupului experimental. Pentru scorul total, diferența este puternic semnificativă ($t = -16,345$; $p = 0,000$), indicând o creștere substanțială a performanțelor elevilor la posttest.

Analiza diferențelor dintre pretestare și posttestare pentru GE evidențiază modificări semnificative la nivelul majorității dimensiunilor evaluate, ceea ce indică efectul intervenției didactice (Tabelul 2.6.14).

În ceea ce privește dimensiunea *Reamintire*, nu se constată diferențe semnificative statistic între cele două momente de evaluare, scorurile rămânând relativ constante ($M_{pre} = 0,84$; $M_{post} = 0,83$; $t(62) = 0,241$; $p = 0,811$). Acest rezultat sugerează că intervenția nu a influențat capacitatea de reproducere a informațiilor. În schimb, pentru dimensiunea *Înțelegere*, se observă o creștere semnificativă statistic, elevii obținând scoruri maxime la posttestare ($M_{pre} = 0,87$; $M_{post} = 1,00$; $t(62) = -4,252$; $p < 0,001$). Acest rezultat indică o îmbunătățire clară a capacității de înțelegere conceptuală. Dimensiunea *Gândire critică* înregistrează, de asemenea, o creștere puternică și semnificativă, scorurile crescând considerabil la posttestare ($M_{pre} = 0,44$; $M_{post} = 0,92$; $t(62) = -12,915$; $p < 0,001$). Această evoluție evidențiază dezvoltarea capacităților de analiză, evaluare și reflecție. În mod similar, dimensiunea *Aplicare* prezintă o creștere semnificativă statistic, elevii obținând scoruri mult mai ridicate la posttestare ($M_{pre} = 0,45$;

$M_{post} = 0,95$; $t(62) = -10,718$; $p < .001$), ceea ce indică o îmbunătățire a capacității de transfer și utilizare a cunoștințelor în contexte practice.

Tabelul 2.6.14

Test t intragrup la GE clasa II-a

Dimensiune	Pereche	Diferențe (Pretestare și Posttestare)	SD	SEM	IC 95% inf.	IC 95% sup.	t	df	p (bilat.)
Total	P1	-2,603	1,264	0,159	-2,922	-2,285	-16,345	62	0,000
Înțelegere	P2	-0,040	0,363	0,046	-0,131	0,052	-0,869	62	0,388
Reamintire	P3	-0,198	0,262	0,033	-0,265	-0,132	-6,001	62	0,000
Aplicare	P4	-0,500	0,370	0,047	-0,593	-0,407	-10,718	62	0,000
Gândire critică	P5	-0,480	0,295	0,037	-0,554	-0,406	-12,915	62	0,000

Datele prezentate în Tabelele 2.6.15 și 2.6.16 arată că nu există diferențe semnificative între fete și băieți, genul neinfluențând rezultatele. Compararea celor două tabele evidențiază că, deși statisticile descriptive indică o creștere clară a performanțelor de la pretest la posttest pentru ambele genuri (cu un ușor avantaj al fetelor la posttest), testul t pentru eșantioane independente confirmă că aceste diferențe nu sunt semnificative statistic ($p > 0,05$ atât la pretest, cât și la posttest).

Tabelul 2.6.15

Diferențe de gen la GE clasa II-a

Variabilă	Gen	N	M	SD	SEM
Scor total (Pretestare)	M	32	4,84	1,247	0,220
	F	31	4,84	1,293	0,232
Scor total (Posttestare)	M	32	7,38	0,609	0,108
	F	31	7,52	0,508	0,091

Tabelul 2.6.16

Testul t pentru eșantioane independente în funcție de gen la GE clasa a II-a

Variabilă	Var. egale	F	p	t	df	p (bilat.)	D	SEM dif.
Scor total (Pretestare)	Da	0,053	0,818	0,016	61	0,987	0,005	0,320
	Nu	—	—	0,016	60,714	0,987	0,005	0,320
Scor total (Posttestare)	Da	1,113	0,295	-0,997	61	0,323	-0,141	0,142
	Nu	—	—	-1,000	59,698	0,321	-0,141	0,141

Analiza comparativă a datelor rezultate din statisticile descriptive și din testul t pentru eșantioane independente evidențiază o concordanță clară între tendințele observate la nivelul mediilor și validarea lor statistică în cadrul grupului de control (GC). Diferențele dintre medii

sunt, în general, reduse pentru toate variabilele analizate, atât la pretest, cât și la posttest, ceea ce sugerează o distribuție relativ uniformă a performanțelor elevilor. Aceste variații minore sunt confirmate de valorile nesemnificative ale testului t ($p > 0,05$), indicând faptul că diferențele observate nu au relevanță statistică. În cazul unor variabile, precum reamintirea și aplicarea la pretest, se remarcă diferențe descriptive mai vizibile și valori ale pragului de semnificație apropiate de limita acceptată, însă acestea nu ating nivelul necesar pentru a fi considerate semnificative, sugerând mai degrabă o variabilitate naturală a datelor. În celelalte situații, cum sunt punctajul final, înțelegerea și gândirea critică, atât valorile medii, cât și rezultatele testului inferențial indică o stabilitate accentuată și absența unor diferențe reale între subgrupuri.

În ansamblu, rezultatele confirmă caracterul omogen al grupului de control și susțin ideea că eventualele diferențe identificate în analizele ulterioare pot fi atribuite intervenției didactice, și nu unor discrepanțe inițiale între participanți.

În primul rând, analiza punctajului final indică o creștere semnificativă statistic a performanței globale a elevilor, de la un scor mediu de 5,90 la pretestare la 7,52 la posttestare, diferența fiind susținută de rezultatul testului t ($t(62) = -17,139$; $p < 0,001$). Această evoluție confirmă eficiența intervenției didactice în ansamblu, reflectând o îmbinatățire consistentă a rezultatelor școlare.

La nivelul dimensiunii *Înțelegere*, valorile medii foarte ridicate înregistrate atât la pretest ($M = 0,992$), cât și la posttest ($M = 1,00$) indică existența unui nivel inițial aproape maximal. În acest context, lipsa unei diferențe semnificative statistic ($t(62) = -1,000$; $p = 0,321$) poate fi explicată prin efectul de plafon, care limitează posibilitatea de progres măsurabil.

În ceea ce privește dimensiunea *Reamintire*, se constată o scădere semnificativă statistic a performanței, de la o medie de 1,00 la pretest la 0,84 la posttest ($t(62) = 3,420$; $p = 0,001$). Această diminuare poate fi interpretată în relație cu specificul intervenției, care a favorizat procesele de înțelegere profundă și aplicare, în detrimentul memorării mecanice a informațiilor.

Dimensiunea *Aplicare* evidențiază o creștere semnificativă statistic, de la o medie de 0,714 la pretest la 1,015 la posttest ($t(62) = -4,294$; $p = < 0,001$), ceea ce indică o dezvoltare clară a capacității elevilor de a utiliza cunoștințele în contexte noi. Acest rezultat constituie un indicator relevant al eficienței abordării STEM centrate pe transferul și utilizarea funcțională a cunoștințelor.

Cea mai pronunțată evoluție se înregistrează la nivelul *Gândirii critice*, unde media crește de la 0,497 la 0,972, diferența fiind puternică semnificativă statistic ($t(62) = -10,133; p < 0,001$). Acest rezultată indică dezvoltarea competențelor de analiză, argumentare și evaluare, obiective centrale ale intervențiilor educaționale de tip STEM/STREAM.

În ansamblu, compararea rezultatelor descriptive cu cele inferențiale evidențiază o coerență metodologică: variațiile mediilor sunt confirmate statistic în cazul diferențelor consistente (aplicare, gândire critică, punctaj final, reamintire), în timp ce în cazul diferențelor minime (înțelegere), testul t indică absența semnificației statistice. Acest fapt consolidează validitatea concluziilor privind impactul intervenției formative asupra dezvoltării cognitive a elevilor din grupul experimental.

În cazul punctajului final, datele descriptive indică o scădere a mediei de la 5,25 la 4,79, sugerând o diminuare a performanțelor la posttest. Această tendință este confirmată de testul t , unde diferența este semnificativă statistic ($p = 0,000$), iar intervalul de încredere nu include valoarea 0. Astfel, regresul observat nu este unul întâmplător, ci reflectă o modificare reală a performanțelor.

Pentru dimensiunea *Înțelegere* se observă o creștere semnificativă statistic. Elevii ajung la scor maxim, ceea ce indică îmbunătățirea înțelegerii de bază (posibil și efect de plafon) ($M_{pre} = 0,96 \rightarrow M_{post} = 1,00; t(94) = -2,734; p = 0,007$).

Pentru dimensiunea *Reamintire* se evidențiază o scădere foarte puternică și semnificativă statistic. Elevii pierd capacitatea de a reproduce informații ceea ce este un semnal clar de lipsă de consolidare a învățării ($M_{pre} = 0,99 \rightarrow M_{post} = 0,33; t(94) = 13,604; p < 0,001$).

Pentru dimensiunea *Aplicare*, nu există diferențe semnificative statistic. Capacitatea de aplicare rămâne practic neschimbată, nu apare transferul cunoștințelor ($M_{pre} = 0,56 \rightarrow M_{post} = 0,58; t(94) = -0,445; p = 0,657$).

Pentru dimensiunea *Gândire critică* se observă o creștere semnificativă statistic și astfel elevii își îmbunătățesc moderat capacitatea de analiză și evaluare ($M_{pre} = 0,42 \rightarrow M_{post} = 0,58; t(94) = -6,829; p < 0,001$).

În ansamblu, analiza comparativă relevă o concordanță ridicată între datele descriptive și cele inferențiale, în sensul că toate tendințele observate la nivelul mediilor sunt confirmate statistic acolo unde diferențele sunt consistente. Profilul evoluției în cadrul GC este unul neuniform, caracterizat prin progrese în înțelegere și gândire critică, stabilitate în aplicare și

regres în punctajul final și reamintire, ceea ce sugerează influența unor factori nesistematici și absența unei intervenții didactice coerente care să susțină dezvoltarea echilibrată a tuturor competențelor.

2.6.5 Concluzii

Analiza comparativă a rezultatelor obținute de elevii din grupul experimental și cei din grupul de control evidențiază impactul semnificativ al intervenției didactice bazate pe abordarea integrată STREAM asupra dezvoltării competențelor elevilor.

În cazul grupului experimental, se observă un progres consistent între etapa de pretest și cea de posttest, reflectat atât în îmbunătățirea rezultatelor cantitative, cât și în calitatea răspunsurilor oferite de elevi. Acest progres este asociat utilizării unor strategii didactice centrate pe elev, bazate pe explorare, experiment și integrarea interdisciplinară a conținuturilor, în acord cu modelul 5E și cel elaborat de către doctorandă. Elevii au evidențiat o capacitate superioară de înțelegere a conceptelor, de aplicare a cunoștințelor în contexte noi și de formulare a unor explicații argumentate, ceea ce indică progresul în dezvoltarea gândirii critice și a abilităților de rezolvare de probleme.

Comparativ, în grupul de control, unde procesul didactic s-a desfășurat preponderent prin metode tradiționale, progresul înregistrat a fost mai redus și limitat în special la nivelul achizițiilor de tip reproductiv. Elevii din această grupă au manifestat dificultăți în transferul cunoștințelor și în abordarea sarcinilor deschise, ceea ce sugerează o dezvoltare insuficientă a competențelor de ordin superior.

Un alt aspect relevant este legat de dimensiunea motivațională. Elevii din grupul experimental au manifestat un interes crescut pentru activitățile desfășurate, implicare activă în sarcini și deschidere către colaborare, ceea ce confirmă rolul pozitiv al activităților STREAM în stimularea motivației intrinseci pentru învățare. În schimb, în grupul de control, implicarea elevilor a fost mai redusă și dependentă de cerințele externe ale sarcinilor.

De asemenea, rezultatele sugerează că activitățile experimentale în context STEM facilitează dezvoltarea competențelor interdisciplinare, elevii reușind să realizeze conexiuni între domenii precum științe, tehnologie, inginerie și matematică, precum și dezvoltările acestora

(lectura și artele). Această capacitate de integrare a cunoștințelor este esențială pentru formarea unor competențe relevante în contextul societății contemporane și reprezintă un avantaj clar față de abordările tradiționale fragmentate.

În plus, intervenția didactică a favorizat dezvoltarea competențelor socio-emoționale, precum colaborarea, comunicarea și încrederea în propriile capacități, aspecte observate în mod predominant în cadrul grupului experimental. Aceste rezultate susțin ideea că activitățile bazate pe investigație și experiment creează un mediu de învățare autentic și stimulat.

În concluzie, rezultatele cercetării confirmă ipoteza conform căreia utilizarea activităților experimentale în context STEM, în corelație cu modelul 5E, conduce la îmbunătățirea semnificativă a performanțelor elevilor, atât la nivel cognitiv, cât și motivațional și comportamental, în comparație cu metodele tradiționale utilizate în grupul de control. Astfel, intervenția propusă se dovedește a fi eficientă și relevantă pentru optimizarea procesului instructiv-educativ în învățământul primar.

CAPITOLUL 3. CONCLUZII ȘI DISCUȚII GENERALE

3.1 Concluzii generale

Rezultatele cumulate ale celor 5 studii configurează o imagine coerentă asupra relevanței și eficienței abordărilor STEM/STEAM/STREAM în învățământul primar, atât din perspectiva actorilor educaționali implicați cât și din perspectiva impactului asupra proceselor de învățare și dezvoltare a elevilor. În ansamblu, cercetarea confirmă faptul că integrarea abordărilor de tip STREAM reprezintă nu doar o alternativă metodologică inovatoare, ci un cadru educațional cu potențial semnificativ pentru dezvoltarea competențelor necesare secolului XXI.

O primă concluzie generală evidențiază existența unui climat favorabil implementării educației integrate reflectat în atitudinile pozitive ale cadrelor didactice față de abordările STEM/STEAM/STREAM. Studiul 1 relevă deschiderea profesorilor către utilizarea strategiilor interdisciplinare și recunoașterea valorii acestora în stimularea interesului elevilor, în dezvoltarea gândirii critice și în formarea unor competențe relevante pentru societatea bazată pe cunoaștere. Totodată, rezultatele indică faptul că această deschidere este însoțită de conștientizarea unor provocări reale privind implementarea, ceea ce subliniază necesitatea susținerii sistemice a acestor demersuri.

O a doua concluzie majoră derivă din analiza formării inițiale a viitoarelor cadre didactice și evidențiază faptul că interesul și disponibilitatea pentru abordări integrate nu sunt suficiente în absența unei fundamentări conceptuale solide și a competențelor de proiectare interdisciplinară. Studiul 2 arată că deși studenții valorizează principiile STREAM, există dificultăți în operaționalizarea acestora în proiecte didactice coerente. Acest rezultat sugerează că implementarea autentică a educației integrate depinde nu doar de atitudini favorabile, ci și de calitatea formării inițiale și continue.

O altă concluzie importantă privește impactul formativ al activităților STREAM asupra elevilor. Studiile 3, 4 și 5 converg în a demonstra că experiențele de învățare bazate pe investigație, experiment și integrare interdisciplinară contribuie la dezvoltarea motivației pentru învățare, a competențelor cognitive superioare, a creativității, colaborării și gândirii critice. Mai mult, datele experimentale confirmă superioritatea intervențiilor formative bazate pe modelul 5 E și pe activități experimentale în raport cu practicile tradiționale atât la nivelul performanțelor școlare, cât și al transferului și aplicării cunoștințelor.

Rezultatele evidențiază, de asemenea, faptul că dezvoltarea gândirii critice și a competențelor interdisciplinare nu apare spontan, ci necesită contexte pedagogice deliberate, structurate în jurul problemelor autentice, investigației și reflecției. În această perspectivă, cercetarea susține ideea că activitățile experimentale în contexte STREAM pot funcționa ca medii formative privilegiate pentru dezvoltarea unor competențe complexe, dificil de cultivat prin abordări disciplinare fragmentate.

În același timp, concluziile generale ale cercetării evidențiază existența unor provocări persistente: insuficienta pregătire pentru integrarea dimensiunii ingineresti și tehnologice, dificultățile elevilor în formularea ipotezelor și a întrebărilor de cercetare, precum și decalajele dintre valorizarea teoretică a abordărilor integrate și implementarea lor efectivă. Aceste aspecte indică faptul că eficiența educației STREAM este condiționată de existența unor ecosisteme educaționale favorabile, care includ curriculum flexibil, resurse adecvate, formare profesională și modele pedagogice validate.

În ansamblu, cercetarea confirmă ipoteza generală conform căreia abordările integrate STEM/STEAM/STREAM, susținute prin activități experimentale și intervenții formative structurate, au potențialul de a optimiza procesul instructiv-educativ în învățământul primar, contribuind simultan la dezvoltarea performanțelor școlare, a gândirii critice și a competențelor transversale existențiale.

3.2 Implicații teoretice

Rezultatele cercetării aduc contribuții relevante la dezvoltarea cadrului didactic teoretic privind educația STEM/STEAM/STREAM în învățământul primar consolidând și extinzând perspectivele constructiviste, socioconstructiviste și inquiry-based learning (învățare bazată pe investigație) asupra învățării. O primă implicație teoretică constă în validarea ideii că abordările integrate reprezintă contexte privilegiate pentru articularea relației dintre cunoașterea disciplinară și dezvoltarea competențelor de ordin superior.

Datele obținute susțin premisele teoretice formulate în paradigma constructivistă, potrivit căreia învățarea este rezultatul interacțiunii active dintre elev și mediul de investigare, iar cunoașterea se construiește prin explorare, problematizare și reflecție. În acest sens, rezultatele oferă suport empiric pentru modelele de tip learning-cycle (ciclul de învățare) și 5 E, demonstrând relevanța acestora pentru dezvoltarea gândirii critice și a transferului cognitiv în contexte integrate.

O contribuție importantă a cercetării vizează clarificarea raportului dintre integrarea disciplinară și dezvoltarea competențelor interdisciplinare. Rezultatele sugerează că simpla justapunere a conținuturilor din mai multe domenii nu garantează caracterul autentic integrat al unei activități, ci este necesară existența unor concepte integratoare, a unor probleme autentice și a unor procese cognitive complexe care să susțină coerența demersului. Această constatare contribuie la rafinarea conceptuală a educației STREAM delimitând integrarea autentică de forme superficiale sau aditive de interdisciplinaritate.

Totodată, cercetarea aduce contribuții privind conceptualizarea rolului dimensiunii experimentate în cadrul educației integrate. Rezultatele susțin ideea că activitățile experimentale nu reprezintă doar metode de predare, ci și contexte epitemice prin care elevii dezvoltă practici specifice gândirii științifice: formularea ipotezelor, argumentarea bazată pe dovezi, modelarea și rezolvarea de probleme. În această perspectivă, cercetarea contribuie la consolidarea relației dintre educația STEM și dezvoltarea alfabetizării științifice.

O altă implicație teoretică derivă din accentul pus asupra gândirii critice ca dimensiune transversală a abordărilor STREAM. Rezultatele susțin tratarea gândirii critice nu doar ca rezultat al instruirii, ci ca mecanism central al învățării integrate mediat prin investigație, reflecție și argumentare. Această perspectivă contribuie la articularea unui cadru teoretic cât mai coerent privind relația dintre STEM și dezvoltarea competențelor cognitive superioare.

De asemenea, studiile evidențiază relevanța articulării cadrului STREAM cu perspective diferențiate asupra învățării, inclusiv prin raportare la Teoria Inteligențelor Multiple și la pedagogiile centrate pe elev. Astfel, cercetarea susține extinderea discursului teoretic despre educația integrată dincolo de personalizarea experiențelor educaționale.

Prin ansamblul acestor rezultate, cercetarea contribuie la consolidarea fundamentelor teoretice ale educației STREAM în învățământul primar și oferă repere conceptuale pentru dezvoltarea unor modele explicative privind relația dintre integrarea curriculară, experiment, gândire critică și performanță școlară

3.3 Implicații practice

Din perspectiva aplicativă, rezultatele cercetării generează implicații relevante pentru practica didactică, formarea cadrelor didactice și politicile educaționale. O primă implicație practică vizează necesitatea integrării sistematice a abordărilor STEM/STEAM/STREAM în

activitățile curriculare din învățământul primar, nu ca experiențe punctuale sau extracurriculare, ci ca parte constructivă a demersului instructiv- educativ.

Rezultatele sugerează că proiectarea activităților bazate pe investigație, experiment și rezolvare de probleme autentice poate deveni o strategie eficientă pentru creșterea motivației elevilor, dezvoltarea performanțelor școlare și stimularea competențelor interdisciplinare. În acest sens cercetarea oferă argumente pentru valorificarea modelelor didactice de tip 5 E și a secvențelor experimentale integrate ca repere metodologice pentru practica la clasă.

O implicație practică majoră privește formarea inițială și continuă a cadrelor didactice. Rezultatele evidențiază necesitatea dezvoltării unor programe formative orientate explicit spre proiectarea activităților STREAM, integrarea dimensiunii ingineresti și tehnologice, utilizarea experimentului didactic și dezvoltarea competențelor de facilitare a investigației. În acest sens, programul formativ propus în cadrul cercetării poate funcționa ca model de intervenție transferabil în contexte similare.

Cercetarea indică, de asemenea, importanța dezvoltării unor resurse pedagogice concrete: ghiduri metodologice, exemple de bune practici, scenarii integrate, kituri experimentale și resurse digitale, care să reducă barierele percepute de cadrele didactice în implementarea abordărilor integrate. Această direcție este esențială mai ales în contextul dificultăților identificate privind timpul de proiectare, resursele și dimensiunea inginerască a activităților.

La nivelul practicilor de evaluare, rezultatele sugerează necesitatea extinderii evaluării dincolo de achizițiile reproductive, către instrumente capabile să surprindă progresul în gândire critică, colaborare, creativitate și rezolvare de probleme. Astfel, cercetarea susține utilizarea evaluărilor autentice, a sarcinilor investigative și a instrumentelor formative ca modalități adecvate de evaluare în contexte STREAM.

O altă implicație practică vizează proiectarea curriculumului. Rezultatele argumentează necesitatea unui curriculum mai flexibil, care să permită abordări interdisciplinare autentice, conexiuni între discipline și integrare sistematică a investigației și experimentului în activitățile școlare. În același timp, ele sugerează oportunitatea includerii educației STREAM și a practicilor investigative în programele de dezvoltare instituțională și în politicile de inovare curriculară.

Nu în ultimul rând, cercetarea are implicații pentru cultura organizațională a școlii, sugerând necesitatea construirii unor comunități de practică și a unor contexte colaborative în care profesorii să poată proiecta, implementa și reflecta asupra activităților integrate. O astfel de

perspectivă transformă educația STREAM dintr-o inițiativă individuală, într-un demers instituțional sustenabil.

Prin urmare, implicațiile practice ale cercetării depășesc nivelul intervenției punctuale și susțin dezvoltarea unui model educațional în care activitățile experimentale în context STEM/STEAM/STREAM devin instrumente de transformare a practicii didactice și de optimizare a educației primare.

3.4 Limitele cercetărilor

Prezenta lucrare, deși oferă rezultate relevante privind eficiența abordării activităților experimentale în context integrat STEM/STEAM/STREAM în învățământul primar, prezintă o serie de limite ce trebuie avute în vedere în interpretarea și generalizarea concluziilor.

În primul rând, dimensiunea și structura eșantioanelor reprezintă o limită, întrucât studiile au fost realizate pe un număr relativ restrâns de participanți, provenind din contexte educaționale specifice. Acest aspect poate influența gradul de generalizare a rezultatelor la nivelul întregii populații școlare.

În al doilea rând, durata intervențiilor formative a fost limitată, ceea ce nu permite surprinderea în totalitate a efectelor pe termen lung ale activităților experimentale în context STEM/STEAM/STREAM asupra dezvoltării competențelor elevilor. Este posibil ca unele beneficii să devină mai evidente doar în urma unei aplicări îndelungate.

O altă limită este legată de variabilele externe necontrolate, precum diferențele individuale dintre elevi, stilurile de predare ale cadrelor didactice sau nivelul de implicare al acestora, care pot influența rezultatele obținute.

De asemenea, instrumentele de evaluare utilizate pot constitui o limită, întrucât, deși au fost concepute pentru a surprinde competențele vizate, evaluarea unor dimensiuni precum gândirea critică sau creativitatea rămâne complexă și dificil de cuantificat în mod exhaustiv.

Un alt aspect îl reprezintă posibila influență a efectului de noutate, elevii din grupul experimental putând manifesta un nivel mai ridicat de interes și implicare datorită caracterului inovator al activităților, ceea ce poate amplifica temporar rezultatele.

În plus, dependența de competențele și pregătirea cadrului didactic în implementarea activităților experimentale în context STEM/STEAM/STREAM poate influența eficiența intervenției, ceea ce face dificilă replicarea exactă a rezultatelor în alte contexte educaționale fără o formare adecvată a profesorilor.

Nu în ultimul rând, cercetarea nu a urmărit în detaliu diferențele individuale ale elevilor (de exemplu, profilul de inteligențe multiple), ceea ce ar putea furniza o perspectivă mai nuanțată cu privire la modul în care diferiți elevi răspund la acest tip de abordare didactică.

În consecință, rezultatele trebuie interpretate cu prudență, iar validarea acestora necesită studii suplimentare, desfășurate pe eșantioane mai largi și în contexte educaționale variate.

3.3 Direcții viitoare de cercetare

Rezultatele obținute în cadrul prezentei cercetări deschid o serie de perspective relevante pentru dezvoltări ulterioare în domeniul educației STEM/STEAM/STREAM.

O primă direcție vizează extinderea studiului pe eșantioane mai mari și mai diverse, incluzând elevi din medii educaționale diferite (urban/rural), pentru a verifica generalizabilitatea rezultatelor și pentru a evidenția eventuale diferențe contextuale în eficiența abordării STEM/STEAM/STREAM.

O altă direcție importantă o constituie realizarea unor studii longitudinale, care să urmărească impactul pe termen lung al activităților experimentale în context STEM/STEAM/STREAM asupra dezvoltării competențelor elevilor, în special asupra gândirii critice, creativității și orientării către cariere STEM.

De asemenea, se impune investigarea rolului formării cadrelor didactice în implementarea eficientă a abordării STEM/STEAM/STREAM, prin analiza relației dintre nivelul de pregătire al profesorilor și calitatea activităților desfășurate la clasă. În acest sens, pot fi dezvoltate și evaluate programe de formare continuă dedicate.

O direcție complementară este reprezentată de integrarea tehnologiilor digitale emergente (realitate augmentată, inteligență artificială, platforme interactive) în activitățile STEM/STEAM/STREAM, pentru a analiza modul în care acestea pot amplifica implicarea elevilor și eficiența procesului de învățare.

Totodată, cercetările viitoare ar putea explora relația dintre abordarea STEM/STEAM/STREAM și teoria inteligențelor multiple, analizând în ce măsură activitățile integrate contribuie la dezvoltarea diferitelor tipuri de inteligență și la personalizarea învățării.

O altă direcție relevantă constă în analiza impactului asupra competențelor socio-emoționale, precum colaborarea, comunicarea și autoreglarea, aspecte esențiale pentru adaptarea elevilor la cerințele societății actuale.

În plus, se recomandă investigarea modalităților de evaluare a competențelor dezvoltate prin activități experimentale în context STEM/STEAM/STREAM, prin elaborarea unor instrumente de evaluare autentice, capabile să surprindă nu doar rezultatele, ci și procesele de învățare.

În final, o direcție de interes o reprezintă analiza integrării activităților experimentale în context STEM în curriculumul național, identificând barierele și oportunitățile existente la nivel de politici educaționale și propunând modele de implementare sustenabilă.

ANEXE

Anexa A1

Chestionar privind percepțiile cadrelor didactice asupra educației STEM/STEAM/STREAM

A. Informații generale

Vă rugăm să răspundeți la fiecare întrebare

A1. Genul :

- ☐ Feminin
- ☐ Masculin

A2. Vârsta:

- ☐ 20-24 ani
- ☐ 25-29 ani
- ☐ 30 -35 ani
- ☐ 35-39 ani
- ☐ 40-49 ani
- ☐ 50-59 ani
- ☐ peste 60 ani

A3. Studii absolvite

- ☐ Liceu
- ☐ Licență
- ☐ Masterat
- ☐ Doctorat

A4. Experiența didactică

- ☐ Mai puțin de 5 ani
- ☐ Între 6 și 10 ani
- ☐ Între 11 și 20 de ani
- ☐ Între 21 și 30 de ani
- ☐ Peste 31 de ani

A5. Gradul didactic

- ☐ Fără grad didactic
- ☐ Definitivat

- Gradul II
- Gradul I

A6. Școala/școlile la care predați sunt situate în zonă

- rurală
- urbană
- rurală și urbană

B. Întrebări referitoare la relația TIM cu practica școlară

B1	Item	Da	Nu	Nu știu
1	Credeți că actualul curriculum școlar sprijină valorificarea TIM (Teoria Inteligențelor Multiple) în practica școlară?			
2	Cunoașteți profilul TIM (Teoria Inteligențelor Multiple) al elevilor din clasa dumneavoastră?			
3	Credeți că dacă ați cunoaște tipul de inteligență predominant în clasa dumneavoastră ați reuși să faceți lecții mai atractive pentru elevi?			
4	Credeți că dacă ați cunoaște tipul de inteligență predominant în clasa dumneavoastră ați reuși să faceți lecții mai eficiente?			
5	Ați sesizat în manualele școlare sau alte documente curriculare preocupări pentru valorificarea TIM în activitățile didactice propuse?			
6	Valorificarea TIM în activitățile didactice conduce la rezultate școlare mai bune?			

B2. Cum ați îmbunătăți calitatea actului educațional dacă ați cunoaște tipul de inteligență predominant a clasei dumneavoastră?

.....

C. Întrebări referitoare la integrarea activităților STEM/STEAM/STREAM în practica educațională

C1. Ați realizat până acum activități integrate de tip STEM (Științe, Tehnologie, Inginerie, Matematică)/ STEAM (Științe, Tehnologie, Inginerie, Arte și Matematică)/ STREAM (Științe, Tehnologie, Lectură, Inginerie, Arte și Matematică)?

- Da
- Nu

C2. Care este în opinia dumneavoastră privind educația de tip STEM/ STEAM / STREAM? Vă rugăm să apreciați, pe o scală de la 1 la 5, gradul dumneavoastră de acord cu referire la fiecare item (1 - dezacord total; 2 - dezacord parțial; 3 - nici acord, nici dezacord; 4 - acord parțial; 5 - acord total) *

Item		1	2	3	4	5
1	Cadrele didactice trebuie să promoveze interesul elevilor pentru disciplinele STEM/ STEAM / STREAM					
2	Profesorii ar trebuie să facă cursuri de formare privind aplicarea curriculumului STEM					
3	Pentru a realiza activități integrate STEM/STREAM profesorii ar trebui să aibă o cultură generală foarte vastă					
4	Cadrele didactice ar trebui să stimuleze interesul elevilor pentru abordările integrate STEM/ STEAM / STREAM					
5	Este bine ca profesorii să dezvolte elevilor o viziune integratoare asupra domeniilor STEM/ STEAM / STREAM					
6	Elevii capabili de performanțe deosebite în domeniile STEM/ STEAM / STREAM sunt interesați de aceste domenii					
7	Elevii cu performanțe superioare în domeniile STEM/ STEAM / STREAM gândesc logic					
8	Elevii cu performanțe superioare în domeniile STEM/ STEAM / STREAM gândesc critic					
9	Elevii cu performanțe superioare în domeniile STEM/ STEAM / STREAM sunt curioși					
10	Elevii cu performanțe superioare în domeniile STEM/ STEAM / STREAM au o cultură generală vastă					
11	Elevii cu performanțe superioare în domeniile STEM/ STEAM / STREAM se vor integra mai ușor în societatea modernă					

D. Întrebări referitoare modul de desfășurarea activităților integrate STEM/STEAM/STREAM.

D1. Credeți că actualul curriculum școlar încurajează realizarea de activități integrate STEM (Științe, Tehnologie, Inginerie, Matematică)/STEAM (Științe, Tehnologie, Inginerie, Arte și Matematică) / STREAM (Științe, Tehnologie, Lectură, Inginerie, Arte și Matematică)

- Da
- Nu
- Nu știu

D2. Care este în opinia dumneavoastră privind educația de tip STEM/ STEAM / STREAM? Vă rugăm să apreciați, pe o scală de la 1 la 5, gradul dumneavoastră de acord cu referire la fiecare item (1 - dezacord total; 2 - dezacord parțial; - nici acord, nici dezacord; 4 - acord parțial; 5 - acord total) *

Item		1	2	3	4	5
1	Abordările STEM/ STEAM / STREAM sunt greu de realizat în ciclul primar					
2	Manualele pentru învățământul primar nu au activități integrate STEM/ STEAM / STREAM					
3	Elevii din învățământul primar nu sunt pregătiți (cognitiv sau					

	atitudinal) să se implice în activități integrate de tip STEM/ STEAM / STREAM					
4	Activitățile integrate de tip STEM/ STEAM / STREAM ar trebui să se desfășoare doar în laboratoare					
5	Activitățile integrate de tip STEM/ STEAM / STREAM ar trebui să se desfășoare doar în aer liber					
6	Activitățile integrate de tip STEM/ STEAM / STREAM se pot realiza și în sala de clasă					

D3. Eu realizez activități STEAM/ STREAM /STREAM

- Zilnic
- De mai multe ori pe săptămână
- De câteva ori pe lună
- O dată pe lună
- Alt răspuns

Detaliați frecvența cu care faceți activități STEM/STEAM/STREAM dacă ați ales opțiunea „Alt răspuns”, în caz contrar puneti linie.

.....

E. Vă rugăm să apreciați, pe o scară de la 1 la 5, gradul dumneavoastră de acord cu referire la fiecare item (1 - dezacord total; 2 - dezacord parțial; 3 - nici acord, nici dezacord; 4 - acord parțial; 5 - acord total) *

Item		1	2	3	4	5
1	Cel mai dificil este să predau cunoștințe de: Științe					
2	Cel mai dificil este să predau cunoștințe de: Tehnologie					
3	Cel mai dificil este să predau cunoștințe de: Inginerie					
4	Cel mai dificil este să predau cunoștințe de: Arte					
5	Cel mai dificil este să predau cunoștințe de: Matematică					
6	Cel mai dificil este să predau cunoștințe de: Lectură					
7	Mi se pare ușor să proiectez activități de tip integrat STEM/ STEAM /STREAM					
8	Mi se pare important să realizez activități de tip integrat STEM/ STEAM /STREAM la clasă					
9	Integrarea sistematică a elevilor în activități integrate de tip STEM/ STEAM /STREAM conduce la creșterea performanțelor lor școlare					
10	Proiectarea activităților STEM/STEAM/STREAM ținând seama de profilul TIM al clasei este o activitate ușoară pentru profesor					
11	Performanțele școlare ale elevilor care participă sistematic la activități integrate STEM/STAM/STREAM sunt superioare celor obținute dacă nu ar participa					

F. Cele mai înalte performanțe școlare se obțin atunci când elevii sunt implicați în (atribuiți un loc fiecărei situații, locul 1 fiind cel mai important)

Item		I	II	III
1	În activități didactice care iau în considerare profilul TIM al clasei			
2	În activități integrate STEM/STEAM/STREAM care țin seama de profilul TIM al clasei			
3	In activități integrate STEM/STEAM/STREAM			

Indicați adresa de mail dacă doriți să primiți rezultatele anchetei

.....

Anexa D1

Testări inițiale elevi (pretest) clasele II- IV

Pretestare clasa a III-a

Nume prenume elev

Clasa

Data

1. Ca să ne păstrăm sănătatea trebuie să avem grijă:

- a) Să mâncăm sănătos și să facem mișcare.
- b) Să fim curați și să bem multe lichide.
- c) Să avem o alimentație sănătoasă, să facem mișcare și să ne păstrăm lucrurile curate.

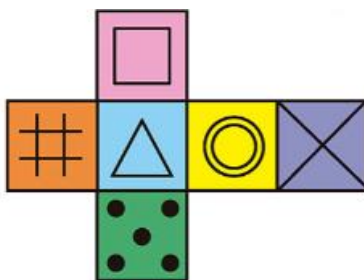
2. Învelișul de aer al Pământului se numește:

- a) Ozon;
- b) Atmosferă;
- c) Văzduh.

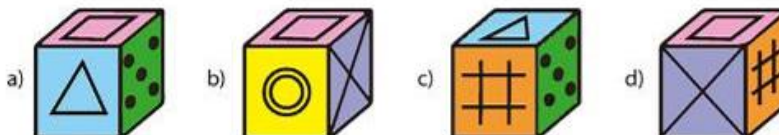
3. Care dintre cei 3 elevi au dreptate:

- a) Ana spune : „Uscatul ocupă cea mai mare suprafață a Pământului”.
- b) Andrei spune: „Dealurile au culmi rotunjite”.
- c) Mihai spune: „Capra neagră trăiește în zona de câmpie”.

4. Pe fețele unui cub au fost desenate forme geometrice. În desenul de mai jos se află desfășurarea cubului.



Care dintre următoarele cuburi nu poate fi construit pe baza desfășurării date?



5. Animalele din imagine trăiesc:

- a) La Polul Sud.
- b) În Europa.

c) La Polul Nord.



6. De ce Luna ni se arată diferit pe cer: când plină, când pe jumătate?

- a) Datorită poziției Lunii în raport cu Soarele.
- b) Datorită poziției Lunii în raportul cu Pământul și Soarele.
- c) Datorită poziției Lunii în raport cu Pământul.

7. Ai 2 plante în ghiveci. Una dintre ele va fi pusă într-o cameră lângă perete, cealaltă va fi pusă pe pervazul de la fereastră. Care dintre cele două plante crezi că va crește și se va dezvolta?

- a) Ambele plante vor crește și se vor dezvolta.
- b) Planta de pe pervazul geamului deoarece are lumină, căldură, apă și aer.
- c) Planta din cameră, deoarece, chiar dacă are mai puțină lumină, are căldură, aer și este udată zilnic.

8. Ai 3 paralelipede confecționate din lemn, fier și cupru. Care dintre ele sunt atrase de un magnet?

- a) Paralelipipedul confecționat din cupru.
- b) Paralelipipedul confecționat din lemn.
- c) Paralelipipedul confecționat din fier.

Variante de răspuns:

1- c

2- b

3- b

4- c

5- c

6- b

7- b

8- c

Pentru fiecare item cu răspuns corect se acordă 1 punct. Punctaj final 8.

Anexa D2

Testări finale elevi (posttest) clasele II-IV

Posttestare clasa a III-a

Nume elev

Clasa

Data

1. Ai o lumânare aprinsă, un borcan și un cronometru. Acoperi lumânarea cu borcanul. Ce observi?

- a) Flacăra devine mai mare.
- b) Flacăra se va stinge după un timp.
- c) Flacăra continuă să ardă mult timp.

2. Ai două plante identice. Una o pui lângă fereastră la lumină, iar cealaltă într-un dulap întunecat. Le uzi la fel timp de o săptămână. După acest timp, plantele arată diferit. Alege varianta de răspuns care explică cel mai corect fenomenul.

- a) Plantele au crescut diferit pentru că temperatura mediului afectează deloc creșterea lor.
- b) Plantele au crescut diferit pentru că la fereastră e mai cald și pământul din ghiveci se usucă.
- c) Plantele au crescut diferit pentru că lumina este esențială pentru fotosinteză, iar planta din dulap nu primește lumină suficientă.

3. Ai două pahare: unul cu apă rece, altul cu apă caldă. Pui câte o linguriță de sare în fiecare. În care se dizolvă mai repede?

- a) Sarea se va dizolva mai repede în paharul cu apă rece.
- b) Sarea se va dizolva în paharul cu apă caldă.
- c) Sarea se va dizolva în același timp în ambele pahare.

4. Ce se întâmplă dacă pui flacăra unei lumânări sub un pahar de plastic care conține apă?

- a) Căldura flăcării topește paharul și apa curge.
- b) Apa din pahar se încălzește pentru că ia căldura de la flăcără, iar paharul nu se topește, deoarece apa îl protejează și nu îl lasă să se încălzească prea tare.
- c) Paharul nu se topește chiar dacă apa se evaporă complet din el.

5. Într-o farfurie de carton pui 2-3 picături din acuarele de culori diferite și 2 agrafe de birou. Sub farfurie pui un magnet. Explică de ce agrafele s-au mișcat, iar acuarela nu.

- a) Agrafele s-au mișcat pentru că sunt din metal, iar magnetul atrage metalul; acuarela nu se mișcă pentru că nu este magnetizată.
 - b) Dacă agrafele s-au mișcat a fost din întâmplare; acuarela nu se mișcă pentru că este lipicioasă.
 - c) Agrafele și acuarela s-au mișcat amestecând culorile pentru că acuarela se magnetizează și ea.
6. Ce se întâmplă dacă freci un balon de un pulover și îl apropii de fire de păr?
- a) Nu se întâmplă nimic .
 - b) Firele de păr sunt atrase de balon.
 - c) Firele de păr se încrețesc.
7. Ai două farfurii: pe una pui o bucată de măr proaspăt și pe cealaltă o bucată de măr stropit cu zeamă de lămâie. Le lași afară o oră. Care bucată se oxidează (se înnegrește) mai repede?
- a) Bucata de măr proaspăt se va oxida mai rapid.
 - b) Ambele se înnegresc la fel.
 - c) Bucata de măr cu zeamă de lămâie se va oxida mai rapid.
8. Adaugi câte o picătură de cerneală în trei pahare: unul cu apă rece, unul cu apă caldă și unul cu apă la temperatura camerei. În care pahar cerneala se răspândește cel mai repede?
- a) În paharul cu apă rece.
 - b) În paharul cu apa la temperatura camerei.
 - c) În paharul cu apă caldă.
 - d)

Variante de răspuns:

- 1- b
- 2- c
- 3- b
- 4- b
- 5- a
- 6- b
- 7- a
- 8- c

Pentru fiecare item cu răspuns corect se acordă 1 punct. Punctaj final 8.

Anexa D4

Activități experimentale în context STREAM clasa a III-a

Fișa 1

Testul celor două pahare identice

1. *Prezentarea textului* din manualul de „Științe ale naturii”, editura Intuitext, pagina 55:

” Zilnic observi și utilizezi obiectele din jurul tău. Știi deja că toate obiectele nu sunt la fel. Unele dintre ele sunt tari (bilele pentru jocul de biliard), altele sunt moi (plastilina). Aceste corpuri se află în stare solidă. Corpurile aflate în stare solidă au formă și volum propriu.

Sunt corpuri care curg mai repede (apa, laptele, cerneala) sau mai greu (mierea de albine). Aceste corpuri se află în stare lichidă. Corpurile lichide curg și iau forma vasului în care sunt turnate. Lichidele au volum propriu, dar nu au forma proprie.

Vaporii de apă care se formează deasupra oalei în care fierbe apa sunt corpuri gazoase. Acestea nu au forme proprii și nici volumul propriu, ocupând tot spațiul în care se află. ”

2. *Problema:* Ce se întâmplă cu corpurile lichide când sunt transferate dintr-un vas în altul?

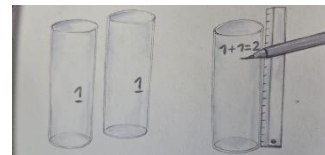
3. *Ce știu:* Corpurile care se află în stare lichidă iau forma vasului în care sunt turnate, ele nu au volum sau formă proprie.

4. *Materiale necesare:*

- 3 pahare mici (500 ml fiecare)
- apă (500 ml)
- o sticlă de spirt medicinal (500 ml)
- o riglă (minim 15 cm)
- un marker permanent

5. *Pași de urmat:*

- a) Măsoară cu o riglă înălțimea paharului în care vei turna apa. Când ajungi la înălțimea de 6 cm trasează o linie cu markerul.
- b) Procedează la fel și cu celălalt pahar, în care vei turna alcoolul (spirtul medicinal). Când ai marcat liniile pe ambele pahare, scrie pe ele numărul 1.



- c) Pe al treilea pahar, măsoară 12 cm de la fundul paharului și notează în acel loc $1+1=2$. Acest lucru reprezintă că ai măsurat câte 6 cm de la celelalte pahare și la fel precum $6+6=12$ și $1+1=2$
- d) Toarnă niște alcool într-unul dintre pahare astfel încât să ajungi la semnul de 6 cm. Cel mai bine este să te apleci puțin ca să vezi semnul la nivelul ochilor.
- e) Toarnă apă caldă până la semnul marcat pe celălalt pahar numerotat cu 1. Apa nu trebuie să fie fiartă, se poate folosi apa caldă de la robinet.
- f) Toarnă apoi pe rând ambele lichide din fiecare pahar (cel cu apă, apoi cel cu alcool) în paharul pe care este scris $1+1=2$.

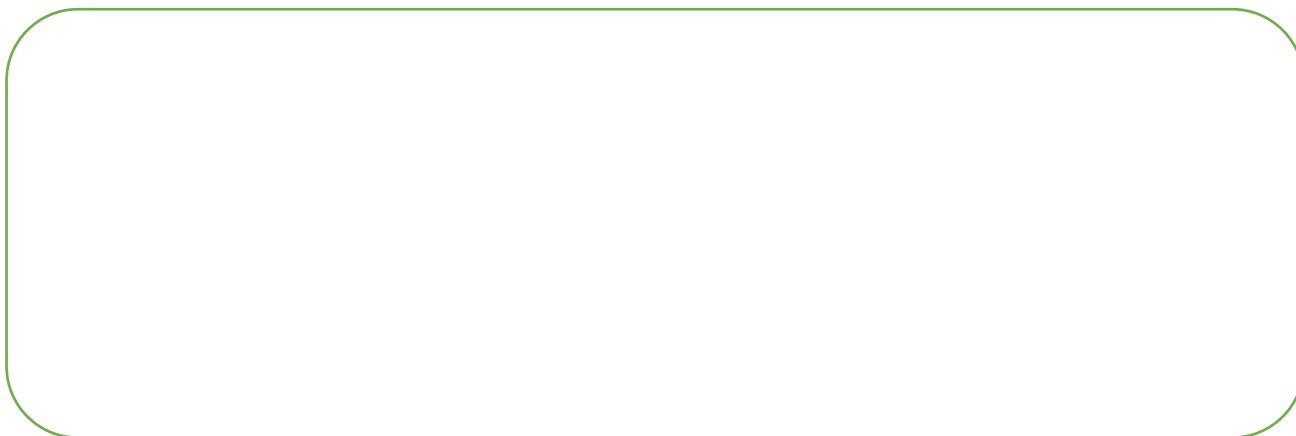
6. Ce se întâmplă?

Ce observi? Acumularea celor 2 lichide au atins linia marcată pe al treilea pahar?

Oare are vreo legătură cu bulele pe care le vezi în amestecul celor două lichide sau este vina apei călduțe?

7. Răspuns elev

8. Redă prin desen ceea ce ai experimentat și rezultatul obținut în urma experimentului realizat



9. Concluzii și direcții de dezvoltare

Formulează răspunsuri la următoarele întrebări:

- Cum poți construi un sistem de filtrare a apei ? Ce fel de materiale ai avea nevoie?

.....

10. Reflecție

- Enumeră trei acțiuni pe care le-ai realizat în cadrul acestei activități.

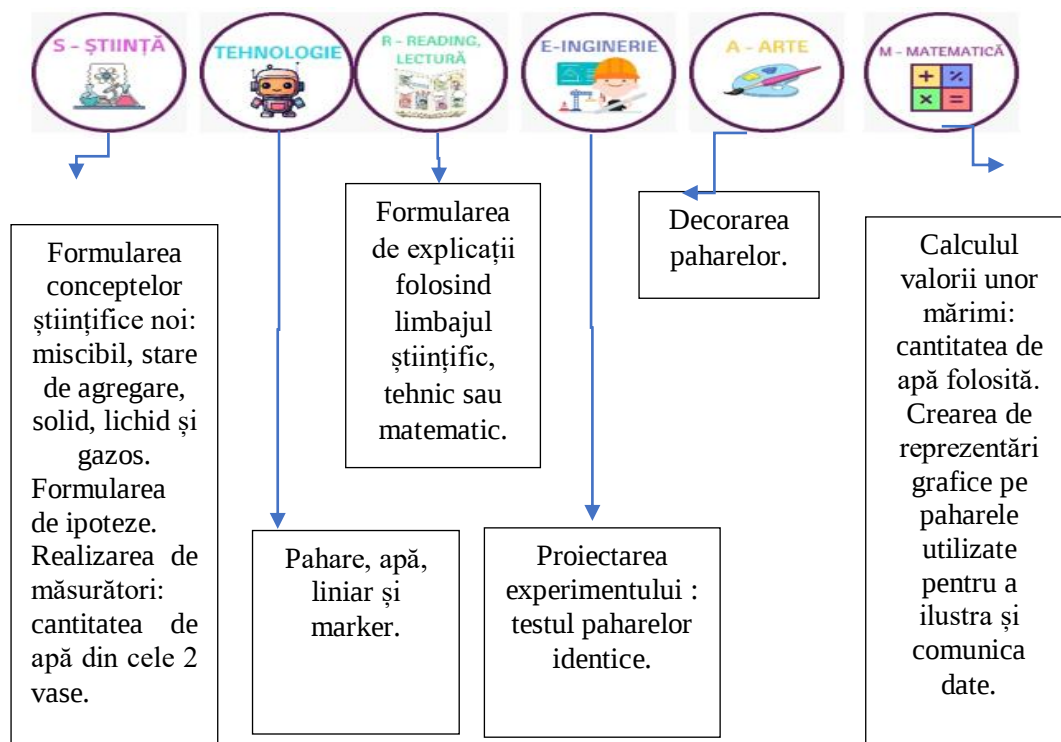
- Descrie dificultățile întâlnite și modul cum ai reușit să le depășești?
- Precizează două aspecte noi pe care le-ai învățat.
- Elaborează o întrebare legată de această activitate.

Aplică pe desenul tău stickerele care indică ce cunoștințe ai dobândit azi:

S-Științe, M- Matematică, T-Tehnologie, A-Arte, R-Limbajul științific, E- Inginerie

Termeni științifici noi: miscibil, stare de agregare, solid, lichid, gazos

Analiza STREAM a achizițiilor



Competențe interdisciplinare

Prezentarea demersului experimental (STEM)
 Analiza și prelucrarea datelor (STEM)
 Interpretarea rezultatelor obținute (STEM)

Competențe transdisciplinare

Comunicarea selectivă a informațiilor importante și valoroase
 Reflecția asupra propriului proces de învățare
 Explorarea și investigarea lumii reale
 Generare de soluții posibile și anticiparea consecințelor acestora

REFERINȚE

- Abell, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405–1416.
<https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- Abell, S. K., & Volkmann, M. J. (2006). *Seamless assessment in science: A guide for teachers*. Heinemann.
- Abraham, M. R. (1997). Inquiry and the learning cycle approach. *Chemists' guide to effective teaching*, 1, 41-52.
<https://genchem1.chem.okstate.edu/APCHEMSITE/Personal/How%20to%20write%20Inquiry%20activities.pdf>
- Akınoğlu, O., & Tandoğan, R. Ö. (2007). The effects of problem-based active learning in science education on students' academic achievement, attitude and concept learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(1), 71–81.
<https://doi.org/10.12973/ejmste/75375>
- Al-Ghadouni, A. B. M. (2021). Instructional approaches to critical thinking: An overview of reviews. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, 30(1), 240–246.
<https://revistaclinicapsicologica.com/data-cms/articles/20210531120120pmSSCI-479.pdf>
- Allina, B. (2018). The development of STEAM educational policy to promote student creativity and social empowerment. *Arts Education Policy Review*, 119(2), 77–87.
<https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1296392>
- Alsina, Á., & Salgado, M. (2018). *Land art math: Una actividad STEAM para fomentar la competencia matemática en educación infantil*. <https://doi.org/10.24197/edmain.1.2018.1-11>
- Anabousy, A., & Daher, W. (2022). Pre-service teachers' design of STEAM learning units: STEAM capabilities' analysis. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), 529–546. <https://doi.org/10.3926/jotse.1621>
- Anisimova, T. I., Sabirova, F. M., & Shatunova, O. V. (2020). Formation of design and research competencies in future teachers in the framework of STEAM education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(2), 204–217.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v15i02.11537>

- Anderson, J. (2020). The STEM education phenomenon and its impact on school curriculum. *Curriculum Perspectives*, 40, 217–223. <https://doi.org/10.1007/s41297-020-00107-3>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
https://www.researchgate.net/publication/235465787_A_Taxonomy_for_Learning_Teaching_and_Assessing_A_Revision_of_Bloom%27s_Taxonomy_of_Educational_Objectives
- Anderson, T. (2004). Toward a theory of online learning. In T. Anderson & F. Elloumi (Eds.), *Theory and practice of online learning* (pp. 33–60). Athabasca University.
<https://doi.org/10.15215/aupress/9781897425084.004>
- Astuti, S. A., Lako, A., & Utami, M. S. S. (2021). The effect of existential intelligence, personality, and self-determined motivation on pro-environmental behavior: A theory-of-planned-behavior-based examination. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 56(5).
<https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.56.5.18>
- Atkin, J., & Karplus, R. (1962). Discovery or invention? *Science Teacher*, 29, 45–51.
<https://www.jstor.org/stable/24146536>
- Atkins, S., & Murphy, K. (1994). Reflective practice. *Nursing Standard*, 8(39), 49–56.
<https://doi.org/10.7748/ns.8.39.48.s64>
- Atlas of Emerging Jobs. (n.d.). Retrieved from <http://atlas100.ru/en/>
- Badmus, O. T., & Omosewo, E. O. (2020). Evolution of STEM, STEAM and STREAM education in Africa: The implication of the knowledge gap. *International Journal of Research in STEM Education*, 2(2), 99–106. <http://journals.rsfpublish.com/index.php/ijrse>
- Balim, A. G. (2009). The effects of discovery learning on students' success and inquiry learning skills. *Eurasian Journal of Educational Research*, 35.
- Ballantyne, R. R., & Uzzell, D. L. (1994). A checklist for the critical evaluation of informal environmental learning experiences. *Environmental Education and Information*, 13(2), 111–124.
- Ballantyne, R., & Fien, J. (1998). Measuring students' environmental learning: The development of a questionnaire for primary students. *Environmental Education Research*, 4(3), 285–298. <https://doi.org/10.1080/1350462980040304>

- Ballantyne, R., Fien, J., & Packer, J. (2001). School environmental education programme impacts upon student and family learning: A case study analysis. *Environmental Education Research*, 7(1), 23–37. <https://doi.org/10.1080/13504620124123>
- Ballantyne, R., & Packer, J. (2002). Nature-based excursions: School students' perceptions of learning in natural environments. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 11(3), 218–236. <https://doi.org/10.1080/10382040208667488>
- Battersby, J. (1999). Environmental education: A model for sustainable development. *School Science Review*, 80(292), 21–25.
- Belbase, S. (2020). *Inter- and trans-disciplinary STREAM-h integrated curriculum, teaching-learning and assessment*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/342865339>
- Bender, W. N., & Waller, L. (2013). *Cool teaching tools for lower elementary teachers: 20 tactics for every classroom*. Corwin Press.
- Bender, W. N. (2017). *20 strategies for STEM instruction*. Learning Sciences International.
- Berry, A., Loughran, J., & van Driel, J. H. (2008). Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1271–1279. <https://doi.org/10.1080/09500690801998885>
- Bican, F. (2014). *Hai pe Lună împreună*. Arthur.
- Bloom, B. S., & Committee of College and University Examiners. (1964). *Taxonomy of educational objectives* (Vol. 2). Longmans, Green.
- Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental Education*, 29(4), 17–29. <https://doi.org/10.1080/00958969809599124>
- Bouzit, S., Alami, A., Selmaoui, S., Zaki, M., & Agorram, B. (2020). Didactic modes of scientific experiments in Moroccan high schools: Photosynthesis as an example. *European Journal of Educational Research*, 9(2), 775–785. <https://doi.org/10.12973/eu-er.9.2.775>
- Brown, P. L., & Abell, S. K. (2007). Perspectives: Examining the learning cycle. *Science and Children*, 44(5), 58–59. https://www.researchgate.net/publication/228671833_Examining_the_learning_cycle
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Harvard University Press.

- Budiarti, I., & Airlanda, G. S. (2019). Penerapan model problem-based learning berbasis kearifan lokal untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. *Jurnal Riset Teknologi dan Inovasi Pendidikan*, 2(1), 167–183.
<https://journal.rekarta.co.id/index.php/jartika/article/view/278/271>
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann.
<https://eric.ed.gov/?id=ED461491>
- Bybee, R. W. (2010). *The teaching of science: 21st century perspectives*. NSTA Press.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996.
<https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Cañal, P. (2007). La investigación escolar, hoy. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 52, 9–19. https://www.uhu.es/gaia-inm/invest_escolar/httpdocs/biblioteca_pdf/11_AL05201.pdf
- Caplan, M. (2017). *Scientists for tomorrow: A self-sustained initiative to promote STEM in out-of-school time frameworks in under-served community-based organizations: Evaluation and lessons learned*. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. Paper ID #17782.
- Carnevale, A. P., Smith, N., & Melton, M. (2011). *STEM: Science, technology, engineering, mathematics*. Georgetown University Center on Education and the Workforce.
<https://eric.ed.gov/?id=ED525297>
- Cerghit, I. (2006). *Metode de învățământ*. Polirom.
- Chanthala, C., Santiboon, T., & Ponkham, K. (2018, January). Instructional designing the STEM education model for fostering creative thinking abilities in physics laboratory environment classes. *AIP Conference Proceedings*, 1923(1), 030010.
<https://doi.org/10.1063/1.5019501>
- Chung, S. K., & Li, D. (2021). Issues-based STEAM education: A case study in a Hong Kong secondary school. *International Journal of Education & the Arts*, 22(3).
<https://doi.org/10.26209/ijea22n3>
- Ciascai, L. (2000). *Didactica științelor naturii în învățământul primar*. Presa Universitară Clujeană.
- Ciascai, L. (2010). *Învățare experimentală la științe și educație tehnologică*. Galaxia Gutenberg.

- Ciascai, L. (2016). Inquiry-based science education in primary school. *Acta Didactica Napocensia*, 9(1), 15–24.
- Ciascai, L. (2022). Dictionary of game pedagogy. *Educația* 21, 22, 111–112.
- Ciascai, L. (2023). *Educația STEM/STEAM/STREAM*. Suport de curs, Master Management curricular, Universitatea Babeș-Bolyai.
- Ciascai, L., & Zsoldos-Marchis, I. (2019). Students' opinion on the openness of the university towards STEM education. *ICERI2019 Proceedings*, pp. 8944-8948.
<https://doi.org/10.21125/iceri.2019.2142>
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2020). STEAM teaching professional development works: Effects on students' creativity and motivation. *Smart Learning Environments*, 7(1), 26.
<https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
- Cortázar, C., Nussbaum, M., Harcha, J., Alvares, D., López, F., Goñi, J., & Cabezas, V. (2021). Promoting critical thinking in an online, project-based course. *Computers in Human Behavior*, 119, 106705. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106705>
- Curtis, D. (2015). Does Facebook really have a place in the classroom? *The Telegraph*. Retrieved from <https://www.telegraph.co.uk/technology/facebook/10926105/Does-Facebook-really-have-a-place-in-the-classroom.html>
- Cucoș, C. (2014). *Pedagogie* (ed. a III-a). Polirom.
- Cuznețov, L. (2020). *Educația pentru dezvoltare personală: Teorie și practică*. CEP USM.
- Debroy, A. (2017, October 7). What is STREAM education & why is it gaining popularity? EdTechReview. <https://edtechreview.in/trends-insights/insights/2968-what-is-stream-education>
- De la Garza, A. (2019). Internationalizing the curriculum for STEAM (STEM + arts and humanities): From intercultural competence to cultural humility. *Journal of Studies in International Education*, 25, 123–135. <https://doi.org/10.1177/1028315319888468>
- Dettmann-Easler, D., & Pease, J. L. (1999). Evaluating the effectiveness of residential environmental education programs in fostering positive attitudes toward wildlife. *The Journal of Environmental Education*, 31(1), 33–39.
<https://doi.org/10.1080/00958969909598630>
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan.
- Dewey, J. (1977). *Experiență și educație*. Editura Didactică și Pedagogică.

- Doyle, T., & Zakrajsek, T. (2019). *The new science of learning: How to learn in harmony with your brain* (2nd ed.). Stylus Publishing. <https://doi.org/10.4324/9781003447986>
- Drake, S. M., & Burns, R. C. (2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. ASCD.
- Dúo-Terrón, P., Hinojo-Lucena, F. J., Moreno-Guerrero, A. J., & López-Núñez, J. A. (2022). STEAM in primary education: Impact on linguistic and mathematical competences in a disadvantaged context. *Frontiers in Education*, 7, 792656. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.792656>
- Duran, M. (2016). The FI3T project. In M. Duran, M. Höft, B. Medjahed, D. B. Lawson, & E. A. Orady (Eds.), *STEM learning: IT integration and collaborative strategies* (pp. 9–34). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26179-9>
- Eguchi, A. (2014). Educational robotics for promoting 21st century skills. *Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems*, 8(1), 5–11. https://doi.org/10.14313/JAMRIS_1-2014/1
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model: A proposed 7E model emphasizes transfer of learning and the importance of eliciting prior understanding. *The Science Teacher*, 70(6), 56–59. <https://aae.lewiscenter.org/documents/AAE/Science/NGSS/eisenkrafttst.pdf>
- Ennis, R. H. (2011). Critical thinking: Reflection and perspective, part II. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, 26(2), 5–19. <https://doi.org/10.5840/inquiryctnews201126215>
- European Commission. (2015). *Does the EU need more STEM graduates? Final report*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2766/000444>
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (The Delphi Report)*. American Philosophical Association.
- Facione, P. A. (2011). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Insight Assessment. <https://philarchive.org/archive/faccta>
- Falk, J. H., Dierking, L. D., Staus, N. L., Wyld, J., Bailey, D., & Penuel, W. R. (2016). The Synergies research–practice partnership project: A 2020 vision case study. *Cultural Studies of Science Education*, 11, 195–212. <https://doi.org/10.1007/s11422-015-9716-2>
- Felder, R. M., & Brent, R. (2005). Understanding student differences. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 57–72. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00829.x>

- Felder, R. M., & Brent, R. (2016). *Teaching and learning STEM: A practical guide*. Jossey-Bass.
- Fedorenko, E., & Varley, R. (2016). Language and thought are not the same thing: Evidence from neuroimaging and neurological patients. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1369(1), 132–153. <https://doi.org/10.1111/nyas.13046>
- Finger, M. (1994). From knowledge to action? Exploring the relationships between environmental experiences, learning, and behavior. *Journal of Social Issues*, 50(3), 141–160. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1994.tb02424.x>
- Flick, L. B. (2006). *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. Springer.
- Foundation for Young Australians. (2017). *The new work smarts: Thriving in the new work order*. <https://www.fya.org.au>
- Galindo, I. (2014). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. By Jonathan Bergmann and Aaron Sams. *Teaching Theology & Religion*, 17(1), 82–83. <https://doi.org/10.1111/teth.12165>
- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7, Article 24. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00225-4>
- Gardner, H. (2006). *Multiple intelligences: New horizons*. Basic Books.
- Goodwin, B., & Hein, H. (2014). Research says: STEM schools produce mixed results. *Educational Leadership*, 72(4), 84–85. <https://www.ascd.org/el/articles/stem-schools-produce-mixed-results>
- Gordon, H. R. D., & Schultz, D. (2020). *The history and growth of career and technical education in America*. Waveland Press.
- Geier, R., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., & Clay-Chambers, J. (2008). Standardized test outcomes for students engaged in inquiry-based science curricula in the context of urban reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 922–939. <https://doi.org/10.1002/tea.20248>
- Grisham, L. (2014). Teachers, students and social media: Where is the line? *USA Today*. <https://www.usatoday.com/story/news/nation-now/2014/04/09/facebook-teachers-twitter-students-schools/7472051/>
- Gulo, W. (2002). *Metodologi penelitian*. Grasindo.

- Guzey, S. S., Moore, T. J., Harwell, M., & Moreno, M. (2016). STEM integration in middle school life science: Student learning and attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 550–560. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9612-x>
- Halama, P., & Stríženec, M. (2004). Spiritual, existential or both? Theoretical considerations on the nature of “higher” intelligences (discussion). *Studia Psychologica*, 46(3), 239–253.
- Hallinen, J. (2002). STEM education. In *Encyclopaedia Britannica*.
<https://www.britannica.com/topic/STEM-education>
- Hansen, M. (2014). Characteristics of schools successful in STEM: Evidence from two states’ longitudinal data. *The Journal of Educational Research*, 107(5), 374–391.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2013.823364>
- Hanuscin, D. L., Lee, M. H., & Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, 95(1), 145–167.
<https://doi.org/10.1002/sce.20404>
- Harris, A., & de Bruin, L. R. (2018). Secondary school creativity, teacher practice and STEAM education: An international study. *Journal of Educational Change*, 19(2), 153–179.
<https://doi.org/10.1007/s10833-017-9311-2>
- Hasanah, H., & Malik, M. N. (2020). Blended learning in improving students’ critical thinking and communication skills at university. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 15(5), 1295–1306. <https://doi.org/10.18844/cjes.v15i5.5168>
- Heiss, E. D., Obourn, E. S., & Hoffman, C. W. (1975). Modern science teaching. *Journal of Chemical Education*, 27, 588. <https://doi.org/10.1021/ed027p588.2>
- Herbart, J. F. (1896). *The science of education: Its general principles deduced from its aim* (Vol. 19). D.C. Heath & Company.
- Hermawati, N. W. M. (2012). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terhadap penguasaan konsep biologi dan sikap ilmiah siswa SMA ditinjau dari minat belajar siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 2(2).
- Herschbach, D. R. (2011). The STEM initiative: Constraints and challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(1), 96–122.
- Hikmah, A. N., & Chudzaifah, I. (2020). *Blended learning: Solusi model pembelajaran pasca pandemi COVID-19*. *Al-Fikr: Jurnal Pendidikan Islam*, 6(2), 83–94.
- Iucu, R. B. (2019). *Managementul clasei de elevi*. Iași: Polirom

- Jarvis, P. (2006). *The lifelong learning and the learning society trilogy: Vol. 1. Towards a comprehensive theory of human learning*. Routledge.
- Joița, E. (2002). *Educația cognitivă: fundamente, metodologie*. Polirom.
- Jolly, A. (2014, November 18). STEM vs. STEAM: Do the arts belong? *Education Week*.
<https://www.edweek.org/teaching-learning/opinion-stem-vs-steam-do-the-arts-belong/2014/11>
- Justice, C., Rice, J., Roy, D., Hudspeth, B., & Jenkins, H. (2009). Inquiry-based learning in higher education: Administrators' perspectives on integrating inquiry pedagogy into the curriculum. *Higher Education*, 58(6), 841–855. <https://doi.org/10.1007/s10734-009-9228-7>
- Kaderavek, J. N., Justice, L. M., Cabell, S. Q., & Breit-Smith, A. (2020). *Guided play: Principles and practices*. In R. E. Tremblay, M. Boivin, & R. D. V. Peters (Eds.), *Encyclopedia on early childhood development*. Centre of Excellence for Early Childhood Development.
- Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 1–22. https://brill.com/view/journals/apse/5/1/article-p1_6.xml?ebody=pdf-130820
- Karplus, R., & Thier, H. D. (1967). *A new look at elementary school science: New trends in curriculum and instruction series*. ERIC. <https://eric.ed.gov/?id=ED017447>
- Kazakoff, E. R., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245–255. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Klein, J. T. (2004). Interdisciplinarity and complexity: An evolving relationship. *Structure*, 6(1–2), 2–10. https://www.academia.edu/download/30908722/Issue_6_1-2_4_AC.pdf
- Kitchen, J. A., Sonnert, G., & Sadler, P. M. (2018). The impact of college- and university-run high school summer programs on students' end of high school STEM career aspirations. *Science Education*, 102(3), 529–547. <https://doi.org/10.1002/sce.21332>

- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Kotsis, K. T. (2024). The significance of experiments in inquiry-based science education. *E-Journal of Education*, 9(1), 56–67. <https://mail.ej-edu.org/index.php/ejedu/article/view/815>
- Kurup, P. M., Li, X., Powell, G., & Brown, M. (2019). Building the capacity of pre-service primary teachers in STEM: Based on a platform of beliefs, understandings, and intentions. *International Journal of STEM Education*, 6, 10. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0164-5>
- Lai, K. C. (1999). Freedom to learn: A study of the experiences of secondary school teachers and students in a geography field trip. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 8(3), 239–255. <https://doi.org/10.1080/10382049908667614>
- Lansiquot, R. D. (2016). Introduction: An interdisciplinary approach to problem solving. In R. D. Lansiquot (Ed.), *Interdisciplinary pedagogy for STEM* (pp. 1–18). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/978-1-137-56745-1_1
- Lazem, S. (2019). On designing blended learning environments for resource-challenged communities. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(12), 182–195. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i12.10320>
- Learning and Teaching Resources Branch. (2004). *Focus on inquiry: A teacher's guide to implementing inquiry-based learning*. Alberta Learning. <https://open.alberta.ca/publications/0778526666>
- Lim, M. (2019, March 27). *The move from STEM to STREAM will boost employment*. Free Malaysia Today. <https://www.freemalaysiatoday.com/category/opinion/2019/03/27/the-move-from-stem-to-stream-will-boost-employment>
- Luxton, K., Pritchard, B., & Turner, J. (2023). *Improving primary science: Guidance report*. Education Endowment Foundation. <https://eric.ed.gov/?id=ED652247>
- Maeda, J. (2012). STEM to STEAM: Art in K–12 is key to building a strong economy. *Edutopia*. <https://www.edutopia.org/blog/stem-to-steam-strengthens-economy-john-maeda>
- Maier, S. J., & Marek, E. A. (2006). The learning cycle: A reintroduction. *The Physics Teacher*, 44(2). <https://doi.org/10.1119/1.2165443>

- Maani, K. E., & Cavana, R. Y. (2007). *Systems thinking, system dynamics: Managing change and complexity* (2nd ed.). Pearson Education.
<https://books.google.com/books?id=yn0pNAAACAAJ>
- Makrakis, V. (2018). From STEM to STEAM and to STREAM enabled through meaningful critical reflective learning. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Innovating STEM Education* (pp. 24–28).
<https://www.researchgate.net/publication/346965218>
- Makrakis, V., & Kostoulas-Makrakis, N. (2015). A strategic framework for developing interdisciplinary minors on climate change and sustainability policy: The CLIMASP-Tempus example. In W. Leal Filho, U. M. Azeiteiro, S. Caeiro, & F. Alves (Eds.), *Integrating sustainability thinking in science and engineering curricula* (pp. 103–115). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09474-8_8
- Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2010). Eyeballs in the fridge: Sources of early interest in science. *International Journal of Science Education*, 32(5), 669–685.
<https://doi.org/10.1080/09500690902792385>
- Mallow, J. V. (1991). Reading science. *Journal of Reading*, 34(5), 324–338.
<https://www.jstor.org/stable/40032071>
- Mandler, J. M. (2004). *The foundations of mind: Origins of conceptual thought*. Oxford University Press.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers’ perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6, 2.
<https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Marquet, J., Van Campenhoudt, L., & Quivy, R. (2022). L’observation. In J. Marquet, L. Van Campenhoudt, & R. Quivy, *Manuel de recherche en sciences sociales* (6th ed., pp. 167–228). Armand Colin. <https://shs.cairn.info/manuel-de-recherche-en-sciences-sociales--9782200633950?lang=fr>
- Martinez, J. E. (2017). *The search for method in STEAM education*. Palgrave Macmillan.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-55822-6>
- May, D., Terkowsky, C., Varney, V., & Boehringer, D. (2023). Between hands-on experiments and cross reality learning environments: Contemporary educational approaches in

- instructional laboratories. *European Journal of Engineering Education*, 48(5), 783–801.
<https://doi.org/10.1080/03043797.2023.2248819>
- McClamrock, R. (1995). *Existential cognition: Computational minds in the world*. University of Chicago Press.
- McMullin, K., & Reeve, E. (2014). Identifying perceptions that contribute to the development of successful Project Lead the Way pre-engineering programs in Utah. *Journal of Technology Education*, 26(1), 22–46. <https://doi.org/10.21061/jte.v26i1.a.2>
- Miclea, M. (1999). *Psihologie cognitivă. Modele tehnico-experimentale*. Polirom.
- Mihăescu, M., et al. (2021). *Manual științe ale naturii*. Intuitext.
- Miller, R., Toumi, I., & Bergheim, S. (2011). *Learning productivity: It is time for a breakthrough*. Promethean. <https://doi.org/10.13140/2.1.3408.2884>
- Ministerul Educației Naționale. (2013). *Programa școlară pentru disciplina matematică și explorarea mediului: Clasa pregătitoare, clasa I și clasa a II-a*.
- Ministerul Educației Naționale. (2014). *Programa școlară pentru disciplina științe ale naturii: Clasele a III-a – a IV-a*.
- Moeed, A. (2013). Science investigation that best supports student learning: Teachers' understanding of science investigation. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8(4), 537–559. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1016895>
- Mohr-Schroeder, M. J., Cavalcanti, M., & Blyman, K. (2015). STEM education: Understanding the changing landscape. In A. Sahin (Ed.), *A practice-based model of STEM teaching: STEM students on the stage (SOS)* (pp. 3–14). SensePublishers.
https://doi.org/10.1007/978-94-6300-019-2_1
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K–12 STEM education. In Ș. Purzer, J. Strobel, & M. E. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35–60). Purdue University Press.
- Möhring, W., Ribner, A. D., Segerer, R., Libertus, M. E., Kahl, T., Troesch, L. M., & Grob, A. (2021). Developmental trajectories of children's spatial skills: Influencing variables and associations with later mathematical thinking. *Learning and Instruction*, 75, 101515.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101515>

- Moon, S., & Kang, K. (2015). Trend of STEAM education-related domestic studies focusing on physics-related studies. *New Physics: Sae Mulli*, 65(12), 1199–1208.
- Munawar, M., Roshayanti, F., & Sugiyanti, S. (2019). Implementation of STEAM-based early childhood education learning in Semarang City. *CERIA*, 2(5), 276–285.
<https://doi.org/10.22460/ceria.v2i5.p276-285>
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221–223.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). *Barriers and opportunities for 2-year and 4-year STEM degrees: Systemic change to support diverse student pathways*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/21739>
- National Council for Curriculum and Assessment. (2023). *STEM education: Curriculum and literature review*. https://ncca.ie/media/6276/stem-education_curriculum-literature-overview-and-primary-science-education_systematic-literature-review.pdf
- National Educational Assessment Team. (2008). *Analysis of student performance in science and critical thinking skills*. Department of Education.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. National Academies Press.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. National Academies Press.
- National Research Council. (2014a). *Developing assessments for the next generation science standards*. National Academies Press.
- National Research Council. (2014b). *STEM learning is everywhere: Summary of a convocation on building learning systems*. National Academies Press.
- National Research Council. (2015). *Identifying and supporting productive STEM programs in out-of-school settings*. National Academies Press.
- Newmann, F. M., King, M. B., & Carmichael, D. L. (2007). *Authentic instruction and assessment: Common standards for rigor and relevance in teaching academic subjects*. Iowa Department of Education.

- Nicol, C., Gakuba, E., & Habinshuti, G. (2020). An overview of learning cycles in science inquiry-based instruction. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, 16(2), 76–81. <https://doi.org/10.4314/ajesms.v16i.2.5>
- Nuangchalerm, P. (2018). Investigating views of STEM primary teachers on STEM education. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*, 27(2), 208–215.
- Nuangchalerm, P., Prachagool, V., Prommaboon, T., Juhji, J., Imroatun, I., & Khaeroni, K. (2020). Views of primary Thai teachers toward STREAM education. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 9(4), 987–992. <https://doi.org/10.11591/ijere.v9i4.20595>
- Oliveira, H., & Bonito, J. (2023). Practical work in science education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, 1151641. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641>
- Oprescu, N. (1996). *Didactica modernă*. Editura Didactică și Pedagogică.
- Ostler, E. (2012). 21st century STEM education: A tactical model for long-range success. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(1), 28–33. https://ijast.thebrpi.org/journals/Vol_2_No_1_January_2012/3.pd
- Ostler, E. (2015). *STEM education: An overview of contemporary research, trends, and perspectives*. Cycloid Publications.
- Park, H., Byun, S., Sim, J., Han, H., & Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1739–1753. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a>
- Patrick, H., Mantzicopoulos, P., & Samarapungavan, A. (2009). Motivation for learning science in kindergarten: Is there a gender gap and does integrated inquiry and literacy instruction make a difference? *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 166–191. <https://doi.org/10.1002/tea.20276>
- Paul, R., & Elder, L. (2001). *Critical thinking: Tools for taking charge of your professional and personal life* (2nd ed.). Pearson Education.
- Paul, R., & Elder, L. (2006). *Scientific thinking* (3rd ed.). Thinker's Guide Library.
- Paul, R., & Elder, L. (2014). *The miniature guide to critical thinking: Concepts and tools* (4th ed.). Foundation for Critical Thinking.

- Perignat, Y., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Piaget, J. (1948). *La représentation du monde chez l'enfant*. Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1972). *The psychology of the child*. Basic Books.
- Priest, S. (1986). Redefining outdoor education: A matter of many relationships. *The Journal of Environmental Education*, 17(3), 13–15. <https://doi.org/10.1080/00958964.1986.9941413>
- Prinsley, R., & Johnston, E. (2015). *Transforming STEM teaching in Australian primary schools: Everybody's business* (Position paper No. 10). Office of the Chief Scientist.
- Rahm, J. (2016). Stories of learning, identity, navigations and boundary crossings in STEM in non-dominant communities: New imaginaries for research and action. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 61–75. <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9627-7>
- Rennie, L., Venville, G., & Wallace, J. (2018). Making STEM curriculum useful, relevant, and motivating for students. In R. Jorgensen & K. Larkin (Eds.), *STEM education in the junior secondary* (pp. 91–109). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5448-8_6
- Rickinson, M., & Tanner, J. (2001). Young people's relationship with nature: Exploring the impact of environmental education. *School Science Review*, 82(300), 55–61.
- Ripoll, J. C., Ávila Clemente, V., & Gómez Merino, N. (2024). *Aprender a enseñar a leer y a escribir: Cómo aplicar evidencias científicas sobre el aprendizaje de la lectura y la escritura*. Ediciones SM.
- Rogers, R. R., Winship, J., & Sun, Y. (2016). Systematic support for STEM pre-service teachers: An authentic and sustainable four-pillar professional development model. In M. J. Marquardt, S. G. Eom, & N. S. Im (Eds.), *Leadership and personnel management: Concepts, methodologies, tools, and applications* (pp. 1317–1333). IGI Global.
<https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9624-2.ch058>
- Root-Bernstein, R., & Root-Bernstein, M. (2011, March 16). From STEM to STEAM to STREAM: Writing as an essential component of science education. *Psychology Today*.
<http://www.psychologytoday.com/blog/imagine/201103/stem-steam-stream-writing-essential-component-science-education>
- Root-Bernstein, R., & Root-Bernstein, M. (2011). *Turning STEM into STREAM: Writing as an essential component of science education*. National Writing Project.

<https://informalscience.org/research/turning-stem-stream-writing-essential-component-science-education>

- Sağkes, M., Trundle, K. C., Bell, R. L., & O'Connell, A. A. (2011). The influence of early science experience in kindergarten on children's immediate and later science achievement: Evidence from the Early Childhood Longitudinal Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(2), 217–235. <https://doi.org/10.1002/tea.20395>
- Sadia, N. (2019). *Teachers' classroom practices and their impact on students' English writing skills: A qualitative study of three schools in a small town in Bangladesh* (Doctoral dissertation, Brac University). <http://hdl.handle.net/10361/12310>
- Sadler, T. D. (Ed.). (2011). *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research*. Springer.
- Sârca, M. L. (2025). *Abordarea integrată bazată pe STEM prin proiecte service learning în ciclul primar* (L. Ciascai, coord.). Caiete Silvane.
- Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. *Journal of Education*, 196(2), 1–38. <https://doi.org/10.1177/002205741619600202>
- Scriven, M., & Paul, R. (2008). Defining critical thinking. In *8th Annual International Conference on Critical Thinking and Education Reform*. <https://www.criticalthinking.org/pages/defining-critical-thinking/766>
- Segura, W. A. (2017). The use of STEAM in higher education for high school teachers. In *Proceedings of the 21st World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2017)* (Vol. 1, pp. 308–312).
- Shah, A. M., Wylie, C., Gitomer, D., & Noam, G. (2018). Improving STEM program quality in out-of-school time: Tool development and validation. *Science Education*, 102(2), 238–259. <https://doi.org/10.1002/sce.21327>
- Shahali, E. H. M., Ismail, I., & Halim, L. (2017). STEM education in Malaysia: Policy, trajectories and initiatives. *Asian Research Policy*, 8(2), 122–133.
- Shatunova, O., Anisimova, T., Sabirova, F., & Kalimullina, O. (2019). STEAM as an innovative educational technology. *Journal of Social Studies Education Research*, 10(2), 131–144.
- Siekman, G., & Korbel, P. (2016). *Defining "STEM" skills: Review and synthesis of the literature* (Support document 1). NCVER.

- https://ncver.edu.au/_data/assets/pdf_file/0022/61339/Support-doc-1-Defining-STEM-skills-review-and-synthesis-of-the-literature.pdf
- Sousa, D. A., & Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts*. Corwin Press.
- Stoelinga, S. R., Silk, Y., Reddy, P., & Rahman, N. (2015). *Turnaround arts initiative: Final evaluation report*. President's Committee on the Arts and the Humanities.
<https://eric.ed.gov/?id=ED572046>
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), Article 4. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Storksdieck, M. (2016). Critical information literacy as core skill for lifelong STEM learning in the 21st century: Reflections on the desirability and feasibility for widespread science media education. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 167–182.
<https://doi.org/10.1007/s11422-015-9714-4>
- Subramaniam, T., Majid, M., & Rashad, A. (2020). Capitalising on the strengths of international branch campuses in Malaysian transnational higher education landscape. *JATI–Journal of Southeast Asian Studies*, 25(2), 201–221. <https://doi.org/10.22452/jati.vol25no2.10>
- Sucheta, K. (2022). Effectiveness of ‘STREAM-based learning approach’ on achievement in science of elementary school students. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 7, 16–20.
- Șuteu, L. D., & Ciascai, L. (2024). Alfabetizarea științifică. In L. D. Șuteu (Coord.), L. D. Șuteu, R.-M. Cristea, & L. Ciascai (Eds.), *Dezvoltări în educația STEM: STEAM, STREAM și învățarea bazată pe investigație* (Capitolul 1). Presa Universitară Clujeană.
- Șuteu, L. D. (2024). Abordarea integrată STEM și extensiile STEAM și STREAM. In L. D. Șuteu (Coord.), L. D. Șuteu, R.-M. Cristea, & L. Ciascai (Eds.), *Dezvoltări în educația STEM: STEAM, STREAM și învățarea bazată pe investigație* (Capitolul 2). Presa Universitară Clujeană.
- Tang, X., Coffey, J. E., Elby, A., & Levin, D. M. (2010). The scientific method and scientific inquiry: Tensions in teaching and learning. *Science Education*, 94(1), 29–47.
<https://doi.org/10.1002/sce.20366>

- Tarnoff, J. (2011, May 25). STEM to STEAM: Recognizing the value of creative skills in the competitive economy. *HuffPost*. http://www.huffingtonpost.com/john-tarnoff/stem-to-steam-recognizing_b_756519.htm
- Taylor, P. C. (2016). Transformative science education. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 1079–1082). Springer.
- Thomas, K., & Huffman, D. (2020). *Challenges and opportunities for transforming from STEM to STEAM education*. IGI Global.
- Thomm, E., & Bromme, R. (2012). “It should at least seem scientific!” Textual features of “scientificness” and their impact on lay assessments of online information. *Science Education*, 96(1), 187–211. <https://doi.org/10.1002/sce.20480>
- Thorndike, E. L. (1926). *The psychology of learning*. Teachers College, Columbia University.
- Thuneberg, H., Salmi, H., & Fenyvesi, K. (2017). Hands-on math and art exhibition promoting science attitudes and educational plans. *Education Research International*, 2017, Article 9132791, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2017/9132791>
- Tomkova, V. (2024). The role of STEM education in developing knowledge and skills of primary school students. <https://doi.org/10.53349/resource.2024.is1.a1263>
- Tytler, R. (2020). STEM education for the twenty-first century. In J. Anderson & Y. Li (Eds.), *Integrated approaches to STEM education* (pp. 1–14). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2_3
- Ültay, N., & Çalık, M. (2012). A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 686–701. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9357-5>
- Veenman, M. V., & Spaans, M. A. (2005). Relation between intellectual and metacognitive skills: Age and task differences. *Learning and Individual Differences*, 15(2), 159–176. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2004.12.001>
- Wahyuni, S., Sanjaya, I. G. M., Erman, E., & Jatmiko, B. (2019). Edmodo-based blended learning model as an alternative of science learning to motivate and improve junior high school students’ scientific critical thinking skills. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(7), 98–110. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i07.9980>
- Walsh, K. (2011). Facebook in the classroom. Seriously. *Emerging EdTech*.
- Wallon, H. (1945). *Les origines de la pensée chez l’enfant*. Presses Universitaires de France.

- Watters, A. (2011). Distractions begone! Facebook as a study tool. *ReadWriteWeb*.
- Witherington, D. C., Lickliter, R., & Benson, J. B. (2018). The role of emotion in early cognitive development. In J. B. Benson (Ed.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 54, pp. 1–30). Elsevier.
- World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*.
<https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2020/>
- Yakman, G. (2008). *STEAM education: An overview of creating a model of integrative education*. In *Proceedings of the Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design and Engineering Teaching*, Salt Lake City, UT, United States.
https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education
- Yamada, R. (2018). Educational policy across the world: How STEM disciplines deal with twenty-first century learning outcomes and challenges. In J. Hawkins, A. Yamada, R. Yamada, & W. Jacob (Eds.), *New directions of STEM research and learning in the world ranking movement* (pp. 1–18). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98666-1_1
- Yoh, T., Kim, J., Chung, S., & Chung, W. (2021). STREAM: A new paradigm for STEM education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 22(1).
<https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/2438>
- Yore, L. D., & Treagust, D. F. (2006). Current realities and future possibilities: Language and science literacy—empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 291–314. <https://doi.org/10.1080/09500690500336973>
- Yu, Z., Hu, R., Ling, S., Zhuang, J., Chen, Y., Chen, M., & Lin, Y. (2021). Effects of blended versus offline case-centred learning on the academic performance and critical thinking ability of undergraduate nursing students: A cluster randomised controlled trial. *Nurse Education in Practice*, 53, Article 103080. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103080>
- Zaher, A. A., & Damaj, I. W. (2018). Extending STEM education to engineering programs at the undergraduate college level. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 8(3), 4–16. <https://doi.org/10.3991/ijep.v8i3.8402>

- Zeidler, D. L. (2016). STEM education: A deficit framework for the twenty-first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 11–26. <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9578-z>
- Zimmerman, B. J. (2006). Development and adaptation of expertise: The role of self-regulatory processes and beliefs. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 705–722). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816796.039>
- Zimmerman, C., & Klahr, D. (2018). Development of scientific thinking. In J. T. Wixted (Ed.), *Stevens' handbook of experimental psychology and cognitive neuroscience*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119170174.epcn407>
- Zsoldos-Marchis, I., & Ciascai, L. (2019). The opinion of primary and preschool pedagogy specialization students about the teaching approaches related with STEM/STEAM/STREAM education. In *ICERI2019 Proceedings* (pp. 7269–7275). <https://doi.org/10.21125/iceri.2019.1728>